Agencia Nacional del Espectro

PLAN MAESTRO DE GESTIÓN DE ESPECTRO

WWW.ANE.GOV.CO

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido 2

Índice de Tablas 4

Índice de Ilustraciones 4

Listado de Siglas y Acrónimos 5

INTRODUCCIÓN 7

1. MARCO LEGAL Y POLÍTICA PÚBLICA VIGENTE 14

2. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 20

2.1. PANORAMA DE FUTUROS SERVICIOS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA 20

2.1.1. Bandas de frecuencias identificadas en Colombia para el futuro desarrollo y despliegue de las tecnologías móviles de banda ancha IMT 25

2.1.2. Planes de reorganización de espectro en la banda C (3,7 a 4,2 GHz) para servicios de banda ancha IMT 31

2.1.3. Redes de Transporte de Banda Ancha 33

2.1.4. Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) en bandas IMT 35

2.1.5. Redes Locales en bandas IMT 42

2.1.6. 5G Broadcast 50

2.1.7. Estaciones en Plataformas a Gran Altitud como Estaciones Base de las IMT (HIBS) 52

2.2. PANORAMA DE CONEXIONES IoT 54

2.3. MECANISMOS DE GESTIÓN Y USO FLEXIBLE DEL ESPECTRO 59

2.3.1. Uso compartido del espectro 61

2.3.2. Asignación ágil 67

2.3.3. Mercado Secundario de Uso del Espectro 68

2.3.4. Uso libre del espectro 71

2.3.4.1. Transmisión Inalámbrica de Potencia (TIP) 74

2.3.4.2. Vehículo a Todo (V2X) 75

2.3.4.3. Sistema Móvil de Proximidad Cercana (SMPC) 77

2.3.4.4. PLC (Power Line Communications) 78

2.3.4.5. Cables radiantes 81

2.4. INICIATIVAS DE COMUNICACIONES PARA ZONAS RURALES 82

2.5. COMUNICACIONES SATELITALES DE BANDA ANCHA 89

2.5.1. ESIM a Futuro-Nueva Generación de Satélites 92

2.5.2. Sistemas NGSO 93

2.5.3. Reglamentación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión 96

2.6. PLANES FUTUROS PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA 97

2.6.1. Extensión de la banda de Frecuencia Modulada (FM) 97

2.6.2. Radiodifusión Digital 99
2.6.3. Migración de Emisoras AM a la banda de FM 102

2.7. ESTUDIO DE USO FUTURO DE BANDAS DE FRECUENCIAS 103
2.7.1. Banda de 250 MHz 104
2.7.2. Banda de 800 MHz 105
2.7.3. Banda de 1910-1930 MHz 107
2.7.4. Banda de 3,7-3,8 GHz 108
2.7.5. Banda de 4,8 GHz (4800-4990 MHz) 109
2.7.6. Banda de 10-10,5 GHz 110

3. NECESIDADES EN MATERIA DE ESPECTRO DE LOS SECTORES ECONÓMICOS EN COLOMBIA 111

3.1. PORTAFOLIO DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES EN EL MUNDO Y OFERTA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA PARA ATENDER CASOS DE USO 114

3.2. NECESIDADES GENERALES EN MATERIA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 116

4. ANÁLISIS DE OCUPACIÓN DE BANDAS (VHF, UHF y SHF) QUE HACEN PARTE DE LOS PROCESOS DE SELECCIÓN OBJETIVA DEL SERVICIO FIJO Y MÓVIL 122

4.1. BANDAS DE COBERTURA (VHF y UHF) 123

4.2. ENLACES FIJOS PUNTO A PUNTO 128

5. VISIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN EN LA PLANEACIÓN FUTURA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 132

6. PLAN DE TRABAJO PREVISTO PARA EL PERIODO 2022-2026 134

Referencias 153

Índice de Tablas

Tabla 1. Compromisos adquiridos en los diferentes documentos de Política Pública 15
Tabla 2. Bandas de frecuencias IMT sin asignar en Colombia. 26
Tabla 3. Rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-19. 27
Tabla 4. Análisis Integral de Oferta Vs Demanda de espectro para identificación de necesidades de los Sectores Económicos en Colombia 117
Tabla 5. Visión de la administración en la Planeación futura del Espectro en Colombia 132
Tabla 6. Matriz de Necesidades recopiladas de las secciones 2 a 5 136
Tabla 7. Matriz de necesidades priorizadas y actividades pendientes de los documentos de Política Pública para la definición del plan de Trabajo del año 2022 147

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Planeación Estratégica de Espectro 10
Ilustración 2. Ejecución del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años 11
Ilustración 3. a) Panorama de conexiones por tecnología en América Latina (sin incluir conexiones IoT celular con licencia), b) Panorama de conexiones por tecnología en Colombia 21
Ilustración 4. a) Pronóstico de conexiones FWA segregado por tecnología, b) Pronóstico de tráfico de datos segregado por usuarios móviles y FWA 36
Ilustración 5. Porcentaje de crecimiento de proveedores de servicios FWA por región. 36
Ilustración 6. Países identificados con proveedores de servicios FWA mediante tecnologías LTE o 5G 38
Ilustración 7. Países con despliegues de redes móviles privadas a enero de 2021. 43
Ilustración 8. Cantidad de redes privadas móviles identificadas, clasificadas por sector económico. 46
Ilustración 9. Configuración actual de la banda de 900 MHz en Colombia. 58
Ilustración 10. Bandas de frecuencias para señales AMI-PLC en China, Japón, Europa y USA. 80
Ilustración 11. Distribución de número de canales disponibles TVWS sobre el territorio colombiano 87
Ilustración 12. Sectores económicos considerados como potenciales usuarios del espectro radioeléctrico. 112
Ilustración 13. Proceso de identificación de necesidades de los sectores económicos. 113
Ilustración 14. Ocupación de la banda de frecuencias de 138 – 174 MHz. 124
Ilustración 15. Ocupación de la banda de frecuencias de 412 – 430 MHz. 125
Ilustración 16. Ocupación de la banda de frecuencias de 450 MHz. 126
Ilustración 17. Ocupación de la banda de frecuencias de 800 MHz. 127
Ilustración 18. Cantidad de PRST por banda de frecuencias de sistemas convencionales de radio móvil terrestre. 128
Ilustración 19. Asignaciones por MHz de espectro para sistemas convencionales de radio móvil terrestre. 128
Ilustración 20. Panorama de enlaces microondas asignados en Colombia 130
Ilustración 21. Reportes de viabilidad en bandas microondas 131

Listado de Siglas y Acrónimos

3GPP	Third Generation Partnersip Project
ACMA	Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios
AIN	Análisis de Impacto Normativo
AM	Amplitud Modulada
ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil
ANE	Agencia Nacional del Espectro
ANFR	Agencia Nacional de Frecuencias de Francia
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones de Ecuador
BDEB	Base de Datos de Espacios en Blanco
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CINTEL	Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CPE	Customer Premises Equipment
DAB	Digital Audio Broadcasting
DNP	Dirección Nacional de Planeación
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DRM	Digital Radio Mondiale
DSA	Dynamic Spectrum Access
ESIM	Earth Stations in Motion
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Multiplexación por División de Frecuencia
FM	Frecuencia Modulada
FWA	Fixed Wireless Access
HTS	High Throughput Satellite
IBOC	In-band On-channel
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
IoT	Internet de las Cosas
ISDB-TSB	Terrestrial Sound Broadcasting
ISED	Departamento del Gobierno de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico de Canadá
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LSA	Licenced Shared Access
LTE	Long Term Evolution
Mintic	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
M2M	Machine to Machine
NGSO	Non-geostationary Satellite Systems

GSA	Asociación mundial de proveedores del sector móvil.
GSMA	Asociación de Operadores Móviles
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OFCOM	Office of Communications
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PSO	Procesos de Selección Objetiva
RDT	Radio Digital Terrestre
RSPG	Radio Spectrum Policy Group
SFS	Servicio Fijo por Satélite
SGE	Sistema de Gestión de Espectro
TDD	Time Division Duplex
TVWS	TV White Spaces
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
VAC	Valor Anual de la Contraprestación económica
VHTS	Very High Throughput Satellite

INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic), desde el segundo semestre de 2019, han dedicado esfuerzos a la formulación y adopción de planes y políticas encaminadas a hacer más eficiente el proceso de gestión de espectro, todos estos alineados con el marco legal adoptado a través de la Ley 1978 de 2019[1]. Con base en esto, por ejemplo, se adoptó el Plan 5G[2], se elaboró y aprobó la Política de Espectro para el período 2020-2024[3], se publicó el Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso de Espectro[4] y se realizó el estudio del Nuevo Modelo de Gestión de Espectro[5], entre otras actividades.

En particular, se conoce que una de las actividades más representativas del proceso de gestión de espectro tiene que ver con la planeación que se hace del recurso. En este sentido, la Política de Espectro 2020-2024 plantea como una de las estrategias dentro de su plan de acción, reformular el proceso de planeación de espectro para que esté enfocado en mercados, usos y aplicaciones, y para el largo plazo, en períodos de 5 años.

En efecto, de acuerdo con el numeral 3.3 de la Política de Espectro 2020-2024 se identificó que la planeación del espectro que ha venido realizando la ANE tiende a responder a las necesidades urgentes que manifiestan los posibles interesados y se realiza para períodos cortos. Así mismo, como parte de este diagnóstico, se evidenció que la planeación del espectro para los demás servicios de radiocomunicaciones depende de un ejercicio que se realiza anualmente con base en el cual se definen las actividades a ejecutar en los siguientes meses, a partir de las solicitudes que surgen de distintos usuarios del espectro. Con base en lo anterior, se concluyó que la realización del ejercicio de planeación termina siendo reactivo, y no tiene en cuenta buenas prácticas internacionales como la de identificar con

1 "Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías De La Información y Las Comunicaciones (TIC), se distribuyen competencias, se crea un regulador único y se dictan otras disposiciones"
2 Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan 5G Colombia. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/micrositios/plan_5g//764/w3-channel.html
3 Política Pública de Espectro 2020-2024 "Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía". Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/161217:MINTIC-y-la-Ane-publican-la-Politica-Publica-de-Espectro-2020-2024
4 Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan Marco de Asignación de Espectro. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/161074:MINTIC-publica-el-Plan-Marco-de-Asignacion-de-Permisos-de-uso-del-Espectro
5 Estudio realizado para la ANE en 2020, denominado "Consultoría para diagnosticar, documentar y analizar el modelo de gestión del espectro que tienen implementado la ANE y el MINTIC en la actualidad, y proponer un nuevo modelo de gestión nacional del espectro, apropiando las mejores prácticas internacionales. Formulación de un nuevo modelo de gestión de espectro". UT-ANE. 2020.

mayor tiempo las temáticas que será necesario estudiar y decidir, por ejemplo, a través de la revisión y seguimiento periódico de los desarrollos tecnológicos a nivel mundial, o las decisiones adoptadas por otros reguladores sobre temas específicos. Adicionalmente, con base en la revisión de la Política de Espectro para el período 2015-2018, se encontró que la planeación de espectro en ese momento se definió como un proceso continuo, dividido en tres partes según el uso del espectro: planeación para IMT, planeación para usos públicos y planeación para otros tipos de uso, lo cual permitió concluir que la división en tres temáticas distintas reducía la visibilidad que se podía tener sobre los intereses o necesidades de distintos agentes o sobre las diferentes posibilidades de uso de una misma banda de frecuencias para diversas aplicaciones, así como sobre el impacto en el bienestar que podría tener la modificación de la atribución de una banda de frecuencias que se adoptara con base en esta visión de tres temáticas.

De la misma forma, se afirma en dicha política que la gestión del espectro, de manera general, no está teniendo en consideración posibles nuevos usos y aplicaciones de las comunicaciones inalámbricas asociados con la transformación digital en los distintos sectores de la economía, razón por la que se planteó, por ejemplo, la necesidad de realizar una nueva caracterización de grupos de interés, de tal manera que se incluya como agentes interesados a todos los posibles usuarios del espectro que en la actualidad no hacen parte de los grupos que se están considerando para tareas como la de planeación del espectro.

Es así como, de manera anticipada se podrá identificar, entre otros, si se requiere espectro adicional para respaldar el crecimiento de las aplicaciones de banda ancha y de datos móviles, para que así los operadores puedan prever las inversiones que deben realizar, e identificar la demanda requerida por los diferentes grupos de interés.

Así las cosas, en la Política de Espectro 2020-2024, el plan de acción de la misma fijó como una estrategia en el numeral 5.3.3.1. el rediseño del proceso de planeación de espectro con el fin de integrar los objetivos de maximización del bienestar social y apoyar la transformación digital de la economía. Así mismo, se define allí que esta planeación debe realizarse para períodos de 5 años, en línea con las mejores prácticas internacionales. Para ello, impone una meta de rediseñar este proceso durante 2020, con el fin de aplicar esta nueva metodología durante 2021, proceso al final del cual se adoptará la primera planeación de espectro para 5 años haciendo uso de los criterios y lineamientos descritos en la Política de Espectro 2020-2024.

Conviene subrayar que, dado que la planeación del espectro es una actividad que debe realizarse para producir insumos que soportan las demás etapas de la gestión del espectro, es conveniente realizar ejercicios de planeación detallados a largo plazo, en primer lugar, para proporcionar transparencia y estabilidad en la ejecución de actividades a cargo de la administración, y, segundo, para planear de forma adecuada los tiempos y los recursos destinados a acciones específicas, evitando así caer en ejercicios de planeación a corto plazo.

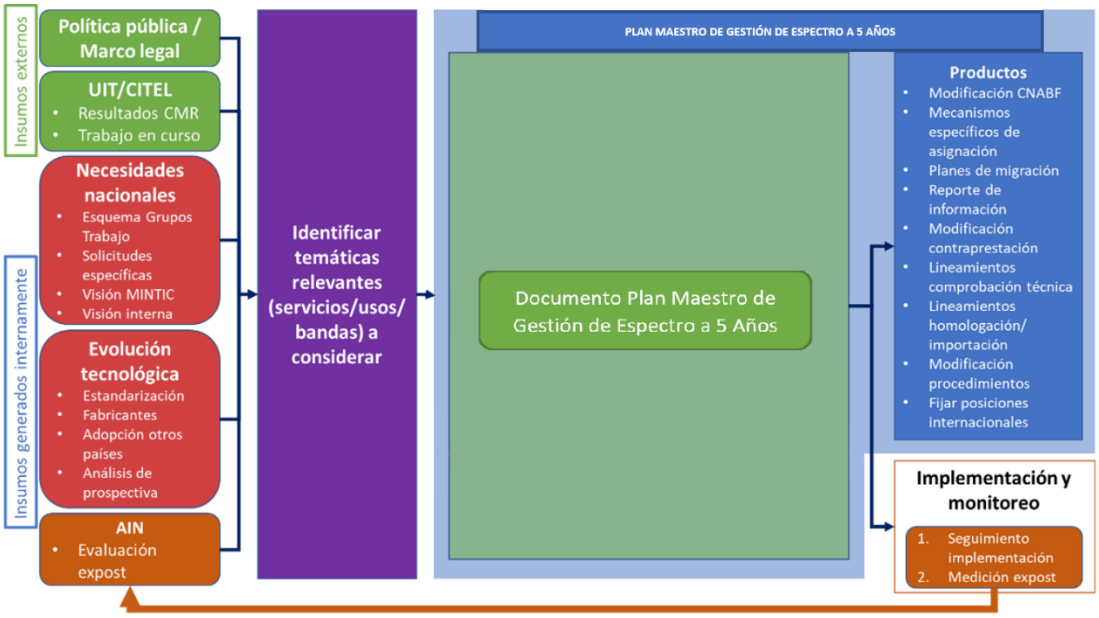
Ahora bien, teniendo en cuenta que la planeación del espectro es uno de los elementos estratégicos de la actividad de la ANE, se ha planteado un esquema para la ejecución de actividades denominado Planeación Estratégica del Espectro, con un producto principal que es el Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años, en el que se definen claramente las necesidades de espectro a analizar, el alcance inicial de los estudios a realizar y la propuesta de fecha de inicio de estos.

Habría que decir también que, debido a la dificultad de planear de manera precisa para períodos largos, la Planeación Estratégica de Espectro podría convertirse en estática si no se prevén mecanismos para actuar de forma ágil en la adaptación a las condiciones cambiantes de la industria y la tecnología. Es por ello que se ha considerado la formulación del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años como un documento vivo, que deberá ser revisado de forma anual para que se adapte a las evidencias y posibles modificaciones del entorno, con proyectos separados, ejecutados por parte de equipos de trabajo diferentes, y con múltiples instancias de consulta pública y participación de agentes interesados para cada uno de ellos.

De manera puntual, la Planeación Estratégica de Espectro se compone de cuatro etapas básicas: *I*) Recopilación de insumos necesarios para la ejecución de la Planeación Estratégica de Espectro, los cuales son de dos tipos: insumos externos e internos. Los externos corresponden a documentos, recomendaciones, decisiones, normas y actividades de organizaciones que son externas a la ANE y que deben ser acogidas como guías o lineamientos para la definición de las acciones de planeación. Por su parte, los insumos internos son construidos al interior de la ANE a partir del relacionamiento con los grupos de interés a nivel nacional e internacional, y el análisis de tendencias y mejores prácticas internacionales. *II*) Identificación de temas o necesidades de espectro relevantes, en donde, como su nombre lo indica, a través de unos criterios de priorización, se da prelación a necesidades de espectro relevantes en las cuales la administración enfocará sus recursos en los próximos 5 años. *III*) Adopción y ejecución del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años, y *IV*) Seguimiento expost de las medidas adoptadas, para evaluar resultados

obtenidos y determinar posibles ajustes o modificaciones siguiendo el Esquema de Planeación Estratégica del Espectro descrito con anterioridad. Este esquema se muestra en la Ilustración 1.

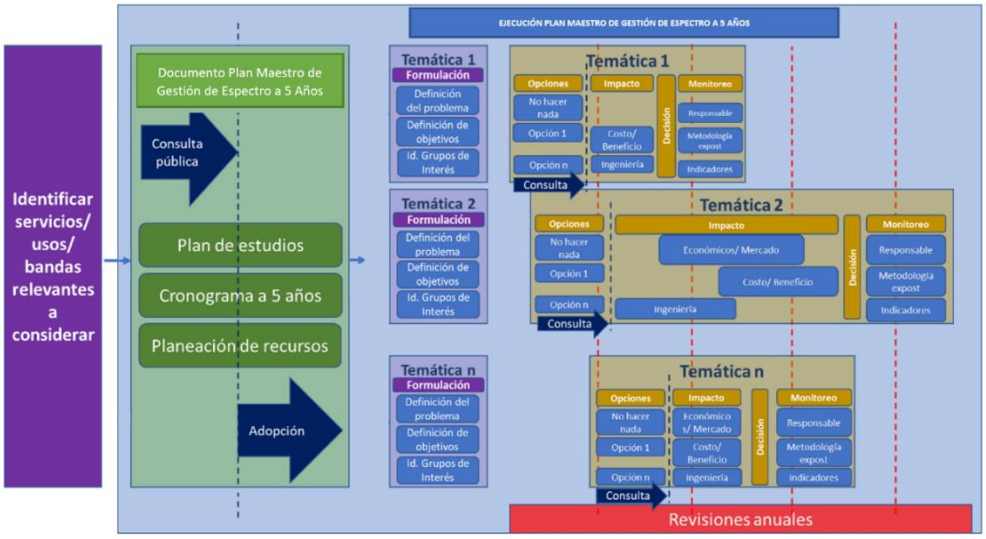
Ilustración 1. Planeación Estratégica de Espectro



Fuente: Elaboración ANE

Como fue mencionado anteriormente, la herramienta central para adoptar la planeación del espectro es el Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años que se encuentra inmerso dentro del esquema de Planeación Estratégica del Espectro. En este sentido, una vez definido y aprobado el plan, la siguiente fase consiste en su ejecución, es decir, la realización de los estudios y evaluación de las diferentes alternativas que podrían dar solución a cada una de las necesidades definidas en este plan. Esta fase de ejecución se describe en la Ilustración 2, cuyo principal insumo es la identificación de necesidades de espectro relevantes, que surgen del proceso descrito anteriormente.

Ilustración 2. Ejecución del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años



Fuente: Elaboración ANE

De acuerdo con la anterior ilustración, y con base en el listado de necesidades de espectro relevantes, se ejecutará el ejercicio de planeación detallada a 5 años, en el cual cada necesidad será considerada como un proyecto al cual se aplicarán los criterios y metodologías de Análisis de Impacto Normativo (AIN) de acuerdo con lo definido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP)[6].

La ejecución del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años se compone principalmente de 4 pasos, donde el primero corresponde a la formulación de los proyectos por temática o necesidad. Para esto, se llevarán a cabo las etapas: Definición del problema y Definición de objetivos descritas en la Guía Metodológica de Análisis de Impacto Normativo publicada por el DNP[7].

Una vez se cuenta con la formulación para cada una de las necesidades identificadas como relevantes, se definen las posibles alternativas de solución, así como los estudios necesarios que soportarán la definición de la mejor alternativa y la adopción de la decisión definitiva. Estos estudios enmarcan diversos tipos de estudios, incluyendo estudios de tipo económico, análisis de ingeniería tales como: disponibilidad de espectro, estandarización, planes de frecuencias, y

[6] CONPES 3816 de 2014 y Guía Metodológica de Análisis de Impacto Normativo https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Gu%C3%ADa%20Metodol%C3%B3gica%20de%20An%C3%A1lisis%20de%20Impacto%20Normativo.pdf

[7] Idem

compatibilidad electromagnética, entre otros; asimismo, incluye estudios desde el punto de vista de bienestar, en los que será necesario determinar si aplican estudios multicriterio, análisis costo-efectividad o análisis costo-beneficio a través de los cuales se evaluará el impacto que puede tener cada una de las alternativas a considerar y que sirva como soporte para la selección de la mejor opción.

Ahora, junto con la decisión de la mejor alternativa seleccionada, y dependiendo del tipo de decisión adoptada para cada necesidad, deben definirse las actividades asociadas con la implementación de las alternativas, los responsables de dichas actividades, así como la metodología de monitoreo expost y los indicadores que acompañan dicha metodología, los cuales permitirán evaluar los efectos obtenidos de la decisión.

Teniendo en cuenta que el Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años se ha definido como un documento vivo con base en el cual se estructura la ejecución de las actividades planeadas para cada período de 5 años, y para mantener los criterios de transparencia y eficiencia en la ejecución de estas actividades, deberá realizarse una revisión anual del cumplimiento de lo adoptado y determinar si existen ajustes o modificaciones requeridas en el Plan, de manera que se adapte a ajustes en los insumos considerados para su formulación.

El cierre del Plan Maestro de Gestión de Espectro deberá ser incluido como insumo de la formulación del plan para el siguiente período de 5 años, y estará basado en la revisión del cumplimiento del plan de estudios, el cronograma a 5 años y la planeación de recursos.

Dicho lo anterior, a través del presente documento se adopta la primera versión del Plan Maestro de Gestión de Espectro, específicamente para el periodo 2022-2026, en el cual se establecen de manera detallada las necesidades relevantes en materia de espectro y las fechas de inicio propuestas por la entidad para analizar dichas necesidades en los siguientes 5 años.

Este plan se compone de 6 secciones. En la primera se hace una revisión y compilación general de los objetivos, estrategias, actividades y compromisos adquiridos por la entidad en los diferentes documentos de política pública vigentes, cuyas fechas de ejecución están programadas a partir del año 2022.

En la sección 2 se presenta una descripción general de las tecnologías, tendencias y experiencias internacionales más relevantes en cuanto al uso y gestión del

espectro radioeléctrico, las cuales fueron identificadas como parte de la revisión y seguimiento de la evolución tecnológica para los distintos usos y aplicaciones de las comunicaciones inalámbricas, así como de las decisiones adoptadas por otros reguladores sobre temas específicos.

La sección 3 aborda el proceso metodológico aplicado por la ANE para identificar las acciones necesarias que deberán ser ejecutadas en los próximos años para suplir la demanda de espectro de los sectores productivos estratégicos del país, lo anterior como resultado de la información recopilada durante los talleres virtuales desarrollados por la ANE en el 2020 conjunto con el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CINTEL).

En la sección 4 se presentan los resultados de análisis preliminares realizados a la base de datos de ocupación del espectro en algunas bandas de frecuencias que son de interés por parte de usuarios tradicionales del espectro y de nuevos agentes del mercado, bandas que son usadas actualmente para servicios radioeléctricos fijo y móvil terrestre (diferentes a IMT), y sobre las cuales el Mintic realiza Procesos de Selección Objetiva (PSO) para el otorgamiento y modificación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico, lo anterior con el propósito de identificar acciones en el corto y mediano plazo para garantizar la oferta futura de frecuencias de los servicios fijo y móvil (diferentes a IMT) que actualmente se encuentran en estado de congestión.

La sección 5 describe las necesidades y la visión, que tienen las entidades que en Colombia están encargadas de la administración del espectro, sobre las prioridades del gobierno nacional, con el fin de complementar la información encontrada en el ejercicio de revisión de tendencias internacionales, vigilancia tecnológica, discusión con grupos de interés y análisis de ocupación del espectro que fueron abordados en las secciones 2 a 4.

Finalmente, la sección 6 agrupa y presenta las necesidades de espectro identificadas, sobre las cuales la ANE propone centrarse durante los próximos 5 años. Esta agrupación de necesidades se estructura a través de una matriz que contiene una visión integral de los aspectos hallados en las secciones 2 a 5 relacionados con la vigilancia tecnológica, así como de los objetivos y propósitos estratégicos definidos por la administración para facilitar el desarrollo de los planes de banda ancha, el cierre de la brecha digital y la promoción de la digitalización y el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en los diferentes sectores económicos estratégicos del país.

1. MARCO LEGAL Y POLÍTICA PÚBLICA VIGENTE

Menciona la Política de Espectro 2020-2024[8] que el mundo está viviendo una época de transformación caracterizada por la disrupción tecnológica generada por la aparición y desarrollo de tecnologías digitales tales como la inteligencia artificial, el Blockchain, la analítica de datos y las tecnologías de comunicaciones de quinta generación (5G), entre otras. Por tal razón, durante los últimos años ha habido cambios significativos en la política pública del sector TIC, y se han adoptado diversos marcos de política pública alineados con la transformación digital de la economía, todos ellos buscando generar las condiciones adecuadas para el desarrollo de las tecnologías digitales. Tal es el caso del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 adoptado en mayo de 2019 mediante la Ley 1955, la expedición de la Ley 1978 de 2019 que modificó el marco legal del sector TIC, el Plan TIC 2018-2022, la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, adoptada mediante el CONPES 3975 en noviembre de 2019, y el Plan 5G Colombia adoptado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic) en diciembre de 2019.

Así mismo, derivado de los programas, planes de acción, iniciativas y metas trazadas por el Gobierno Nacional en materia de espectro radioeléctrico, se han expedido otros documentos como el de la Política de Desarrollo Espacial adoptado mediante CONPES 3983 de 2020, el Plan de Transición a Nuevas Tecnologías y el Plan Marco de Asignación de Permisos de uso del espectro 2020-2022, adoptados en junio y diciembre de 2020 por el Mintic, respectivamente, todos estos, como se mencionó anteriormente, encaminados a generar las condiciones para que la transformación digital de la economía colombiana se agilice.

En particular, es de resaltar que estos documentos de política pública vigentes han establecido líneas de acción que involucran actividades relacionadas con la gestión técnica del espectro radioeléctrico, de las cuales algunas ya se han completado, otras se encuentran en curso y otras están programadas para ejecutarse en los próximos años. En consecuencia, la Tabla 1 relaciona las actividades que, dados los compromisos adquiridos en los cronogramas establecidos en dichos documentos, se deberán ejecutar en los próximos años junto con las actividades que surjan como resultado de la adopción del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años.

[8] Política Pública de Espectro 2020-2024 "Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía". Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/161217:MINTIC-y-la-Ane-publican-la-Politica-Publica-de-Espectro-2020-2024

Tabla 1. Compromisos adquiridos en los diferentes documentos de Política Pública

Documento de política pública	Objetivo	Estrategia	Actividad	Fecha máxima de cumplimiento
Plan 5G	1. Identificar los retos en materia de política pública, regulatorios, o normativos para habilitar el despliegue y masificación de la tecnología 5G	1.1. Identificar las necesidades de espectro radioeléctrico	El Ministerio de TIC, con el apoyo técnico de la ANE, continuará identificando bandas de frecuencia para las redes de transporte que soportan las redes 5G, tal como la Banda E, que surgió como una solución que optimiza el despliegue de la infraestructura de transporte, y que ofrece ventajas como mayores velocidades de transmisión de datos y menor riesgo de interferencias.	No se establece
Plan 5G	1. Identificar los retos en materia de política pública, regulatorios, o normativos para habilitar el despliegue y masificación de la tecnología 5G	1.3. Identificar barreras para el despliegue y operación de las redes 5G	El Ministerio de TIC, en conjunto con la ANE, identificará las barreras y desafíos que puedan desincentivar el despliegue y masificación de la tecnología 5G, tanto en el ámbito nacional como territorial.	No se establece
Plan 5G	2. Promover la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio para el adecuado despliegue y masificación de la tecnología 5G	2.4. Actualizar y divulgar las estrategias para remover las barreras al despliegue de la infraestructura para la tecnología 5G	El Ministerio de TIC, en conjunto con la ANE y la CRC, adelantará actividades de divulgación y capacitación a los entes territoriales, especialmente en temas relacionados con el funcionamiento de las tecnologías móviles y límites de exposición de personas a campos electromagnéticos, a partir de 2020. Así mismo, vinculará a otras entidades del Estado colombiano como el Ministerio de Cultura, de Salud y Protección Social, de Comercio, Industria y Turismo, de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y el de Transporte, para lograr una mayor armonización a nivel nacional en la masificación del ecosistema digital 5G	No se establece
Plan 5G	2. Promover la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio para el adecuado despliegue y masificación de la tecnología 5G	2.5. Actualización y revisión periódica de la normatividad y la regulación	La ANE revisará y actualizará la normatividad sobre la exposición de las personas a los campos electromagnéticos, teniendo en cuenta las características de las nuevas estaciones radioeléctricas utilizadas para las redes 5G. Deberá tener en cuenta también, la definición de los procedimientos y parámetros para la supervisión y evaluación del cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.	No se establece
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico	5.3.1.2 Modernizar procesos y	Modernizar procesos y procedimientos de gestión de espectro	31/12/2024

Documento de política pública	Objetivo	Estrategia	Actividad	Fecha máxima de cumplimiento
	para soportar la transformación digital de la economía	procedimientos de gestión del espectro radioeléctrico		
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.1 Complementar y depurar el inventario de espectro asignado con usos y usuarios de espectro	Depuración de la información	31/12/2023
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.1 Complementar y depurar el inventario de espectro asignado con usos y usuarios de espectro	Integrar datos IMT, TV, satelitales, uso compartido y vigilancia y control	31/12/2023
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.2 Fortalecer y modernizar las herramientas existentes e implementar una herramienta centralizada para la gestión del espectro	Implementación herramientas de simulación análisis de viabilidad técnica	31/12/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.3 Diseñar y ejecutar un plan de transformación digital de los procesos de gestión del espectro de la ANE y el Mintic a través de tecnologías digitales	Digitalización y automatización de procesos de vigilancia y control	30/06/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.3 Diseñar y ejecutar un plan de transformación digital de los procesos de gestión del espectro de la ANE y el Mintic a través de tecnologías digitales	Digitalización y automatización de procesos de asignación	30/06/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.2.5 Definir e implementar una estrategia de datos para la gestión de espectro	Definir e implementar estrategia de datos (Desarrollar capacidades, Definición de insumos y reportes)	31/12/2024
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la	5.3.3.5 Análisis de nuevas tecnologías para conectar	Análisis nuevas tecnologías para conectar zonas rurales y apartadas	30/06/2022

Documento de política pública	Objetivo	Estrategia	Actividad	Fecha máxima de cumplimiento
	transformación digital de la economía	zonas rurales y apartadas		
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.3.8 Ejecutar las acciones derivadas del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías	Divulgación sobre despliegue de infraestructura con entidades territoriales y ciudadanía	31/12/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.3.8 Ejecutar las acciones derivadas del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías	Circular para facilitar despliegue de infraestructura	31/12/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.3.9 Elaborar y adoptar un nuevo Plan Técnico de Televisión (PTTV) con las frecuencias a ser utilizadas posteriores al apagón analógico	Elaborar y adoptar un nuevo Plan Técnico de Televisión (PTTV) con las frecuencias a ser utilizadas posteriores al apagón analógico	30/06/2022
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.4.1 Diseñar y adoptar un plan de implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro	Diseñar y adoptar un plan de implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro	31/12/2024
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.5.1 Identificar grupos de interés y necesidades asociadas a la gestión del espectro radioeléctrico bajo el objetivo de soportar la transformación digital de la economía	Diseñar las estrategias y herramientas para promover la gestión del conocimiento con todos los grupos de interés	31/12/2024
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.5.3 Promover la investigación en asuntos de la gestión del espectro radioeléctrico	Implementación de agenda de investigación alineada con planeación	31/12/2024
Política de Espectro	Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía	5.3.5.4 Desarrollo de capacidades en analítica de datos y estudios económicos y de bienestar	Desarrollo de capacidades en analítica de datos y estudios económicos y de bienestar	31/12/2024
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan	Línea de acción 1 - Diseñar un nuevo modelo nacional de gestión de Espectro para	El Mintic en conjunto con la ANE, identificará las nuevas tecnologías inalámbricas que permitan el despliegue de cobertura y la masificación de conexiones en el territorio colombiano.	31/12/2022

Documento de política pública	Objetivo	Estrategia	Actividad	Fecha máxima de cumplimiento
Espectro 2020 – 2022	apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	permitir asignaciones ágiles y usos flexibles del espectro	Este estudio deberá incluir un análisis prospectivo económico, financiero y técnico del espectro, así como los procedimientos de gestión y asignación con un horizonte de 10 años	
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 1 - Diseñar un nuevo modelo nacional de gestión de Espectro para permitir asignaciones ágiles y usos flexibles del espectro	El Mintic en conjunto con la ANE, definirán la flexibilización de las condiciones técnicas, como bandas, potencias, servicios, entre otros, así como la asignación ágil en el marco de los procesos de selección objetiva.	30/06/2022
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 1 - Diseñar un nuevo modelo nacional de gestión de Espectro para permitir asignaciones ágiles y usos flexibles del espectro	El Mintic en conjunto con la ANE identificará y clasificará según las necesidades de diferentes sectores de la economía, las condiciones de los casos de uso particulares, identificando los factores técnicos más relevantes a considerar como latencia, velocidad, cobertura, intermitencia, y factores económicos como costos, ahorro, beneficios y otros, con el fin de identificar bandas de frecuencia disponibles de acuerdo con las necesidades	30/09/2022
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 3 - Establecer un cronograma de mediano plazo para los distintos procesos de asignación del espectro radioeléctrico	la ANE, basada en el documento sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en Colombia y los estudios que se adelanten respecto a otras bandas, establecerá el Plan donde se determinen las acciones necesarias para garantizar la disponibilidad de las bandas y así establecer junto con el MinTIC la hoja de ruta para los procesos de asignación de permisos en todas las bandas identificadas para IMT, el mencionado plan estará publicado en el sitio web unificado. Esta actividad estará terminada en el cuarto trimestre de 2021, y se actualizará cada año de acuerdo con los resultados de los estudios pertinentes y las necesidades del sector.	Anual
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 5: Rediseñar, simplificar y capacitar sobre procesos administrativos y técnicos de asignación del	El Mintic en conjunto con la ANE, promoverá mecanismos de participación y capacitación en gestión del espectro en Colombia para los usuarios del espectro y diferentes grupos de interés, teniendo como insumo la normatividad actual, los cambios normativos que surjan y los análisis de tecnologías de telecomunicaciones que	Anual

Documento de política pública	Objetivo	Estrategia	Actividad	Fecha máxima de cumplimiento
		espectro radioeléctrico	el Mintic desarrolle. Esta actividad será realizada anualmente.	
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 5: Rediseñar, simplificar y capacitar sobre procesos administrativos y técnicos de asignación del espectro radioeléctrico	El Mintic en conjunto con la ANE, realizarán mejoras continuas y actualizaciones de los procesos, procedimientos administrativos, procesos técnicos y tiempos de ejecución con el fin de establecer planes de mejora que permitan agilizar la asignación de permisos de uso del espectro, la concesión de servicios, e ingresar o retirar bandas de frecuencias en los procesos de selección. Para esto utilizará, entre otros, el análisis de datos de las herramientas de gestión de espectro, reportes de información de los usuarios de espectro, análisis de barreras y necesidades del sector TIC	Anual
Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020 – 2022	Adecuar los procesos de asignación de permisos de uso de espectro radioeléctrico para que respondan apropiadamente a las necesidades de los usuarios de este recurso	Línea de acción 7: Adquirir, actualizar y promover la apropiación de herramientas informáticas para la gestión del espectro radioeléctrico	La ANE desarrollará una base de datos de interferencias perjudiciales detectadas, que incluirá, entre otros, bandas de frecuencias con interferencias, procesos y trámites administrativos de la interferencia, fechas de detección, como insumo para los demás procesos de gestión de espectro. Dicha base de datos será integrada al Sistema de Gestión de Espectro del Mintic.	31/12/2022
Plan de Transición a Nuevas Tecnologías	Implementar políticas públicas y acciones regulatorias y normativas orientadas a promover la ampliación de la cobertura y la modernización de las redes móviles en el país	2. Implementar programas y proyectos que contribuyan a la eliminación de barreras para el despliegue de infraestructura	La ANE adelantará estrategias de educación dirigidas a las autoridades locales y la ciudadanía en general, relacionadas con el espectro radioeléctrico, sus emisiones y sus efectos en la salud.	31/12/2022
Plan de Transición a Nuevas Tecnologías	Implementar políticas públicas y acciones regulatorias y normativas orientadas a promover la ampliación de la cobertura y la modernización de las redes móviles en el país	2. Implementar programas y proyectos que contribuyan a la eliminación de barreras para el despliegue de infraestructura	Realizar acciones de capacitación a los mandatarios del orden local, priorizando aquellos municipios donde persistan barreras al despliegue, así como aquellos que puedan ser beneficiados por Obligaciones de Hacer.	31/12/2022

2. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

A continuación, se presenta una descripción general de las tecnologías, tendencias y experiencias internacionales más relevantes en cuanto al uso y gestión del espectro radioeléctrico, las cuales fueron identificadas como parte de la revisión de la evolución tecnológica para los distintos usos y aplicaciones de las comunicaciones inalámbricas, así como de las decisiones adoptadas por otros reguladores sobre temas específicos.

2.1. PANORAMA DE FUTUROS SERVICIOS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA

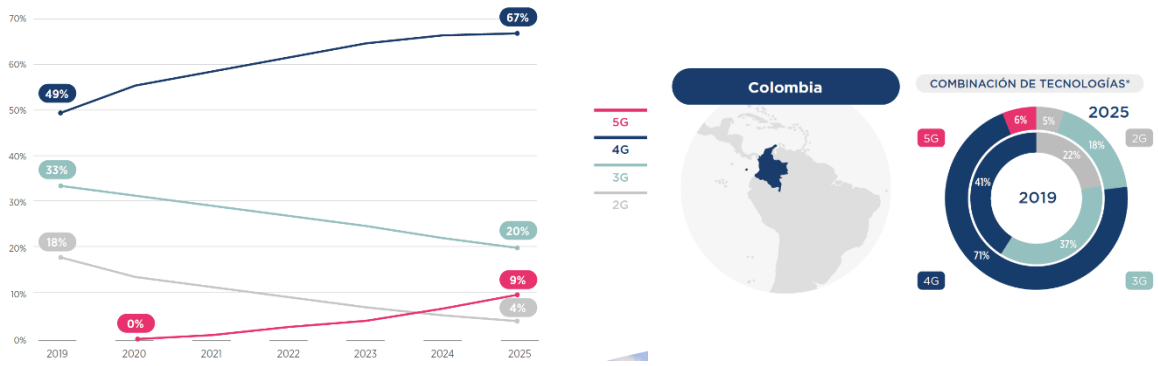
De acuerdo con la Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (ACMA, por sus siglas en inglés), la demanda de espectro para soportar la banda ancha inalámbrica, incluidas las aplicaciones móviles y fijas, sigue siendo uno de los principales impulsores de los cambios en el uso del espectro de mayor valor en todas las bandas. ACMA pronostica tres categorías de uso de la banda ancha inalámbrica cuyas implementaciones en la práctica pueden reflejar combinaciones de estas categorías. La primera es el de las redes de suscriptores de área amplia, atendidas por estaciones base ubicuas operadas por uno o más proveedores de servicios móviles. Esta categoría podría considerarse como las operaciones de banda ancha móvil de operadores de telecomunicaciones "convencionales". La segunda categoría refleja las redes de suscriptores de mercado más limitadas en áreas localizadas más pequeñas, que incluyen, entre otros, servicios de banda ancha inalámbrica fija y comunicaciones de flota. La última categoría cubre los servicios empresariales operados por entidades privadas dentro de los límites de sus propias instalaciones o terrenos, por ejemplo, un hospital, un recinto educativo o una instalación industrial. (ACMA, 2019).

En consonancia con lo expuesto anteriormente, el informe *"La Economía Móvil en América Latina"* de la Asociación de Operadores Móviles-GSMA (Intelligence, GSMA, 2020) afirma que la tecnología 5G continúa cobrando impulso en todo el mundo, aunque el ritmo de su avance se vio afectado por la pandemia COVID-19 en algunos mercados.

GSMA resalta que es probable que la tecnología 5G sea un plan a largo plazo para el segmento de los consumidores, especialmente en regiones como América Latina

donde prevalece aún una tendencia a la adopción de 4G, y cuyo estándar, según los pronósticos, alcanzará el 67% de las conexiones a finales de 2025. En otras palabras, tal y como lo manifiesta GSMA, continua la predominancia de la tecnología 4G en Latinoamérica, no obstante, la creciente demanda de una mejor conectividad a raíz de la pandemia es una buena señal para la adopción de 5G en la región. Para 2025, se cree que el estándar 5G representará casi un décimo del total de las conexiones en América Latina, y se estima que para el caso de Colombia alcanzará un 6%, tal y como se observa en la Ilustración 3

Ilustración 3. a) Panorama de conexiones por tecnología en América Latina (sin incluir conexiones IoT celular con licencia), b) Panorama de conexiones por tecnología en Colombia



Fuente: GSMA, La Economía Móvil en América Latina. 2020

Ahora bien, de acuerdo con el estudio de política de espectro de la GSMA (GSMA, 2021), se señala que los reguladores han venido asignando espectro 5G en tres rangos del espectro; bandas altas (por ejemplo, bandas milimétricas) que admiten las velocidades 5G más rápidas, bandas medias (por ejemplo, 1-10 GHz) que ofrecen una buena combinación de cobertura y capacidad, y bandas bajas (por ejemplo, por debajo de 1 GHz) que ayudan a proporcionar una amplia cobertura.

GSMA destaca que la mayor parte de la atención mundial se ha centrado en el rango de 3,5 GHz (es decir, 3,3-3,8 GHz) para soportar los lanzamientos iniciales de 5G, seguido de las bandas milimétricas de 26 GHz y 28 GHz. No obstante, esta asociación reconoce que se necesitará espectro adicional para satisfacer la demanda a largo plazo y respaldar casos de uso como el Acceso Fijo Inalámbrico (FWA, por sus siglas en inglés) y el Internet de las Cosas (IoT). Al respecto, el estudio indica que las bandas adicionales que se lleguen a identificar se centrarán en las

bandas medias que son parte de la agenda de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23), la cual está considerando espectro 5G adicional en los rangos de 3,5 GHz, 4,8 GHz, 6 GHz y 10 GHz.

En línea con lo mencionado anteriormente, diversos países del mundo están trabajando en la liberación y asignación de espectro para IMT. Tal es el caso de Canadá, donde el Departamento del Gobierno de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (ISED, por sus siglas en inglés) tiene la intención de liberar espectro adicional en los próximos años para las operaciones móviles comerciales 5G, teniendo en cuenta los diferentes rangos de frecuencia necesarios para el despliegue de dicha tecnología, la cual, como bien se ha dicho, requiere espectro en frecuencias bajas, medias y altas (ISED, 2018)

En este sentido, y dada la ocupación de la banda de 3,5 GHz, ISED comenzó estudios sobre el uso flexible de la banda, específicamente en los rangos de 3500 MHz (3450 – 3650 MHz) y 3800 MHz (3650 – 4200 MHz), en el cual los licenciatarios podrían llegar a desplegar servicios móviles o fijos usando la misma licencia de espectro (ISED, 2020). Este Regulador también considera de importancia los segmentos de 24,25-26,5 GHz (24 GHz) y 26,5-27,5 GHz (26 GHz) que podrían liberarse para servicios móviles y fijos comerciales, o mediante mecanismos de uso no licenciado (ISED, 2018).

Por su parte, y como se resaltó al inicio de esta sección, el regulador ACMA considera que las aplicaciones de banda ancha móvil siguen siendo una fuente importante de demanda, en tal sentido el regulador anticipa que se necesitará más espectro para respaldar el crecimiento de las aplicaciones de banda ancha y de los datos móviles. Previendo esta situación, ACMA asignó en 2018, 125 MHz de espectro en la banda de 3,5 GHz (3575–3700 MHz) en áreas metropolitanas y regionales. Para ACMA, la banda media entre 1 y 6 GHz es el foco de las implementaciones de 5G en el corto plazo, en particular en el segmento 3,4–3,7 GHz.

Por otra parte, el regulador realizó consultas públicas en 2018 respecto a la planificación de la banda de 26 GHz (24,25 a 27,5 GHz), y dentro de esta consulta también planteó la posibilidad de uso de la banda de 28 GHz (27,5 a 29,5 GHz) para el desarrollo de futuros servicios 5G, lo anterior teniendo en cuenta que en esta banda igualmente se han venido desarrollando operaciones satelitales. Posteriormente, ACMA emitió un documento decisorio donde se propone una estrategia para la adopción de la banda de 26 GHz, estableciendo la intención de

licenciar la banda de 25,1-27,5 GHz mediante subasta en 34 áreas geográficas, y en bloques de 100 MHz (ACMA, 2019).

Así mismo, menciona ACMA que, entre las iniciativas para fomentar el futuro desarrollo de la tecnología 5G, cabe destacar los cambios en los acuerdos de las licencias para incluir espectro adicional en el rango de 60 GHz. Sobre este tema en particular, se conoce que ACMA actualizó las disposiciones sobre los dispositivos con bajo potencial de interferencia, incluyendo una adición del segmento de 66-71 GHz a la antigua banda de 57-66 GHz para uso de sistemas de comunicaciones de datos inalámbricos, incluidos los que admiten 5G tanto en interiores como exteriores. Señala ACMA que esta modificación admitirá sistemas inalámbricos gigabit para aplicaciones como backhaul para 5G y Wi-Fi[9].

Cabe señalar que para la banda de 60 GHz la GSMA recomienda que las hojas de ruta de disponibilidad de espectro de los países también incluyan planes para hacer que la banda 66-71 GHz esté disponible (GSMA, 2021).

Por otra parte, en Francia, la Agencia Nacional de Frecuencias (ANFR) consideró dentro de sus principales objetivos la implementación de la hoja de ruta 5G, y con ella, la asignación de espectro de la banda de 3,5 GHz. Como resultado, la ANFR ha venido realizando un seguimiento al despliegue de sitios 5G bajo el programa que denominan "*Observatorio 5G*"[10], el cual incluye información sobre las bandas de frecuencias y las ubicaciones de los despliegues autorizados tanto de 4G como 5G. En este sentido, de acuerdo con el reporte de la ANFR sobre dicho observatorio, a marzo de 2021 las bandas de 700 MHz, 2,1 GHz y 3,5 GHz son las utilizadas para desplegar 5G en Francia[11]. Así mismo, la ANFR apoyó el uso de las bandas de 42 GHz y 66-71 GHz para las IMT en la CMR-19 señalando que estas bandas cumplen con los requerimientos de los consumidores y poseen condiciones favorables de convivencia con los usos actuales en Francia (ANFR, 2018).

De igual modo, en el Reino Unido ya se han otorgado 150 MHz en el rango 3,4-3,6 GHz y se planea subastar 120 MHz adicionales en el rango 3,6-3,8 GHz. Así las cosas, la Oficina de Comunicaciones (OFCOM) menciona en su plan de trabajo 2020-2021 (OFCOM, 2020) que se contempla la adjudicación de licencias (mediante procesos

[9] Información tomada de la revista digital Telecom Times. Disponible en: https://telecomtimes.com.au/acma-takes-aim-at-5g-innovation-with-class-licensing-updates/
[10] Información disponible en: https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/lobservatoire/
[11] Información disponible en: https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/lobservatoire/actualites/actualite/actualites/observatoire-anfr-au-1er-mars-plus-de-55600-sites-4g-et-21700-sites-5g-autorises-en-france-par-lanfr/

de subasta) en las bandas de espectro de 700 MHz y 3,6-3,8 GHz, en aras de que el mercado tenga el espectro que necesita para permitir que los consumidores se beneficien de mejores experiencias y que los actores del mercado implementen nuevos servicios y brinden beneficios económicos para el país (GSMA Latinoamérica, 2020).

Ahora, en el caso de América Latina se han surtido procesos de subasta en Chile, donde específicamente en febrero de 2021 se entregó espectro en las bandas de 700 MHz, 3,5 GHz y 26 GHz a tres de los principales operadores móviles del país para el desarrollo de la tecnología 5G. También se han definido las condiciones para los procesos de asignación del espectro 5G en países como Brasil y República Dominicana[12], anunciando que los respectivos procesos de asignación se llevarán a cabo en el corto plazo, con procesos que involucran múltiples bandas, entre estas, las bandas de 700 MHz y 3,5 GHz.

Particularmente, en Brasil el proceso incluye espectro en las bandas de 2,3 GHz y 26 GHz[13]. En cuanto a la banda de 3,5 GHz, la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL) estableció las directrices para la subasta y aprobó los términos de la consulta pública para la implementación de la tecnología 5G en Brasil. La propuesta considera una subasta tradicional con un bloque regional de 60 MHz exclusivo para proveedores de pequeñas empresas (PPP)[14] o nuevos entrantes, dos bloques de 100 MHz y uno de 80 MHz con cobertura nacional y un bloque regional de 60 MHz restringido a los que compraron los bloques anteriores. Según el regulador, no hay planes para limitar el uso del rango 3,3-3,8 GHz a ningún servicio o aplicación de telecomunicaciones en particular (GSMA Latinoamérica, 2020).

[12] Información tomada del portal de Cullen International, disponible en: https://www.cullen-international.com/

[13] Mas información disponible en: https://sistemas.anatel.gov.br/SACP/Contribuicoes/TextoConsulta.asp?CodProcesso=C2308&Tipo=1&Opcao=finalizadas

[14] De acuerdo con el informe de la GSMA "5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina", la sigla PPP consiste en Pequeños Proveedores de Servicio en Brasil (PPP, por sus siglas en portugués). En el bloque PPP, el requisito es servir a municipios con menos de 30,000 habitantes y municipios sin 4G. Disponible en: https://www.gsma.com/latinamerica/es/resources/5g-y-el-rango-33-38-ghz-en-america-latina/

2.1.1. Bandas de frecuencias identificadas en Colombia para el futuro desarrollo y despliegue de las tecnologías móviles de banda ancha IMT

De manera puntual, la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial expedida por el DNP mediante CONPES 3975[15], estableció las acciones a adelantar con el propósito de atender el reto de llevar a cabo la transformación digital de la economía y de la sociedad colombiana. Como parte de esta política se incluyeron dos tareas relacionadas con la promoción del despliegue de redes 5G: *I*) la expedición de un documento con lineamientos técnicos y estrategias de promoción de despliegue a cargo del Mintic, y *II*) la publicación de un documento técnico con las características técnicas de uso del espectro en las bandas prioritarias para 5G en Colombia a cargo de la ANE.

En cuanto a la primera tarea, en diciembre de 2019, el Mintic publicó el Plan 5G[16], a través del cual se definió el plan de acción en relación con la preparación de los distintos elementos necesarios para promover de manera efectiva el despliegue de redes 5G en el país. Dentro de este plan de acción se encuentran acciones importantes de gestión del espectro radioeléctrico, tales como identificar las necesidades de espectro[17], realizar pilotos de redes 5G[18], actualizar los topes de espectro para habilitar el despliegue de redes 5G[19], definir un nuevo modelo de administración de espectro para facilitar y agilizar el despliegue de la tecnología 5G[20] y actualizar y divulgar las medidas relacionadas con el control de exposición a campos electromagnéticos[21]. Algunas de estas se encuentran en ejecución y otras están pendientes de ejecutar, tal y como se describió en la sección 1 del presente documento.

Ahora, en cuanto a la segunda tarea, la ANE llevó a cabo un estudio, y como resultado de este se publicó en agosto de 2020 el documento "Consulta pública sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las

[15] Dirección Nacional de Planeación (DNP). Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf
[16] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan 5G Colombia. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/micrositios/plan_5g//764/w3-channel.html
[17] Línea de acción 1.1 del Plan 5G. Pág. 69
[18] Línea de acción 1.2 del Plan 5G. Pág. 70
[19] Línea de acción 2.3 del Plan 5G. Pág. 72
[20] Línea de acción 2.2 del Plan 5G. Pág. 71
[21] Líneas de acción 2.4 y 2.5 del Plan 5G, Págs. 72 y 73

Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) en Colombia" [22], el cual contiene un informe sobre el estado de la asignación de bandas IMT en Colombia, así como un estudio con las características técnicas de uso de las distintas bandas de frecuencias identificadas en Colombia para el futuro desarrollo de las tecnologías móviles de banda ancha. De igual manera, el citado documento incluyó un cronograma de disponibilidad de cada una de las bandas de frecuencias identificadas, de acuerdo con la ocupación y fechas de vigencias de los permisos.
Es necesario resaltar que, en el estudio realizado por la ANE se menciona que, a la fecha, en Colombia se tienen asignados 485 MHz de espectro para las IMT, espectro que actualmente es usado para despliegues de tecnologías 2G, 3G y 4G. Ahora, de las bandas que han sido asignadas, hay un remanente de 45 MHz para ser asignados, específicamente 10 MHz en la banda de 700 MHz, 5 MHz en la banda de 1900 MHz y 30 MHz en la banda de 2500 MHz.

Así mismo, el estudio menciona que en Colombia se han venido identificando diferentes bandas para IMT y varias de estas ya se encuentran disponibles, o con una ocupación muy baja que permitiría una rápida asignación. Las bandas en mención se muestran a continuación en la **Tabla 2**

Tabla 2. Bandas de frecuencias IMT sin asignar en Colombia.

Banda	Enlace ascendente		Enlace descendente		Total espectro en la banda (MHz)
	Frec. Inicial (MHz)	Frec. Final (MHz)	Frec. Inicial (MHz)	Frec. Final (MHz)	
600[23]	663	698	617	652	70
900	894	905	939	950	22
1400 (Banda L)[24]	1427-1518				91
AWS Ext.	1755	1780	2155	2180	50
2300	2300-2400 (Canalización TDD)				100
3500[25]	3300-3700 (Canalización TDD)				400
Total (MHz)					**733**

Fuente: Elaboración ANE

[22] Consulta pública sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en Colombia. Documento disponible en la página web de la Agencia Nacional del Espectro, a través del siguiente enlace:https://www.ane.gov.co/SitePages/det-noticias.aspx?p=147&Source=https%3A%2F%2Fwww%2Eane%2Egov%2Eco%2FSitePages%2Fnoticias%2Easpx%3Fy%3D2020%26m%3D8%23date%2Dsel

[23] De acuerdo con la Recomendación ITU-R M.1036-6 de la UIT, el arreglo de frecuencias en FDD de la banda de 600MHz es de la siguiente forma: 617-652MHz para el enlace de bajada y 663-698MHz para el enlace de subida.

[24] Banda en estudio para implementación de redes privadas de comunicaciones móviles de banda ancha.

[25] Durante el 2021 se ejecutará un proyecto que busca definir la banda de guarda y las condiciones técnicas necesarias para la operación de la banda de 3500 MHz con el servicio fijo por satélite que funciona en adyacencia.

Como se observa en la Tabla 2, se tienen identificadas seis (6) bandas de frecuencias adicionales para el futuro desarrollo de las IMT, con 733 MHz de espectro para ser asignados según su demanda y disponibilidad. Ahora, esta cantidad de espectro tiene en cuenta todo el rango de frecuencias para cada una de las bandas, sin evaluar las bandas de guarda que, dado el caso, podrían llegar a disminuir el total de espectro a ser asignado.

Al respecto, la ANE se encuentra adelantando tres estudios de convivencia para definir los parámetros técnicos para estas bandas de frecuencias, entre estos, las bandas de guarda u otras medidas técnicas necesarias para garantizar la operación sin interferencias de los servicios que funcionan en adyacencia. Los estudios involucran las bandas de 600 MHz[26], 900 MHz[27] y de 2,3 GHz[28]. Una vez concluyan, se deberán definir aspectos técnicos como; bandas de guarda, anchos de banda efectivos que podrán ser usados en cada una de las bandas, así como los esquemas de sincronismos y tamaños de bloques de asignación de cada una de estas bandas.

De igual forma, el estudio de la ANE menciona que, como resultado del trabajo realizado en la pasada Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019 (CMR-19), Colombia identificó las bandas de frecuencias que se describen en la Tabla 3, bandas altas que han sido denominadas en el mundo como "bandas milimétricas o mmWave, por sus siglas en inglés". [29]

Tabla 3. Rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-19.

Rango de Frecuencias		Espectro Adicional (GHz)
Frecuencia Inicial (GHz)	Frecuencia Final (GHz)	
24.25	27.5	3.25
37	43.5	6.5
47.2	48.2	1

[26] Durante el 2021, la ANE desarrollará un proyecto de investigación para definir los parámetros técnicos para la operación sin interferencias perjudiciales entre los sistemas móviles IMT que podrían desplegarse en la banda de 600 MHz y los sistemas DVB-T2 que funcionan en la banda de frecuencias 470 – 608 MHz. Así mismo, este estudio incluirá los análisis de convivencia con las aplicaciones de espacios en blanco que funcionan actualmente en la banda de 470-698 MHz.
[27] Durante el 2021, la ANE desarrollará un proyecto de investigación para definir las medidas técnicas necesarias para la operación sin interferencias perjudiciales entre los sistemas móviles IMT de las bandas de 850 MHz y 900 MHz y las aplicaciones de uso libre (ICM/RCA) que funcionan en la banda de frecuencias 915 – 928 MHz. Se está considerando la posibilidad de ampliar 22 MHz de espectro a 42 MHz para las IMT, de acuerdo con la disponibilidad de la banda de Acceso Fijo Inalámbrico comprendida entre el rango de 905-915/950-960 MHz.
[28] Durante el 2021, la ANE desarrollará un proyecto de investigación para definir los parámetros técnicos necesarios para la operación sin interferencias entre los sistemas móviles IMT de la banda de 2300 MHz (2300-2400MHz) y las diferentes aplicaciones de uso libre que funcionan en la parte superior de la banda (2400-2483.5MHz).
[29] Las bandas altas (rango de 24 GHz y más), también se conocen como "bandas milimétricas o mmWave". Tomado de: https://www.qualcomm.com/news/ong/2021/05/04/riding-wave-5g-millimeter-time

66	71	5
Total (GHz)		15.75

Fuente: Elaboración ANE

Ahora, de acuerdo con los análisis de ocupación llevados a cabo para cada una de las bandas incluidas en el documento de estudio, el escenario de disponibilidad de bandas IMT muestra que existe una disponibilidad inmediata de las bandas AWS Extendida, 2,3 GHz y 3,5 GHz. Para esta última banda, están siendo considerados 400 MHz de espectro comprendidos en el rango de 3,3-3,7 GHz. Ahora, en el documento de "Plan 5G Colombia", el Mintic presentó el plan de trabajo para promover el primer despliegue de la red 5G antes de 2022, considerando el rango 3,5 GHz como un elemento clave para lograrlo. Adicionalmente, el Mintic se ha mostrado abierto a recibir propuestas para la realización de pruebas técnicas de tecnologías 5G en rangos superiores a 3,3 GHz. Las partes interesadas deben indicar el rango y el caso de uso para la prueba (p.ej., agricultura, comercio minorista, transporte, etc.) (GSMA Latinoamérica, 2020).

Por su parte, la banda L (banda de 1400 MHz) tendría disponibilidad hasta el 2024, y las bandas milimétricas en el largo plazo, 2027 para el caso de la banda de 26 GHz y 2028 para el caso de la banda de 38 GHz[30]. Finalmente, para el 2029 estaría libre a nivel nacional la banda de 600 MHz, que, de acuerdo con el estudio en mención, es la banda con mayor ocupación, principalmente por estaciones del servicio de radiodifusión de televisión digital con fechas de vencimiento de hasta inicios del 2029. En cuanto a la banda de 600 MHz, adicionalmente habría que mencionar la Resolución 795 de 2019 (expedida por la antigua ANTV)[31], bajo la cual se estableció la necesidad de estructurar un Plan General de Cese de Emisiones Analógicas (PGCEA) progresivo, el cual se encuentra en desarrollo por parte del Mintic.[32] En línea con lo mencionado anteriormente, a partir de que sea publicada la versión final del esquema progresivo del apagado de las estaciones analógicas de radiodifusión en

[30] Estas fechas están basadas en una disponibilidad nacional de los segmentos de frecuencias. De acuerdo con el estudio de la ANE, la ocupación de la banda de 26 GHz, respecto a enlaces del Servicio Fijo, es de tan solo veintinueve (29) enlaces, donde la gran mayoría se encuentra concentrados en ciudades principales. Por su parte, la banda de 38 GHz se encuentra ocupada con permisos a nivel nacional de enlaces Punto – Multipunto.

[31] De acuerdo con el parágrafo segundo del artículo 8 de la Resolución 795 de 2019 de la antigua ANTV, la Autoridad Nacional de Televisión o la entidad que haga sus veces, definirá con la participación de los operadores de televisión abierta el Plan General de Cese de Emisión, el cual contendrá el esquema progresivo para el cese de emisión, los indicadores y niveles mínimos a ser alcanzados y un cuadro de mando sobre el cual se realizará seguimiento mediante la ejecución de herramientas y ejercicios estadísticos realizados como mínimo una vez al año. Resolución disponible en: https://normograma.info/crc/docs/resolucion_antv_0795_2019.htm

[32] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Consulta Pública sobre el Plan General de Cese de Emisiones Analógicas (PGCEA). Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/146359:MINTIC-amplia-el-plazo-para-la-recepcion-de-comentarios-al-Plan-General-de-Cese-de-Emisiones-Analogicas

Colombia, se deberá llevar a cabo la actualización del Plan Técnico de Televisión (PTTV), sobre el cual se establecerá la propuesta de los nuevos canales de frecuencias de las estaciones de Televisión digital para la consecuente liberación de la banda de 614 a 698 MHz.

Ahora, como fue mencionado anteriormente, el horizonte de tiempo de disponibilidad de las bandas de frecuencias está basado en una disponibilidad nacional de las frecuencias y sobre las fechas máximas de las vigencias actuales de los permisos registrados en la base de datos del Mintic, es decir, la disponibilidad de las bandas se basa en una liberación natural de las bandas de frecuencias sin considerar planes de migración, no obstante, según las necesidades y demanda del espectro del momento, estas fechas podrían variar, para lo cual se deberá considerar un plan de reubicación de las estaciones existentes a otras bandas de frecuencias.

Es importante mencionar que el citado estudio fue dispuesto a consulta pública en el tercer trimestre del 2020 con el propósito de recibir respuestas al cuestionario establecido al final del documento, y con base en estas, tener insumos para la futura planeación técnica y elaboración de las proyecciones de disponibilidad del espectro IMT en Colombia. El informe con las respuestas a los comentarios fue publicado el 19 de enero de 2021 en la página web de la ANE[33].

Ahora, dadas las respuestas suministradas al cuestionario, la ANE pudo concluir que, aunque hay una buena expectativa y el sector reconoce las bondades y capacidades técnicas que traerá consigo la implementación de la tecnología 5G, aún no existe un consenso sobre el horizonte de tiempo de entrada en funcionamiento de esta tecnología en el país, donde el principal argumento de este desacuerdo son los niveles actuales de penetración de la tecnología 4G en el país. En efecto, de acuerdo con el informe "Plan de Transición a Nuevas Tecnologías"[34] del Mintic, se menciona que, el despliegue de la tecnología 4G se ha venido concentrando en las zonas predominantemente urbanas de los municipios de más de 100 mil habitantes, en cambio, en las 1.053 cabeceras municipales con menos de 100 mil habitantes, las cuales representan el 93,8% de los municipios del país y

[33] Agencia Nacional del Espectro. Informe sobre las respuestas al cuestionario y comentarios recibidos al documento de consulta pública sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Disponible en: https://www.ane.gov.co/SitePages/det-noticias.aspx?p=243&Source=https%3A%2F%2Fwww%2Eane%2Egov%2Eco%2FSitePages%2Fnoticias%2Easpx

[34] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan de Transición a Nuevas Tecnologías. Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/715/articles-145550_plan_transicion_nuevas_tecnologias_20200624a.pdf

concentran el 38,11% de la población, el despliegue de infraestructura 4G es significativamente menor.

En el caso de las bandas milimétricas, se observa que varios participantes sugieren a las entidades del Gobierno seguir enfocando los esfuerzos en gestionar e identificar bandas de frecuencias en el rango bajo y medio del espectro radioeléctrico, y disponer de las bandas altas en el largo plazo para cuando se presenten las siguientes situaciones: *I*) se fortalezca aún más el uso de la tecnología 4G en el país, *II*) se masifiquen los casos de uso a nivel mundial, *III*) madure el ecosistema de infraestructura y equipos terminales, y *IV*) se identifique una necesidad clara de aplicaciones y usuarios que demandarán de las altas capacidades técnicas que ofrecen estas bandas de frecuencias.

Cabe señalar que, aunque no hay un acuerdo sobre las fechas de entrada en funcionamiento de las bandas milimétricas en Colombia, esta entidad considera pertinente mantener un constante seguimiento del comportamiento del ecosistema de equipos, del despliegue de redes en el mundo y de casos de uso aplicables, así como de las necesidades y demanda de espectro IMT de los próximos años en estas bandas de frecuencias, para de esta manera planificar y modificar el escenario de disponibilidad con la suficiente antelación. Al respecto, es importante mencionar que la ANE se encuentra actualizando el modelo de demanda de espectro para IMT, para con base en ello, y posteriormente a un ejercicio de discusión pública, modificar, si es el caso, el escenario de disponibilidad y, según las decisiones adoptadas por el Mintic, comenzar con los planes de liberación de las bandas requeridas para cumplir con las demandas futuras de espectro.

De igual manera, como se podrá inferir a continuación, dados los casos de uso analizados a la fecha y los potenciales actores que harán uso de las redes futuras 5G, sumado al hecho de que muchas de estas bandas no se enfocarán en una cobertura nacional[35], se deben revisar las reglas técnicas, así como los mecanismos adecuados de acceso y uso del espectro para facilitar el despliegue y operación de redes por parte de los potenciales usuarios.
Por último, es importante mencionar que, en relación con la identificación adicional de bandas medias, el documento de Actas Finales de la CMR del 2019[36] estableció

[35] GSMA manifiesta que en el caso de las bandas milimétricas y dadas que estas no se enfocarán en una cobertura nacional, se podrían explorar otros enfoques de concesión de licencias, tales como licencias exclusivas de área amplia en zonas de alta demanda (p.ej., centros de ciudades) junto con licencias locales utilizadas en otros lugares, o incluso licencias locales en todas las áreas de interés. Tomado del informe: "5G Spectrum Public Policy Position 2021" de la GSMA
[36] Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019, disponible en: https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/es

el orden del día de la CMR del 2023 y, con este, los puntos de la agenda y las bandas de frecuencias que serán estudiadas en el siguiente ciclo de estudio, en donde, para la Región América, entre las bandas claves a estudiar se encuentran las de: 3,6 GHz-3,8 GHz, 7,025-7,125 GHz y 10,0-10,5 GHz.

En vista de lo anterior, cabe resaltar el interés regional por identificar para el 2023 el rango de 3,6-3,8 GHz, para lo cual la administración de Colombia tendrá que evaluar y analizar en detalle esta situación de cara al siguiente ciclo de estudios y determinar qué posición adoptará en cuanto al rango de 3,7-3,8 GHz. Estos análisis deberán contemplar los estudios que se realicen tanto en el ámbito nacional como regional, para con base en estos, y luego de un proceso de divulgación y discusión con el sector, tomar una postura al respecto de cara a las necesidades y particularidades del país. Así mismo, análisis adicionales deberán ser efectuados para tomar una posición en cuanto a la banda de 10-10,5 GHz.

Finalmente, y dado que esta entidad ha recibido comunicados por parte de la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil, enfocados en la necesidad de revisar posibles interferencias que se puedan presentar sobre los radares de altímetro aeronáutico que funcionan en la banda de 4,2-4,4 GHz debido a estaciones IMT terrestres que puedan llegar a funcionar en el rango superior a 3,7 GHz, esta entidad seguirá de cerca los estudios que se lleven a cabo en el ámbito internacional, especialmente los que están en curso por parte del Comité Técnico de Radio para Aeronáutica (RTCA Radio Technical Committee for Aeronautics, por sus sigla en inglés).

2.1.2. Planes de reorganización de espectro en la banda C (3,7 a 4,2 GHz) para servicios de banda ancha IMT

En EE. UU. la demanda de servicios inalámbricos de banda ancha y de espectro radioeléctrico sigue creciendo dramáticamente. De acuerdo con el reporte de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) sobre la "*ampliación del uso flexible de la banda 3,7 a 4,2 GHz*" (FCC 20-22, 2020), al mismo tiempo que el tráfico móvil está aumentando en muchas regiones de los Estados Unidos, hay algunas comunidades que todavía carecen de conectividad de banda ancha inalámbrica. Así las cosas, para permitir el desarrollo de redes inalámbricas de próxima generación y ayudar a cerrar la brecha digital, la FCC ha planteado una estrategia para facilitar la implementación de la tecnología 5G. Esta estrategia abarca un enfoque integral de bandas, enfatizando en la necesidad de liberar

espectro en las bandas de baja, media y alta frecuencia para uso comercial, flexible y sin licencia.

FCC señala que, debido al futuro prometedor de los servicios 5G de próxima generación, el liderazgo en 5G es una prioridad en EE. UU. En este sentido, la FCC considera importante disponer de más espectro de banda media debido a sus buenas características de cobertura, capacidad y propagación. Las estrategias propuestas por la FCC incluyen esfuerzos para liberar espectro en las bandas de 2,5 GHz, 3,1-3,55 GHz, 3,5 GHz y 3,7-4,2 GHz (conocida como la banda C convencional).

Ahora, tal y como lo resalta la FCC en su reporte, EE. UU. no es el único país que reconoce el potencial del espectro de banda media para 5G. Los órganos rectores internacionales y varios otros países también están revisando la idoneidad de diversas bandas de frecuencias para los servicios inalámbricos 5G de próxima generación, incluidas las bandas de 3,7 a 4,2 GHz. Por ejemplo, menciona la FCC que, el Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico de la Comisión Europea (RSPG, por sus siglas en inglés) emitió un mandato a la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) manifestando que la banda de 3,4-3,8 GHz será la primera banda primaria para 5G, y en este sentido CEPT está desarrollando un informe que proporcionará recomendaciones para actualizar el marco regulatorio europeo en esta banda de frecuencias. A causa de esto, varios gobiernos europeos están tomando medidas para que porciones de esta banda estén disponibles para 5G.

Así las cosas, la FCC ha planteado una reorganización de la banda de 3,7-4,2 GHz, que contempla un cronograma para la reubicación de las actuales operaciones satelitales a los 200 MHz superiores de la banda (4,0-4,2 GHz), permitiendo una disponibilidad de 280 MHz adicionales para las IMT con una banda de guarda de 20 MHz (3,98-4,0 GHz) entre ambos servicios. Acorde con la FCC, se toma esta medida para que este valioso recurso de espectro esté disponible para nuevos usos inalámbricos lo más rápido posible, al mismo tiempo que se preserva el funcionamiento continuo de los servicios fijos por satélites existentes (SFS) durante y después de la transición, dado que luego de unos análisis previos se encontró que los actuales operadores satelitales podrían mantener los mismos servicios que proporcionan hoy en día en los 200 MHz superiores.

De igual forma, el regulador ISED de Canadá señala que ha venido observando una tendencia mundial de la industria satelital a usar frecuencias más altas del espectro, como las bandas Ku y Ka en 12-18 GHz y 26-40 GHz respectivamente, y que la

demanda para el uso de satélites que operan en la banda 3,7-4,2 GHz está disminuyendo. Basado en esto, y en la experiencia de los EE. UU., ISED considera que 200 MHz de espectro para SFS en la banda de 4,0-4,2 GHz sería suficiente para que los operadores actuales continúen proporcionando servicios en Canadá (ISED, 2020).

Ahora, en el caso de América Latina, Brasil ha señalado la importancia que tendrá la liberación de una buena cantidad de espectro en la banda de 3,5 GHz para el futuro de las IMT. En este sentido, el regulador ANATEL ha buscado alternativas para el uso eficiente de la banda de 3,6 a 3,7 GHz dado que actualmente se encuentra ocupada por estaciones terrenas del SFS que funcionan en la banda C extendida. En este sentido, en diciembre de 2019, los operadores y la industria satelital publicaron una posición consensuada afirmando que la mejor alternativa para permitir la coexistencia de 5G con servicios satelitales sería a través de procesos de mitigación de interferencia como, por ejemplo, la separación geográfica, el apantallamiento de estaciones terrenas o el uso de mejores filtros. Adicionalmente, el regulador busca migrar los servicios satelitales a partir de la frecuencia 3,8 GHz para liberar 100 MHz adicionales para el uso de redes privadas (GSA-How administrations can exploit its potential, 2020).

En conclusión, dada la importancia de las bandas medias para las futuras comunicaciones de banda ancha inalámbrica y dada esta tendencia en países de América hacia la reorganización del espectro en la banda C, es importante comenzar una revisión de la utilización del recurso en el rango de 3,7-4,2 GHz en Colombia, para lo cual será necesario realizar un inventario de los actuales usuarios e iniciar análisis enfocados en identificar quién está ocupando el rango, así como dónde y la cantidad de espectro del rango que se está usando realmente, para posteriormente, y después de un proceso de discusión con el sector, determinar la viabilidad del uso de esta banda, o parte de esta, para las IMT.

2.1.3. Redes de Transporte de Banda Ancha

Las redes microondas de soporte o de "backhaul" son un elemento esencial para los operadores, por lo que el *backhaul* de microondas está evolucionando para disponer de capacidades de varios gigabits en bandas de frecuencias mayores a 10 GHz, conocidas como bandas milimétricas (Ericsson, 2015).

Se conoce que para el desarrollo de 5G se necesita disponer de espectro de acceso y de espectro de soporte inalámbrico terrestre. En este sentido, el aumento

significativo en la capacidad del espectro de soporte necesario para el desarrollo de 5G, requiere soluciones que soporten anchos de banda amplios. Aunque la fibra es una alternativa de solución, no siempre está disponible en todos los lugares donde se requiere ofrecer banda ancha móvil, por lo que se espera que el 65% del mercado mundial de backhaul entre 2021 a 2027 esté conformado por enlaces inalámbricos de microondas (GSMA - ABI Research, 2021).

Así mismo, el mayor uso de espectro para soporte requerirá una evolución hacia bandas de frecuencias más altas que admitan canales más amplios. Las frecuencias de ondas milimétricas son de interés para apoyar la evolución de las redes de soporte para el desarrollo de la banda ancha móvil, en consecuencia, la industria está analizando la posibilidad de usar los rangos de frecuencia de 92-114,5 GHz (conocida como banda W) y 130-174,8 GHz (conocida como banda D) que permitirían anchos de canal superiores a 2 GHz.

Particularmente, para la banda E (70/80 GHz) se espera una tasa de crecimiento anual del 11,6% entre 2021 y 2027, y se espera que las bandas W y D comiencen a ganar posicionamiento global a partir de 2025 con alrededor de 400 mil enlaces desplegados para el 2027 (GSMA - ABI Research, 2021).

En cuanto a esta necesidad de mayores anchos de banda en espectro para redes de soporte, en Colombia ya se ha destinado la banda de 71-76 GHz, 81-86 GHz (conocida como la banda E) para el despliegue de radioenlaces punto a punto. No obstante, y de cara a planificar con el suficiente tiempo la demanda futura de capacidad de última milla y de redes de soporte "*backhaul*" que se pueda requerir con motivo del despliegue de 5G, esta entidad deberá comenzar los análisis pertinentes para definir la viabilidad técnica del uso de otras bandas de frecuencias altas del espectro, así como los mecanismos adecuados para la asignación de estas frecuencias. De igual forma, se debe realizar una revisión del ecosistema de equipos disponible en estas bandas de frecuencias.

Finalmente, otra tendencia emergente en relación con el backhaul necesario para el despliegue futuro de redes IMT, es el auto backhaul o "selfbackhaul", que consiste en una integración del espectro de acceso y el de soporte para cumplir con ambas funcionalidades.[37] Al respecto, se conoce que dada la densificación que se va a requerir para el despliegue de estaciones base IMT en bandas altas del espectro en donde se proyectan distancias entre celdas de 200 a 250 metros, se va a requerir

[37] Información basada en el reporte de Nokia "Integrated access and backhaul: Why it is essential for mmWave deployments". Disponible en: https://www.nokia.com/blog/integrated-access-and-backhaul-why-it-is-essential-for-mmwave-deployments/

backhaul inalámbrico, ya que la fibra muy difícilmente va a ser una opción técnica y económicamente viable para soportar el despliegue y conexión de las radiobases. En tal sentido, está tomando fuerza la opción de compartir los canales de espectro usados para la conexión de los dispositivos móviles con los canales de conexión de las estaciones bases, lo que facilita a los operadores reducir los costos de los equipos al tiempo que reducen la dependencia de la disponibilidad de backhaul[38]

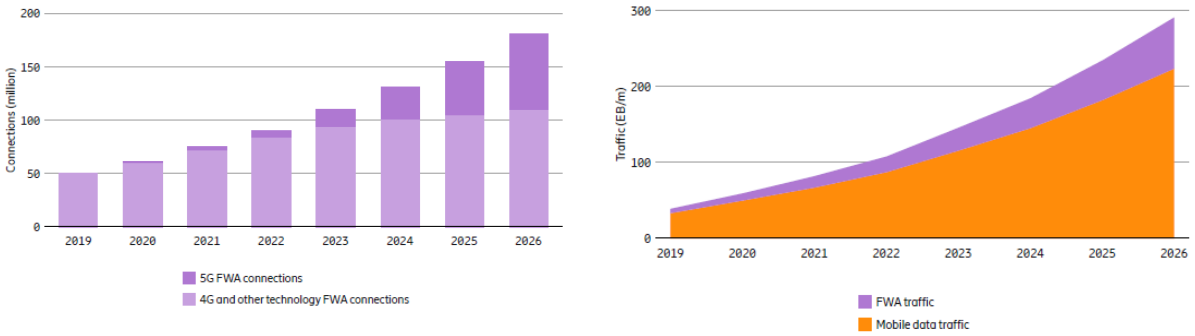
Ante esta nueva tendencia en el uso del espectro IMT para los enlaces de conexión de las radiobases, es importante desde el punto de vista legal, revisar las condiciones establecidas en los permisos de uso del espectro para identificar las barreras que limitarían el uso futuro de este tipo de tecnologías que aprovechan el uso del espectro radioeléctrico, con el fin de tomar las acciones necesarias sobre los próximos procesos de asignación.

2.1.4. Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) en bandas IMT

De acuerdo con el fabricante Ericsson (Ericsson, 2020), la pandemia de COVID-19 trajo como consecuencia que la digitalización se esté acelerando, incrementando con ello la importancia y necesidad de un sistema rápido y fiable de conectividad de banda ancha para los hogares. En este sentido, los proveedores de servicios que ofrecen Acceso Fijo Inalámbrico (FWA[39], por sus siglas en inglés) en el mundo están aumentando y, en consecuencia, se prevé que las conexiones de FWA crezcan en un alto porcentaje en el futuro, y alcancen alrededor de 180 millones para finales de 2026, lo que representaría alrededor del 25 por ciento del tráfico total de datos que se cursaría por las redes móviles a nivel mundial. Las imágenes de **Ilustración 4** muestran este comportamiento.

[38] Idem
[39] Según Ericsson el FWA se define una conexión que proporciona acceso primario de banda ancha a equipos locales en las instalaciones del cliente (CPE, por sus siglas en inglés), a través de una red móvil inalámbrica de área amplia. Esto incluye varios tipos de CPE, de uso en interiores (tipo escritorio o ventana), o en exteriores (tipo azoteas o montados en la pared).

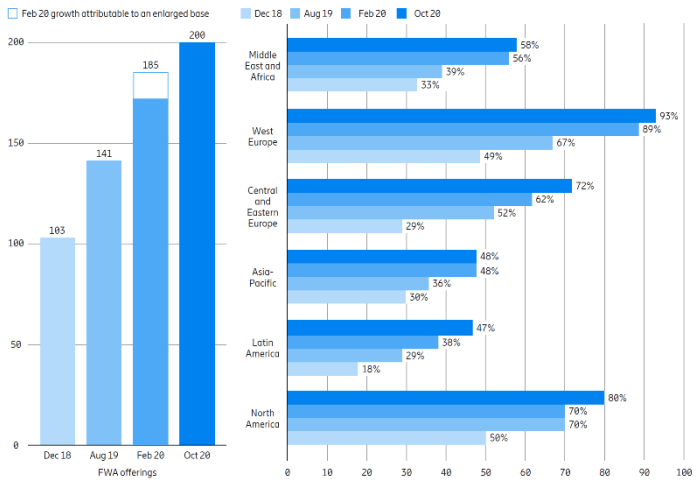
Ilustración 4. a) Pronóstico de conexiones FWA segregado por tecnología, b) Pronóstico de tráfico de datos segregado por usuarios móviles y FWA



Fuente: Ericsson Report Mobility de 2020

Particularmente, en octubre de 2020, Ericsson actualizó sus reportes, encontrando que los proveedores de redes y servicios de FWA han venido aumentando desde las primeras mediciones realizadas en diciembre de 2018, donde específicamente en América Latina crecieron alrededor de 29 puntos porcentuales durante dicho período tal y como se muestra en la **Ilustración 5**. (Ericsson, 2020)

Ilustración 5. Porcentaje de crecimiento de proveedores de servicios FWA por región.



Fuente: Ericsson Report Mobility de 2020

Acorde con Ericsson, además de la necesidad impulsada por la pandemia, hay tres factores principales que están impulsando el crecimiento de FWA. Primero, la demanda creciente de conectividad de banda ancha por parte de consumidores y empresas, segundo, el servicio FWA ofrecido sobre redes 4G o 5G es considerado

cada vez más como una alternativa rentable de acceso a banda ancha sobre todo en áreas con disponibilidad limitada de servicios fijos, como DSL, cable o fibra, y, en tercer lugar, los gobiernos están impulsando la conectividad de banda ancha a través de programas y subsidios ya que lo consideran vital para los esfuerzos de digitalización y crecimiento económico.

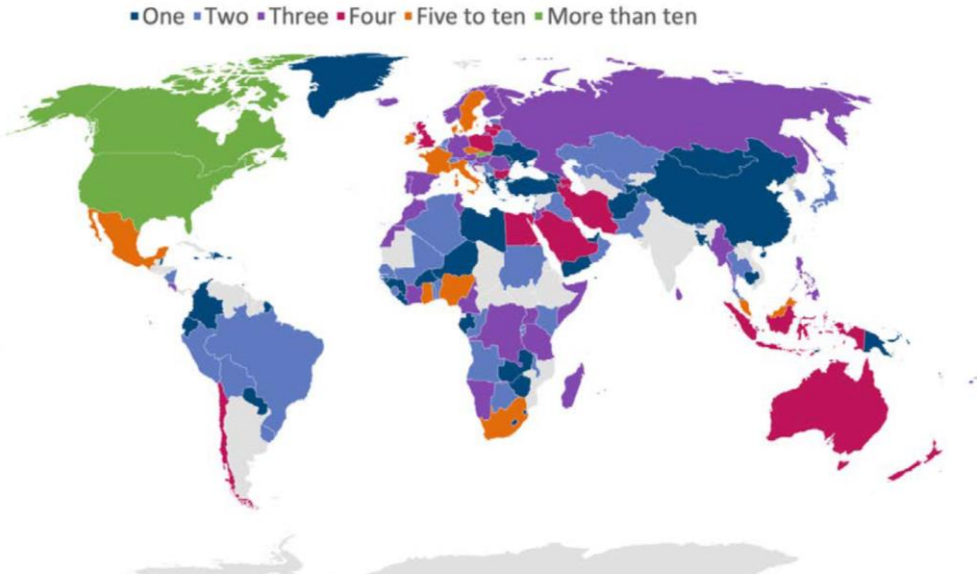
Ericsson estima que en el mundo hay aproximadamente 2 mil millones de hogares, y que para finales del 2026, aproximadamente 1500 millones de estos (alrededor del 70 por ciento) tendrán conexiones fijas de banda ancha, donde para ese entonces se calcula que FWA representará el 12 por ciento de estas. Adicionalmente, Ericsson menciona que FWA también es visto como una opción de reemplazo de alrededor de 300 millones de conexiones DSL existentes, y que los casos de uso de FWA se han venido reforzando con el uso de las bandas milimétricas. (Ericsson, 2020)

Por otra parte, una investigación realizada por la Asociación mundial de proveedores del sector móvil-GSA (GSA, 2020) evidencia que a medida que la tecnología avanza, los proveedores han comenzado a recurrir a las redes móviles para ofrecer servicios de banda ancha residenciales y comerciales. Actualmente, estos proveedores, están usando redes LTE, LTE-Advanced y 5G para brindar servicios en ubicaciones donde la infraestructura alámbrica no está presente, o como una alternativa o complemento a la banda ancha fija en ciudades principales.

De los datos recolectados por GSA, se tiene cuenta de al menos 429 operadores en 167 países/territorios del mundo (lo que equivale a más de la mitad de los operadores con redes comerciales LTE o 5G) ofreciendo servicios de banda ancha FWA basados en tecnologías móviles 3GPP como 4G LTE (Long Term Evolution) o 5G NR (New Radio).

Ahora bien, algunos países/territorios tienen operadores regionales, así como operadores nacionales. Por ejemplo, Estados Unidos tiene un total de 38 operadores que brindan servicios regionales o nacionales basados en LTE, seguidos de Eslovaquia y Canadá, los cuales tienen numerosos proveedores regionales. Este comportamiento se observa en la **Ilustración 6**

Ilustración 6. Países identificados con proveedores de servicios FWA mediante tecnologías LTE o 5G



Fuente: Fixed Wireless Access-Global Status update. GSA

La Asociación GSA, a través de su estudio sobre el potencial económico y mejores prácticas del Acceso Fijo Inalámbrico (GSA, 2018), manifiesta que la implementación de FWA podría ser atractiva para operadores fijos no establecidos que probablemente carecen de infraestructura cableada. De hecho, se resalta que, dado que el costo de cubrir la última milla con conectividad inalámbrica puede ser significativamente menor que con la fibra óptica y, que esta ofrece un rendimiento comparable, FWA abre nuevas oportunidades para nuevos participantes en el mercado de la banda ancha inalámbrica.

Con respecto a asuntos relacionados con el espectro radioeléctrico, la GSA manifiesta que técnicamente no existen limitaciones en cuanto a las bandas que se pueden utilizar para implementar FWA, de hecho, informa esta asociación que, en términos generales, los operadores prefieren las bandas de 800 MHz, 1,8 GHz y 2,1GHz para áreas rurales y suburbanas, mientras que usan 2,3 GHz y 2,6 GHz para áreas urbanas, ambas opciones en el caso de las implementaciones sobre redes LTE. Ahora bien, se podría aplicar la misma estrategia para FWA; sin embargo, debido a la posibilidad de usar anchos de banda más grandes, es factible considerar frecuencias más altas, como las del rango de 3,5 GHz o 26 GHz. El informe de la GSA menciona que la mayoría de las implementaciones de FWA existentes utilizan

bandas de frecuencia media y alta, pero cuando la demanda de banda ancha móvil es baja, es posible implementar FWA también en los rangos de frecuencia baja y media sin afectar negativamente la experiencia de los usuarios móviles. (GSA, 2018)

Ahora, si bien el espectro por debajo de 6 GHz proporciona una cobertura mucho mejor que el de las ondas milimétricas, su disponibilidad limitada y anchos de banda relativamente estrechos ha llevado a muchos operadores a implementar FWA en bandas milimétricas, donde técnicas como MIMO masivo y Beamforming se pueden emplear más fácilmente. La principal preocupación con las bandas milimétricas es la pérdida de penetración en los edificios y el alcance máximo que pueden lograr las estaciones base.

En cuanto a la tecnología, la elección entre LTE y 5G depende en gran medida de la estrategia del operador y la disponibilidad de espectro. Los enlaces de alta velocidad a una distancia relativamente corta se realizan de manera óptima usando 5G en un espectro de ondas milimétricas (LTE no está diseñado para funcionar a frecuencias superiores a 6 GHz), mientras que LTE podría usarse de manera efectiva en frecuencias de rango medio en largas distancias, aunque esta tecnología proporciona un rendimiento más bajo. También GSA señala que es importante lograr el equilibrio adecuado entre la calidad y la economía del espectro. En la era de 5G, donde la capacidad es extremadamente alta, los expertos recomiendan adoptar un espectro compartido para FWA y cobertura móvil. Sin embargo, en el caso de que la calidad sea importante, los operadores pueden optar por adoptar un espectro dedicado para FWA, ya que los beneficios de la diversidad espacial no se pueden aprovechar al máximo cuando se comparte con usuarios celulares. (GSA, 2018)

En el caso específico de experiencias internacionales, según GSMA, los operadores podrían no estar solos en esta carrera por ganar el valioso espectro 5G para FWA. Nuevos participantes han competido y ganado espectro para servicios 3G y 4G FWA en el pasado, por ejemplo, se menciona que UK Broadband ganó alrededor de 120 MHz de espectro de 3,5 GHz en las subastas de 4G del Reino Unido de 2013, mientras que participantes, como Smile, Surfline y Afrimax, han sido asignatarios de grandes cantidades de espectro por debajo de 1GHz en mercados de África (GSMA, 2019).

Canadá es uno de los países que considera que las implementaciones iniciales de 5G parecen estar enfocadas en expansiones de capacidad para redes 4G actuales y de acceso fijo inalámbrico en el espectro de banda media. En este sentido,

Canadá se encuentra revisando opciones de reorganización de la banda de 3,8 GHz (3,65-3,98 GHz), para permitir un uso flexible de la banda para servicios inalámbricos de banda ancha. El regulador señala que a través de esta reorganización de la banda no solo se admitirán servicios móviles como teléfonos inteligentes y dispositivos conectados, sino que también dará cabida a servicios fijos inalámbricos. Adicionalmente, señala que promover el acceso al espectro para servicios inalámbricos móviles y fijos permitirá a los proveedores de servicios de telecomunicaciones y proveedores de servicios de Internet inalámbricos (WISP) aumentar la capacidad de su red para satisfacer las demandas de tráfico de datos que se espera con las aplicaciones 5G y mejorar los servicios en áreas urbanas y rurales de Canadá. (ISED-Departamento del gobierno de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico, 2020)

Por su parte, el regulador del Reino Unido, OFCOM, abrió el rango de 3,8-4,2 MHz para nuevos usuarios de banda ancha inalámbrica a través de un acuerdo de licencia local compartida. Los usuarios solicitan acceso coordinado al regulador para evitar interferencias y este les emite licencias de baja potencia para áreas pequeñas o licencias de potencia media para áreas rurales para casos de uso como acceso fijo inalámbrico, entre otros usos. (OFCOM, 2019)

En el caso de Alemania, la Agencia Federal de Redes (BNetzA) de Alemania, publicó en diciembre de 2020 la normatividad necesaria para la asignación de espectro en el rango comprendido entre 24,25–27,5 GHz para redes locales y aplicaciones de acceso fijo inalámbrico (FWA) de última milla en las zonas rurales.[40]

Específicamente, para la banda de 26 GHz, en agosto de 2020, ACMA publicó una consulta para fragmentar el uso de la banda de 26 GHz de la siguiente forma: *I*) el rango de 24,7 a 27,5 GHz para banda ancha inalámbrica, *II*) el rango de 27,5 a 29,5 GHz para banda ancha inalámbrica y el servicio fijo por satélite, *III*) el rango de 29,5 a 30 GHz para el servicio fijo por satélite. ACMA prevé que esta fragmentación de la banda de 26 GHz apoyará casos de uso de redes locales, como el acceso fijo inalámbrico FWA (GSA, 2021).

En el caso de México, cabe destacar que el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) autorizó en 2019 un *reframing* del espectro ya asignado a dos de los principales operadores de servicios de telecomunicaciones en la banda de 3,5 GHz para el

[40] Agencia Federal de Redes de Electricidad, Gas, Telecomunicaciones, Correos y Ferrocarriles de Alemania, disponible en: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html

desarrollo de sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico FWA, esto al menos hasta que IFT autorice el desarrollo de tecnologías IMT, habilitando así el desarrollo de este mercado en dicha banda de frecuencias.[41]

Ahora, en Colombia, la ANE en su función de monitorear el uso y comportamiento del espectro, así como el de atender y responder a los intereses y necesidades de los usuarios, llevó a cabo una consulta pública en el 2018 para actualizar el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) y agregar la atribución del servicio fijo en las bandas de frecuencias de 824 MHz a 849 MHz, 869 MHz a 890 MHz, 890 MHz a 894 MHz, 896 MHz a 897,125 MHz, 1890 MHz a 1910 MHz, 1930 MHz a 1970 MHz, 1970 MHz a 1980 MHz, 1980 MHz a 1990 MHz, 2110 MHz a 2120 MHz y 2120 MHz a 2160 MHz. Esta modificación, fundamentada en la armonización de la atribución con respecto al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), concluyó con la expedición de la Resolución 361 de 2018 de la ANE, compilada en la Resolución 105 de 2020. Mediante esta modificación normativa, la ANE tuvo como propósito permitir la utilización de sistemas IMT para la banda ancha fija inalámbrica en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo a título primario, dados los casos de uso y disponibilidad de equipos en el mercado. Otras frecuencias como las de 3,4-3,7 GHz, 24,25-27,5 GHz y 37-43,5 GHz (identificadas para la futura operación de las IMT en Colombia) actualmente están atribuidas tanto para el servicio fijo como para el servicio móvil a título primario.

Es importante mencionar que en Colombia existen empresas comerciales que actualmente ofrecen servicios de conectividad de banda ancha inalámbrica a través de sistemas fijos punto-multipunto (P-MP) en bandas como la de 38 GHz. No obstante, de acuerdo con la disponibilidad de equipos, existe el interés de algunos proveedores en utilizar otras bandas del espectro para ofrecer este tipo de servicios como, por ejemplo, la banda de 10 GHz, banda que se encuentra en estudio a nivel de América para ser identificada para las IMT en la CMR-23.

En este sentido, y de cara a este nuevo caso de uso que se está dando con el desarrollo y despliegue de redes IMT, es pertinente en Colombia iniciar análisis que permitan, por una parte, identificar a través de consultas públicas si existe interés de nuevos actores para desplegar el mercado fijo inalámbrico de banda ancha en Colombia (ya sea a nivel regional o nacional) en algunas porciones de las bandas medias y altas identificadas (o por identificar) para el futuro despliegue de las IMT, y por otra, identificar los segmentos de frecuencia en los cuales se podría habilitar el

[41] Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Disponible en: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdoliga/vppift180919464.pdf

despliegue de este tipo de redes, así como los mecanismos de asignación adecuados para permitir el acceso de estos nuevos entrantes.

2.1.5. Redes Locales en bandas IMT

En los últimos años han tenido aceptación en el mundo las redes privadas o redes dedicadas pequeñas, localizadas e independientes para usuarios especializados y específicos, ya que, mediante este tipo de redes, las empresas tienen la opción de tener un control total de la red, permitiendo obtener datos de alta velocidad, confiables, seguros y sin interrupciones (CINTEL, 2020).

Países como el Reino Unido han reconocido el creciente interés en el uso de la tecnología móvil para cumplir con los requisitos de conectividad inalámbrica local en una variedad de sectores como manufactura, minería y agricultura. Así mismo, este país ha reconocido que disponer de espectro localizado para satisfacer la demanda industrial va en línea con los deberes de promover la innovación y proporcionar soluciones de conectividad para el despliegue de redes privadas en varios sectores productivos (OFCOM, 2019).

Ahora, se han generado diversas opiniones en el mundo en torno al despliegue de redes móviles privadas, por ejemplo, la GSMA ha mencionado que el reservar a nivel nacional espectro para las industrias verticales en bandas 5G prioritarias es una amenaza para el éxito de las 5G, debido a que estas reservas pueden limitar la asignación de bloques contiguos suficientemente grandes para permitir que los operadores móviles presten servicios 5G más rápidos, así como impedir el acceso equitativo al espectro al privilegiar el acceso de ciertos usuarios que no participan en asignaciones competitivas. (GSMA , 2019)

Sin embargo, debido a la amplia gama de empresas del mercado que participa activamente en el desarrollo y la entrega de soluciones para redes móviles privadas, y dada la relevancia que se ha generado en torno a esta temática por su aporte a la digitalización de la industria (Industria 4.0), la GSA afirma que la demanda de redes móviles privadas basadas en tecnología LTE, con posibilidades de actualización a 5G, es impulsada por los crecientes requisitos de datos, seguridad, digitalización y movilidad de las empresas, y se espera una evolución significativa del mercado en los próximos años.

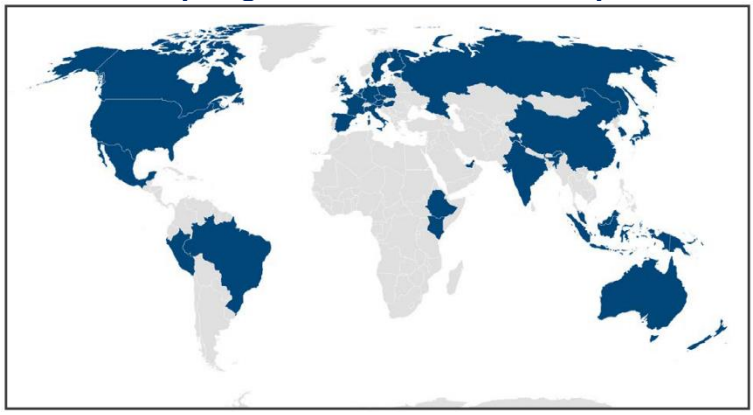
Menciona la GSA en su informe ejecutivo de redes móviles privadas (GSA, 2021) que dado el crecimiento de la demanda de redes para soportar casos de uso como IoT,

ciudades inteligentes, misión crítica, gobierno y aplicaciones de la industria 4.0, reguladores de algunos países han decidido o están explorando la posibilidad de reservar mucho más espectro para redes privadas, ya sea bajo un esquema de uso compartido o dedicado del espectro.

Así mismo, afirma esta asociación a través de su informe ejecutivo que existe un fuerte potencial de empresas que actualmente operan redes privadas basadas en tecnologías de banda angosta como TETRA, P25 y DMR, y que ahora estas mismas están demandando servicios de misión crítica de banda ancha que simplemente no están disponibles en tecnologías alternativas, y en consecuencia ven en las redes móviles privadas, basadas en LTE y 5G, un potencial para reemplazar gran parte de este mercado.

GSA ha podido identificar al menos 263 despliegues de redes móviles privadas alrededor del mundo, tal y como lo muestra la **Ilustración 7**

Ilustración 7. Países con despliegues de redes móviles privadas a enero de 2021.



Fuente: GSA. Private Mobile Networks: Executive Summary

Específicamente, Alemania fue el primer país que reservó una parte de la banda 3,4–3,8 GHz (100 MHz entre el rango de 3,7-3,8 GHz) para su uso por parte de verticales de industria. Ahora, países como Eslovenia, Bélgica y Suecia también están considerando utilizar una parte de la banda de 3,4–3,8 GHz para este tipo de redes. Por su parte, Alemania, Finlandia y el Reino Unido también planean emitir licencias locales en la banda de 26 GHz[42].

[42] Información suministrada por Cullen International. https://www.cullen-international.com/client/site/documents/CTSPEU20200030

En efecto, el regulador OFCOM del Reino Unido, a través de su informe "*Enabling wireless innovation through local licensing*" (OFCOM, 2019), dispuso de las bandas de: 3,8-4,2 GHz, 1781,7-1785/1876,7-1880 MHz y 2390-2400 MHz para redes locales, y dentro de esta opción se suma la designación de la banda de 24,25-26,5 GHz para uso en interiores únicamente. Se resalta en el informe de OFCOM que el acceso al espectro en las bandas mencionadas anteriormente podría permitir el despliegue de redes privadas para diversos usos que van desde la automatización inalámbrica de baja latencia, la robótica, el Internet de las Cosas industrial y la conectividad de banda ancha inalámbrica rural mediante el acceso fijo inalámbrico.

En el caso de América Latina, ANATEL de Brasil espera que se identifique el rango 3,7-3,8 GHz para servicios IMT y, debido al interés de la industria, se espera utilizar esta porción de espectro para el despliegue de redes privadas, siempre que no causen interferencias perjudiciales al Servicio Fijo por Satélite. Al respecto, mecanismos de coexistencia están siendo evaluados (GSMA Latinoamérica, 2020).

De igual forma, en la actualidad ANATEL ha destinado otros rangos de frecuencia para la implementación de redes privadas de banda ancha conocidas en Brasil como parte del "Servicio Limitado Privado -SLP", las cuales se relacionan a continuación[43]:

1. Banda de 250 MHz (225-235MHz / 260-270MHz) donde utiliza 2 portadoras de 5 + 5 MHz. ANATEL indica que, a pesar de no ser una banda 3GPP, esta banda cuenta con un número considerable de equipos LTE que operan en dicho rango.
2. Banda de 2,3 GHz conocida como banda 40 de la 3GPP, en el cual fue asignado parte de su rango de frecuencias (2390-2400 MHz) para la implementación del SLP.
3. Banda de 2485-2495 MHz conocida como banda 53 del 3GPP. Estos 10 MHz están configurados en modo TDD. Actualmente, se encuentra en consulta pública los requisitos técnicos para el uso de esta banda.
4. Parte del rango de la banda de 26 GHz (27,5 a 27,9 GHz) fue destinado para uso preferencial por parte del SLP. Para estos 400 MHz, el área técnica de ANATEL realizó los estudios necesarios y próximamente publicará un documento de consulta pública con los requisitos técnicos analizados.

[43] Presentación realizada por ANATEL, Futuras Demandas de Espectro. Disponible en: https://www.telesintese.com.br/wp-content/uploads/2020/09/080920-PainelTelebrasil2020vCaram_compressed.pdf

Ahora, ANATEL se encuentra en proceso de estudio de otras bandas para la implementación de redes privadas de banda ancha, como son[44]:

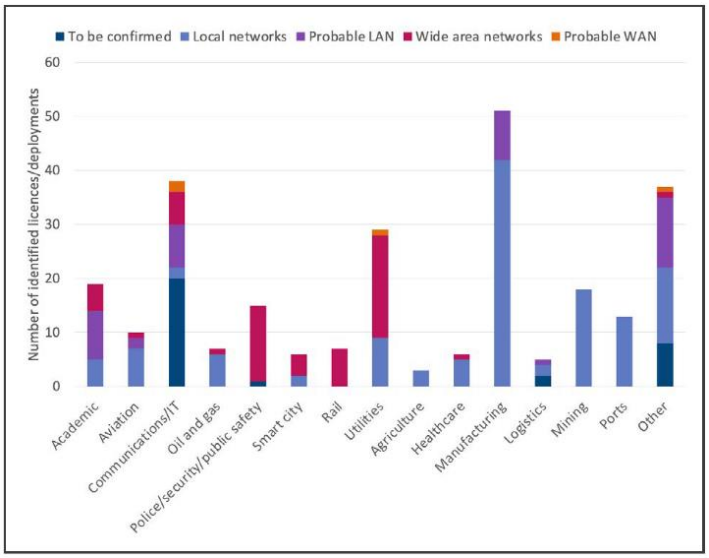
1. Banda de 410-415 MHz/ 420-425 MHz
2. Parte de la banda L de 1487-1517 MHz conocida como bandas 50 y 51 del 3GPP.
3. Banda de 4,8 GHz conocida como Banda 3GPP n79, para la cual se estima dejar una parte preferencial para SLP.

Ahora bien, en noviembre de 2019, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile aprobó la Resolución 2400[45], que designa el espectro de 3750 MHz a 3800 MHz para redes privadas 5G. Se establece en esta resolución que la operación de estas redes se efectuará en modo de duplexación por división de tiempo (TDD) y los respectivos permisos serán asignados mediante concursos públicos y podrá abarcar la superficie de una o más comunas del territorio nacional por medio de una contraprestación económica.

Finalmente, con respecto al área de cobertura de las redes privadas, GSA informa que las implementaciones de redes privadas tipo local (LAN) superan en número a las implementaciones de área amplia (WAN), y es de esperarse que esta disparidad continúe ya que hay muchos más usuarios locales potenciales que regionales o nacionales. De hecho, los reportes indican que la industria manufacturera es uno de los sectores líderes en la implementación de redes privadas de área local (LAN) con un total de 51 empresas identificadas, donde el sector automotriz lidera estos despliegues, le siguen el sector minero, organizaciones académicas y puertos. Mientras tanto, los datos sugieren que los servicios públicos (*utilities*), la seguridad pública y el sector transporte (específicamente los trenes) son los más grandes usuarios de redes móviles privadas de área amplia (WAN), tal como lo muestra la **Ilustración 8**. (GSA, 2021)

[44] Idem.
[45] Ministerio De Transportes y Telecomunicaciones de Chile. Resolución 2400 "Norma técnica que fija el uso de la banda de frecuencias 3.750 - 3.800 MHz para la instalación, operación y/o explotación de servicios limitados de telecomunicaciones que utilicen redes inalámbricas con tecnología de quinta generación (5G)". Disponible en el siguiente enlace: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1139171

Ilustración 8. Cantidad de redes privadas móviles identificadas, clasificadas por sector económico.



Fuente: GSA. Private Mobile Networks: Executive Summary

Algunos sectores económicos del mundo requieren conectividad altamente localizada, por ejemplo, células pequeñas para una fábrica, mientras que otros necesitarán conectividad a escala nacional, por ejemplo, una macro red amplia para admitir sensores para las compañías de servicios públicos. Cada uno de estos ejemplos necesita espectro y recursos de red diferentes. Los servicios de latencia ultra baja y los servicios de banda ancha de alta velocidad necesitan distintas bandas de espectro, por ejemplo, los servicios localizados de alta capacidad van mejor con bandas que puedan disponer de mayores anchos de banda (es decir, por encima de 1 GHz), mientras que los servicios a nivel nacional se benefician más con las bandas de buena cobertura (es decir, por debajo de 1 GHz) (GSMA, 2021).

Como resultado de lo descrito en este apartado, es necesario subrayar que, en Colombia, la única banda que se ha destinado para este tipo de redes corresponde al rango de 380-400 MHz. No obstante, esta porción de espectro no ha sido reconocida por el organismo 3GPP como una banda estandarizada para tecnologías como LTE o 5G. Sin embargo, debido a que se evidenció una oferta de equipos LTE y como respuesta a la necesidad manifestada por algunos usuarios del espectro interesados en implementar redes privadas de comunicaciones móviles de banda ancha en esta banda de frecuencias, se dispuso en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) de un plan de banda que consiste en un rango continuo desde 380 hasta 398 MHz en donde se permite el uso de

portadoras de 3, 5 y 10 MHz para tecnologías de comunicaciones móviles de banda ancha en configuración de multiplexación por división de tiempo (TDD).

Ahora, durante los talleres virtuales llevados a cabo por la ANE en el 2020 en conjunto con el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CINTEL)[46], los sectores económicos mencionaron la necesidad de disponer de espectro para redes privadas de banda ancha en bandas de frecuencias estandarizadas por la 3GPP[47], lo anterior sustentado en tres aspectos:

1. Deficiencias en materia de cobertura en zonas rurales y suburbanas de la geografía colombiana que actualmente tienen los operadores móviles.
2. Los requerimientos técnicos que se necesitarán en el futuro para el despliegue de aplicaciones y servicios críticos de comunicaciones en tiempo real, como lo son el monitoreo, control remoto, comunicaciones de emergencia, etc., que demandan una alta disponibilidad y confiabilidad de la red pueden llevar a que la provisión de servicios por parte de los operadores móviles no sea viable.
3. Desarrollo y ecosistema de equipos sobre estándares 3GPP.

Dada esta necesidad manifestada, esta entidad ha venido estudiando en los últimos años diferentes bandas del espectro alineadas con la 3GPP, por ejemplo, las bandas de 450 MHz, 1400 MHz y 1800 MHz, cuyos resultados se resumen a continuación:

1. **Banda de 450 MHz:** Los resultados mostraron que esta banda de frecuencias es altamente usada por los sistemas convencionales de radio móvil terrestre, lo cual dificulta la implementación de sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha en esta porción de espectro ya que el plan de banda usado no contempla una banda de guarda entre ambos sistemas. Adicionalmente, para evaluar la posibilidad de implementar sistemas locales privados de comunicaciones móviles de banda ancha en un futuro en la banda de frecuencias de 450 MHz, es necesario continuar monitoreando la ocupación

[46] Entregable No. 4 "Documento de caracterización del grupo de interés de usuarios del espectro radioeléctrico". Contrato Interadministrativo No. 145-2020 de la ANE.
[47] Los sectores económicos enfatizaron en la importancia de que el espectro que se identifique para las redes localizadas sea alineado con los estándares del 3GPP. Resaltaron que, las redes privadas de misión crítica usan tecnologías 4.9G/LTE y 5G, por lo que necesitan espectro donde se hagan desarrollos sobre estos estándares. Mencionan los sectores que: "identificar", como se identificó la banda de 380-400 MHz no sirve para este propósito hasta tanto el 3GPP no se aboque a su consideración. En este caso, dado que ese espectro no se encuentra dentro de las frecuencias del 3GPP, solo se pueden utilizar tecnologías propietarias sin economías de escala, haciéndolo todo mucho más precario. Es por eso que recomendamos, muy enfáticamente, la consideración e identificación de espectro que permitan la utilización de los estándares del 3GPP. De esta forma, estamos frente a un ecosistema abierto, que tiene interoperabilidad y que da seguridad."

de la banda y realizar estudios de convivencia más específicos que delimiten la señal de estos sistemas y minimicen la posibilidad de interferencias con los sistemas existentes.[48]

2. **Banda de 1400 MHz (1427-1518 MHz):** Durante el año 2020, la ANE adelantó un estudio cuyo objetivo era evaluar la posibilidad de implementar sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en el rango de frecuencias comprendido entre 1427-1518 MHz, los resultados obtenidos fueron consignados en el documento denominado "*Estudio del Espectro en la Banda de Frecuencias de 1400 MHz*"[49]. Dentro de las conclusiones del estudio se indica que podrían implementarse los sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en el rango de frecuencias 1447-1492MHz. Respecto al plan de distribución de frecuencias, el estudio sugiere una configuración TDD para el rango 1447-1492 MHz logrando una armonización total con la banda 45, y parcial con las bandas 50 y n50 del 3GPP, lo cual resulta importante para el funcionamiento de tecnologías de comunicaciones móviles de banda ancha tanto de cuarta como de quinta generación, ya que promueve el desarrollo de nuevos equipos de radiocomunicaciones en esta porción de espectro. El estudio aún se encuentra en discusión y por lo tanto no se ha expedido una normativa al respecto.

3. **Banda de frecuencias 1785 – 1805 MHz:** La ANE desarrolló durante el año 2020, un estudio similar al de la banda de 1400 MHz, para determinar la viabilidad de implementar sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en el rango de frecuencias comprendido entre 1785-1805 MHz. Los análisis y conclusiones fueron publicados a consulta pública mediante el documento denominado "*Estudio del Espectro en la Banda de Frecuencias de 1785 – 1805 MHz*"[50]. Dentro de las conclusiones más relevantes se encuentra que, actualmente existe un permiso móvil aeronáutico de operación nacional en el rango de frecuencias comprendido entre 1801-1819 MHz que imposibilita la implementación de este tipo de sistemas de comunicación en el rango inicialmente planteado, sin embargo, se sugiere como alternativa emplear el rango de frecuencias de 1785-1801 MHz y se recomienda realizar un estudio de convivencia entre los futuros sistemas locales de comunicaciones móviles

[48] Documento disponible en la página web de la ANE a través del siguiente enlace: https://www.ane.gov.co/SitePages/det-noticias.aspx?p=218
[49] Documento disponible en la página web de la ANE a través del siguiente enlace: http://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Estudio_1400_MHz.pdf
[50] Documento disponible en la página web de la ANE a través del siguiente enlace: https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Estudio_1800_MHz.pdf

de banda ancha a desarrollar y el sistema móvil aéreo antes mencionado, así como con los futuros sistemas móviles IMT de la banda AWS Extendida, con el fin de determinar posibles casos de interferencias que pudieren generarse.

Así mismo, es necesario resaltar el interés que ha manifestado el gremio de servicios públicos domiciliarios en acceder al espectro tanto en la modalidad de uso exclusivo como de uso libre del espectro y en diferentes bandas de frecuencias para desarrollar todas las funcionalidades requeridas, tal y como lo han mencionado en diversos espacios y en comunicaciones oficiales a la entidad, donde se resalta, entre otros, que esta medida puede propiciar la integración de redes de telecomunicaciones a la infraestructura eléctrica, así como fomentar el proceso de transformación energética cuyo rumbo ha trazado el Gobierno Nacional en el Plan Estratégico 2020-2050, y en el cual se busca conectar al menos 9 millones de usuarios al sistema de medición inteligente para alcanzar la meta fijada para el año 2030.[51]

En cuanto al valor del espectro para este tipo de soluciones, cabe mencionar que el Mintic publicó en abril de 2021 una propuesta de actualización de la Resolución 290 de 2010, a través de la cual se establece la fórmula para calcular el valor anual de la contraprestación económica (VAC) a pagar por el uso de frecuencias radioeléctricas considerando la modificación de los parámetros de valoración para el cálculo de las contraprestaciones por el uso del espectro para sistemas de cubrimiento y/o punto multipunto[52], a través de la cual se busca; *I*) Promover un uso más eficiente del espectro radioeléctrico destinado para el desarrollo de sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto a través de un esquema de valoración homogéneo y que permita mayor disponibilidad de las frecuencias, *II*) Impulsar el desarrollo de soluciones enfocadas a la conectividad de banda ancha en redes privadas, y *III*) Definir un VAC mínimo que permita cubrir los costos incurridos por la administración (Mintic/ANE) para gestionar el espectro.

Por tanto, mediante esta propuesta de actualización normativa se contempla la utilización del espectro por parte de diferentes soluciones de redes de acceso privado de banda ancha inalámbrica desde el punto de vista de la contraprestación económica, que bajo la norma vigente no están siendo consideradas.

[51] Información extraída de los comentarios realizados por Empresas Públicas de Medellín (EPM) al documento de Análisis de Impacto Normativo "espectro de uso libre para sistemas de medición inteligente-junio de 2021" y al proyecto de Resolución "Por medio de la cual se modifica la Resolución 105 de 2020 y se actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias

[52] Mas información disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/162446:MINTIC-amplia-plazo-de-comentarios-del-Proyecto-de-Resolucion-para-el-uso-mas-eficiente-del-espectro-radioelectrico

Adicionalmente, Colombia en los últimos años ha venido adelantando diferentes estudios técnicos con el fin de identificar espectro para la implementación de redes locales de banda ancha, sin embargo, como se pudo observar en los casos de uso internacional, se requiere adelantar un estudio técnico, económico, social y normativo para la implementación de redes locales de banda ancha que considere de manera integral el análisis de algunas bandas de frecuencias adicionales (en diferentes rangos del espectro: bandas bajas, medias y altas) que se han mostrado como tendencia mundial, permitiendo lograr economías de escala y atender las futuras necesidades de los distintos sectores económicos del país.

Así mismo, este estudio integral deberá considerar aspectos como; análisis de costo-beneficio, la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso y uso del espectro más adecuados para los potenciales usuarios (p.ej. reservas exclusivas, accesos compartidos o de uso libre); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales), el establecimiento de los parámetros técnicos de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.

2.1.6. 5G Broadcast

Debido a la evolución de las tecnologías móviles, los operadores de televisión en el mundo están afrontando un entorno de medios que cambia rápidamente, enfrentando la competencia de nuevos actores y hábitos de consumo de los usuarios. La mayoría de los consumidores han pasado de consumir medios a través de la televisión a utilizar un entorno totalmente móvil para consumir contenido en cualquier lugar y en cualquier momento[53]. Ante esta situación, la tecnología 5G se muestra como una oportunidad para los operadores de afrontar con éxito la transformación digital y fortalecer su posición en el mercado de la producción y distribución de contenido.[54]

Específicamente, el servicio de radiodifusión sobre 5G o "5G Broadcast" como es conocido a nivel mundial, se basa en el estándar de transmisión 3GPP denominado "Servicios de multidifusión de difusión multimedia evolucionado (FeMBMS, por sus siglas en inglés), bajo el cual se permite la distribución de contenido multimedia

[53] Información basada en el reporte de la empresa consultora Arthur D Little "Broadcasters' 5G evolvement within a hybrid environment". Disponible en: https://www.adlittle.com/en/insights/report/broadcasters%E2%80%99-5g-evolvement-within-hybrid-environment
[54] Idem

lineal[55] a través de grandes celdas de radio de hasta 60 kilómetros, y en donde un solo flujo de datos es transmitido utilizando un transmisor de alta potencia ubicado sobre una torre alta. Dada esta característica, se abre una puerta para que los dispositivos móviles que se encuentren dentro del área de cobertura puedan recibir los programas distribuidos a través de este flujo de datos.[56]Ahora, dado que la celda emite una única transmisión de la señal en lugar de establecer conexiones individuales para cada usuario, se logra una gran reducción de la congestión de la celda.[57]

Otras de las características a resaltar del estándar FeMBMS son[58]; *I*) Soporta la red existente de transmisores de torre de alta potencia utilizados para la radiodifusión terrestre, lo cual le da la facilidad a los operadores de ofrecer la cobertura requerida de una manera rentable, y *II*) El uso de un estándar de telecomunicaciones para la radiodifusión terrestre permite a los operadores adaptarse, sin grandes inversiones adicionales en infraestructura, a la tendencia del comportamiento de los usuarios que utilizan cada vez más los dispositivos móviles para el consumo de medios.

Ahora, otra característica importante del estándar es la recepción de contenido sin necesidad de conexión a Internet, lo cual es importante para los operadores que desean llegar a sus usuarios sin ninguna restricción, no obstante, para esta funcionalidad, se requiere de chips adaptados en los dispositivos móviles. [59]

A nivel mundial se conoce que esta tecnología viene evolucionando de dos formas. Por una parte, está la red dedicada de transmisión "*5G Standalone Broadcast*" (es decir, independiente de las redes celulares) a través de la cual se brinda acceso a los usuarios mediante la entrega de contenido a dispositivos fijos y móviles haciendo uso del espectro en la banda de 470 a 698 MHz.[60] En efecto, de acuerdo con el portal web de la Unión Europea de Radiodifusión[61] (EBU, por sus siglas en inglés), el espectro

[55] De acuerdo con el artículo del Diario de Sevilla, el termino televisión lineal es aquella que se consume a la hora en que se emite. Disponible en: https://www.diariodesevilla.es/opinion/articulos/TV-Lineal_0_1041496143.html
[56] Información basada en la Revista Digital de "ORS Group". Disponible en: https://www.ors.at/en/5g-broadcast/the-underlying-technology/
[57] Información basada en la Revista Digital "BBC Research and Development". Disponible en: https://www.bbc.co.uk/rd/projects/4g-5g-mobile-broadcast
[58] Información basada en el reporte de la empresa consultora Arthur D Little "Broadcasters' 5G evolvement within a hybrid environment". Disponible en: https://www.adlittle.com/en/insights/report/broadcasters%E2%80%99-5g-evolvement-within-hybrid-environment
[59] Información basada en la Revista Digital de "ORS Group". Disponible en: https://www.ors.at/en/5g-broadcast/the-underlying-technology/
[60] Información basada en la publicación de Qualcomm "Making 5G broadcast ready for prime time". Disponible en: https://www.qualcomm.com/news/ong/2021/04/30/making-5g-broadcast-ready-prime-time
[61] Unión Europea de Radiodifusión (EBU). Disponible en:https://tech.ebu.ch/news/2021/03/implementing-5g-broadcast-what-are-the-spectrum-options

UHF en la banda sub-700 MHz (470-694 MHz) es el más prometedor para el futuro despliegue de servicios de transmisión terrestre 5G. La otra forma, es mediante la multidifusión 5G de modo mixto "*5G Mixed-mode multicast*", la cual consiste en una nueva capacidad 5G de las redes móviles, ya que a través de esta se puede admitir la conmutación dinámica entre los modos "unicast" y "broadcast"[62], lo que puede mejorar la capacidad y la eficiencia del sistema.[63]Al respecto, es importante mencionar que el uso del modo "broadcast" es útil en áreas con buena cobertura de transmisión, y "unicast" en interiores y áreas de baja cobertura de transmisión, con lo cual y dada la necesidad del servicio en ambos ambientes, la tecnología esencialmente necesita la integración de los dos modos de operación para asegurar cobertura y confiabilidad. (World 5G Convention, 2020)

Así las cosas, dado este nuevo caso de uso de la tecnología 5G, y teniendo en cuenta el valor que puede llegar a ofrecer a los operadores de televisión en Colombia, es importante adelantar un estudio para revisar en detalle las condiciones técnicas de operación del estándar y la disponibilidad comercial de equipos, así como iniciar una discusión para identificar inicialmente si existe una necesidad por parte de los grupos de interés, y si se requieren cambios técnicos o regulatorios para la adopción de dicha tecnología en el país.

2.1.7. Estaciones en Plataformas a Gran Altitud como Estaciones Base de las IMT (HIBS)

En línea con la identificación de frecuencias para los nuevos componentes de las IMT, la CMR-19[64] consideró oportuno incluir dentro de los puntos a tratar en la próxima Conferencia del 2023, el de facilitar la conectividad móvil en ciertas bandas de frecuencias por debajo de 2,7 GHz mediante la utilización de estaciones en plataformas a gran altitud[65] como estaciones base de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (HIBS, por sus siglas en inglés).

[62] El término "Unicast" consiste en enviar contenido a un usuario individual en lugar de a muchos usuarios, y "Multicast" es similar a la transmisión convencional en el sentido de que envía la misma transmisión a múltiples dispositivos. Disponible en: https://www.5gradar.com/features/10-ways-5g-will-revolutionize-broadcasting

[63] Información basada en la publicación de Qualcomm "Making 5G broadcast ready for prime time". Disponible en: https://www.qualcomm.com/news/ong/2021/04/30/making-5g-broadcast-ready-prime-time

[64] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019. Resolución 247 (CMR-19). Disponible en: https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/es

[65] De acuerdo con la nota internacional 1.66A del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, una estación en una plataforma a gran altitud se define como una estación situada sobre un objeto a una altitud de 20 a 50 km y en un punto nominal, fijo y especificado con respecto a la Tierra.

De acuerdo con las Actas Finales de la CMR-19, las HIBS se utilizarían como complemento de las redes terrenales IMT, utilizando las mismas bandas de frecuencias que usan las estaciones base IMT en tierra con el objetivo de proporcionar conectividad de banda ancha móvil a las comunidades insuficientemente atendidas y a las zonas rurales y remotas donde es difícil que las estaciones base IMT terrestres las cubran a un costo razonable.[66]Dada esta situación, se proyecta que el equipo de usuario a ser servido por las HIBS sea el mismo que el de las estaciones de base IMT terrenales[67].

Ahora bien, teniendo en cuenta que las HIBS llegarían a utilizar segmentos de frecuencias que actualmente son usados por estaciones terrestres IMT en el mundo, la CMR-19 consideró importante invitar al sector UIT-R[68] a realizar y completar para la CMR-23, estudios de compartición y compatibilidad destinados a garantizar la protección de los servicios existentes y adyacentes a las bandas de frecuencias de 694-960 MHz, 1710-1885 MHz y 2500-2 690 MHz, incluidos otros usos de las IMT.

Es importante mencionar que hay varios servicios atribuidos o adyacentes a las bandas de frecuencias que se están considerando para las HIBS, con lo cual la CMR-23 buscará garantizar la protección de estos servicios en banda y en bandas adyacentes. Al respecto, y de acuerdo con el documento de puntos de vista preliminares presentado por los coordinadores del Subgrupo de Trabajo 1 (SGT1)[69] de CITEL en el marco del desarrollo de la 37 Reunión del Comité Consultivo Permanente II, los usuarios establecidos incluyen:

- Los sistemas terrestres fijos y móviles, incluidas las IMT, dentro de la banda 694-960 MHz, así como los sistemas de seguridad de la aviación que operan de acuerdo con las normas de la OACI en los servicios de radionavegación y móviles aeronáuticos (en ruta) en la banda adyacente 960-1164 MHz.
- Sistemas terrestres fijos y móviles, incluidas las IMT, además de los sistemas móviles aeronáuticos y la operación espacial (tierra-espacio) dentro de la banda de 1780-1850 MHz.
- Redes móviles terrenales, que incluyen las IMT, dentro de la banda 2500-2690 MHz, así como radares meteorológicos y de radionavegación aeronáutica

[66] Basado en la información presentada en la Revista Digital Panorama Audiovisual.com. Disponible en: https://www.panoramaaudiovisual.com/2019/11/25/cmr-2019-bandas-frecuencias-5g/
[67] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019. Resolución 247 (CMR-19). Disponible en: https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/es
[68] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Actas Finales CMR-19. Resolución 247 (CMR-19)
[69] Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL). Puntos de vista preliminares sobre el punto 1.4 del orden del día para la CMR-23. Punto del temario: 3.1 (SGT1). Documento presentado por los Coordinadores SGT1. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx

que funcionan en la banda adyacente 2700-2900 MHz, y sistemas de radioastronomía que funcionan dentro de la banda 2690-2700 MHz.

Dicho lo anterior, se menciona en el documento de CITEL que los estudios propuestos bajo el punto 1.4 del orden del día de la CMR-23 deberán centrarse en si es posible facilitar el uso de HIBS para proporcionar conectividad de banda ancha móvil a comunidades desatendidas y en zonas rurales y remotas, garantizando al mismo tiempo la protección de los servicios primarios existentes en las mismas bandas y en bandas adyacentes, sin imponer restricciones técnicas o reglamentarias adicionales en sus despliegues actuales y planificados, según la Resolución 247 (CMR-19)[70].

Ahora, de acuerdo con el informe final aprobado por la Comisión de Observaciones, infraestructura y Sistemas de Observación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)[71], el Grupo de Trabajo 5D del UIT-R es el encargado de la realización de los estudios; el Grupo de Trabajo 5B contribuye a los estudios en lo concerniente a los radares meteorológicos que operan a partir del segmento de 2700-2900 MHz; el Grupo de Trabajo 7C contribuye a los estudios en lo concerniente al SETS (pasivo) y el Grupo de Trabajo 7B contribuye a los estudios en lo concerniente al servicio MetSat que opera en el segmento de 1675-1710 MHz.

En conclusión, es necesario resaltar dos puntos importantes, el primero, el hecho de que no se está buscando identificar espectro adicional para las HIBS, ya que estas harían uso de bandas de frecuencia ya identificadas para IMT, el segundo, que la posible utilización de estaciones base IMT como plataformas a gran altitud representa para Colombia una oportunidad de proporcionar capacidades adicionales a las redes móviles existentes para expandir su cobertura especialmente a zonas desatendidas del país. No obstante, y como se expuso anteriormente, se deberán examinar y analizar los resultados de los estudios de compartición y de compatibilidad que se encuentran en curso en el grupo 5D de la UIT-R para determinar la factibilidad de su implementación en Colombia.

2.2. PANORAMA DE CONEXIONES IoT

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el Internet de las Cosas (IoT) se describe como una oportunidad fundamental de desarrollo a escala mundial

[70] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019. Resolución 247 (CMR-19). Disponible en: https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/es
[71] Informe final aprobado por la Comisión de Observaciones, infraestructura y Sistemas de Observación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Noviembre de 2020. Disponible en: https://meetings.wmo.int/INFCOM-1-III/SiteAssets/SitePages/Session%20Information/1251-INFCOM-1_es.pdf?Mobile=1

que podría mejorar las vidas de millones de personas y acelerar los avances para lograr los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas[72]. El concepto de IoT se refiere en términos generales a la interconexión de dispositivos y objetos a través de una red, bien sea privada o Internet, donde todos ellos podrían ser visibles e interaccionar. Ahora, estos objetos o dispositivos podrían ser desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como electrodomésticos, el calzado o la ropa. En resumen, cualquier cosa que se pueda imaginar podría ser conectada a internet e interaccionar sin necesidad de la intervención humana.[73]

Ahora bien, dentro de este ecosistema de conectividad IoT existen numerosas soluciones tecnológicas que pueden conectar objetos entre sí, pero en los últimos años se han venido destacando las denominadas redes LPWAN (Low Power Wide Area Network), o Redes de Área Extensa de Baja Potencia, las cuales se basan en redes inalámbricas que transmiten pequeñas cantidades de datos a grandes distancias, y su idoneidad de cara al IoT se basa precisamente en que, en este ámbito, generalmente los dispositivos y los sensores transmiten poco volumen de información, y a veces de forma no constante en el tiempo, con lo cual, las redes LPWAN pueden transportar datos entre dispositivos separados hasta por kilómetros de distancia, con una ventaja importante y es que es un protocolo basado en dispositivos de muy bajo consumo eléctrico, cuyas baterías pueden llegar a durar años[74].

A su vez, las redes LPWAN se basan en tecnologías que se soportan en dos modelos diferentes de uso del espectro. Por una parte, las que se ofrecen en espectro licenciado a través de redes celulares[75], como son Narrowband IoT (NB IoT) y Category M (LTE-M), y, por otra, aquellas que lo hacen dentro del espectro no licenciado, como son Sigfox y LoRaWAN, entre otras.

El regulador ACMA hace una observación importante en su documento de planeación de espectro al indicar que, dado que la tecnología IoT no está limitada a una tecnología ni a una frecuencia específica, en paralelo tanto la industria

[72] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Centro de Prensa. Disponible en: https://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2016/02-es.aspx
[73] Información basada en el artículo digital de Deloitte "IoT - Internet Of Things". Disponible en: https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html
[74] Información basada en la revista digital de Telos- Fundacion Telefónica "Las Tecnologías LPWAN: un internet de las cosas Low Cost". Disponible en: https://telos.fundaciontelefonica.com/la-cofa/las-tecnologias-lpwan-un-internet-de-las-cosas-low-cost/
[75] De acuerdo con la información de la revista digital Matooma Wireless Logic Group: "Las redes celulares tradicionales (GSM, GPRS, etc.), actualmente implantadas para la comunicación M2M, forman parte de esta segunda categoría. Sin embargo, para un uso que requiera la implantación de numerosos sensores capaces de transmitir una cantidad de datos muy reducida a baja velocidad, la solución de las redes celulares tradicionales estaría sobredimensionada. Es aquí donde entran en juego las redes LPWAN". Disponible en: https://www.matooma.com/es/informarse/noticias-iot-m2m/redes-lpwan

satelital como la industria de servicios móviles le están apuntando a ofrecer servicios IoT utilizando las bandas ya establecidas para cada uno de los servicios (ACMA, 2019). Las tecnologías NB-IoT y LTE-M están siendo impulsadas principalmente por los operadores móviles y grandes fabricantes de equipos.[76]

Ahora, la asociación GSMA, a través del estudio "*Enterprise in Focus*" (Intelligence, GSMA, 2020) revela que más de la mitad de las empresas consultadas, 52% en todo el mundo, consideran que el Internet de las Cosas tiene un potencial transformador para sus compañías y la industria en general. Se resalta en este estudio que, la pandemia ha puesto de relieve la importancia del crecimiento del IoT a medida que los gobiernos y las empresas adoptan tecnologías digitales para restablecer la producción económica e impulsar la resiliencia y la eficiencia en las operaciones. A escala mundial, las conexiones IoT totales estarán cerca de duplicarse y llegar a 24 mil millones de conexiones para 2025, impulsadas por una adopción más rápida de soluciones empresariales destinadas a la transformación digital. En el caso de América Latina, se cree que seguirá una trayectoria similar y alcanzará 1.200 millones de conexiones para 2025, donde las aplicaciones IoT varían considerablemente en el sector de los consumidores y el de las empresas, desde aplicaciones industriales pensadas para la minería y la manufactura hasta aplicaciones de salud para los consumidores.

La asociación GSMA enfatiza en que varios factores claves definirán el panorama del IoT en América Latina, tales como; las inversiones, la innovación en las soluciones y los dispositivos que aborden casos de uso locales como lo demuestra el ecosistema de start-ups de IoT que se expande rápidamente. Por ejemplo, en Colombia, Wayra (el centro de innovación abierta del grupo Telefónica Movistar) ha lanzado un laboratorio de IoT para emprendedores en asociación con iNNpulsa (la agencia de emprendimientos e innovación del gobierno colombiano) y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Ahora, también es importante mencionar que ciudades de toda América Latina como Buenos Aires, Santiago, Medellín y São Paulo también se encuentran adoptando iniciativas para ciudades inteligentes mediante el uso de la tecnología IoT (Intelligence, GSMA, 2020).

Particularmente, en cuanto al despliegue de IoT sobre redes celulares, de acuerdo con el "*Ericsson Mobility Report de 2020*" (Ericsson, 2020), las variantes NB-IoT y Cat-M se siguen desplegando en el mundo, pero a un ritmo ligeramente más lento en 2020 debido al impacto de la pandemia del COVID-19, donde las tecnologías 2G y

[76] Información basada en la revista digital de Telos- Fundacion Telefónica "Las Tecnologías LPWAN: un internet de las cosas Low Cost". Disponible en: https://telos.fundaciontelefonica.com/la-cofa/las-tecnologias-lpwan-un-internet-de-las-cosas-low-cost/

3G[77] todavía soportan la mayoría de las aplicaciones de IoT. No obstante, Ericsson manifiesta que para finales de 2026 se prevé que las tecnologías IoT masivas NB-IoT y Cat-M que se soportan sobre redes 4G van a representar el 45 por ciento de todas las conexiones celulares de IoT, y posteriormente se espera que estas tecnologías sigan su camino de evolución hacia 5G.

Como resultado de lo mencionado anteriormente, investigaciones realizadas por los operadores móviles han llegado a la conclusión de que es probable que se requiera espectro adicional IMT para soportar el crecimiento del Internet de las Cosas (GSMA, 2021).

En este sentido, y dado que la tendencia en el caso de soluciones de IoT sobre bandas licenciadas es hacia el uso de las mismas frecuencias establecidas para IMT, el Mintic y la ANE han adelantado estudios para identificar espectro adicional en diferentes rangos de frecuencia. En el caso de las bandas bajas, la administración se encuentra trabajando en la liberación del segmento de 614 a 698 MHz[78], así como en el estudio del segmento de 894-915/939-960 MHz para ponerlos a disposición de las IMT. Ahora, en el caso de bandas medias, actualmente se tienen identificadas las bandas de 1400 MHz, AWS Extendida, 2300 MHz y 3500 MHz para futuras asignaciones. No obstante, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2023 está buscando identificar aún más espectro en el rango medio, tal es el caso del segmento de 3,7 a 3,8 GHz y de 10 a 10,5 GHz. En el caso de las bandas altas, se tienen identificadas las bandas milimétricas de 26, 38 y 60 GHz, las cuales suman alrededor de 15,75 GHz.

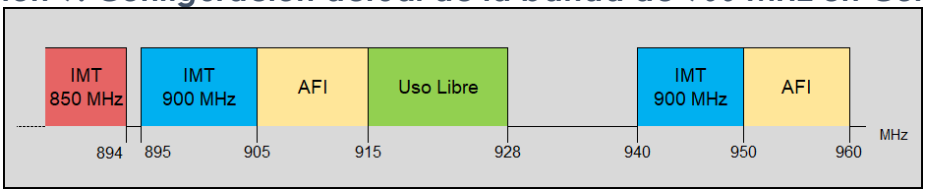
Ahora, como fue mencionado al inicio de este capítulo, el IoT también se puede desplegar en bandas de uso no licenciado a través de tecnologías como Sigfox y LoRaWAN, entre otras. Específicamente, estas tecnologías funcionan en la banda ICM (Industrial, Científica y Médica), es decir, en el caso de América funcionan en el rango de 900 MHz (902-928 MHz).

[77] Es importante señalar que, en relación con el uso de tecnologías 2G y 3G en Colombia, el MINTIC publicó el documento "*Plan de Transición a nuevas tecnologías*", el cual contiene un plan donde se detalla la estrategia mediante la cual el Ministerio como cabeza del sector promoverá la modernización de las tecnologías asociadas con el servicio móvil de telecomunicaciones en el país. Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/715/articles-145550_plan_transicion_nuevas_tecnologias_20200624a.pdf

[78] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan General de Cese de Emisiones Analógicas (PGCEA), a través del cual se plantea el esquema progresivo del apagón analógico, y como resultado de ello, la liberación de espectro para la reorganización de las estaciones de radiodifusión de televisión digitales. Julio de 2020. Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/146359:MINTIC-amplia-el-plazo-para-la-recepcion-de-comentarios-al-Plan-General-de-Cese-de-Emisiones-Analogicas

Es importante resaltar que, dada la configuración actual de la banda de 900 MHz, en Colombia sólo está permitido el uso libre del espectro radioeléctrico para dispositivos de corto alcance y baja potencia en el rango de frecuencias comprendido entre 915-928 MHz, tal y como se presenta en la **Ilustración 9**:

Ilustración 9. Configuración actual de la banda de 900 MHz en Colombia.



Fuente: Elaboración ANE

Como se aprecia en la anterior ilustración, Colombia adoptó una porción de la banda GSM 900 europea, específicamente en el segmento de 894-905 MHz/939-950 MHz, lo que implicó una reorganización de los permisos de Acceso Fijo Inalámbrico a las bandas adyacentes de 905-915 MHz/950-960 MHz. En tal sentido, luego de la expedición de la Resolución 711 de 2016, en Colombia se restringió el uso de la banda americana de uso libre (902-928 MHz) a únicamente 13 MHz comprendidos entre 915-928 MHz[79]. Lo anterior significa que muchas tecnologías, entre las que se encuentran LoRA o SigFox usadas para IoT, deben ser modificadas o adaptadas para trabajar en la banda restringida colombiana.

Ahora, la situación descrita anteriormente no sucede únicamente en países como Colombia, ya que hay casos como el de Argentina, Chile, Uruguay y Australia[80], en donde se ha implementado esta medida en el uso libre de la banda de 900 MHz debido a la adopción de la banda de GSM 900.

Particularmente, Australia es uno de los países referentes en esta limitante dada su iniciativa por adoptar una mezcla entre las bandas de GSM 850 (825-845 MHz/870-890 MHz) y la de GSM 900 (890-915 MHz/935-960 MHz). No obstante, de acuerdo con el documento de perspectiva de espectro a cinco años (2019–2023) del regulador ACMA de Australia (ACMA, 2019), se tiene contemplado actualizar las disposiciones técnicas que soportan el uso de dispositivos que proporcionan conexiones inalámbricas a Internet en consonancia con los cambios dados en el mundo. Los

[79] La ANE se encuentra desarrollando un proyecto de investigación para definir las medidas técnicas necesarias para la operación sin interferencias perjudiciales entre los sistemas móviles IMT de las bandas de 850 MHz y 900 MHz y las aplicaciones de uso libre (ICM/RCA) que funcionan en la banda de frecuencias 915 – 928 MHz.
[80] Información extraída de una investigación y consulta realizada por la ANE a algunos países de las américas durante el año 2020.

cambios propuestos tienen como objetivo proporcionar mayores oportunidades para conexiones de máquina a máquina (M2M) e Internet de las cosas de baja velocidad de datos utilizando la banda de 900 MHz. Específicamente, el regulador tiene dentro de sus iniciativas para el periodo en curso, poner a disposición espectro adicional de uso no licenciado para los sistemas de baja potencia y área amplia (LPWAN) que operan en el rango de 900 MHz, puntualmente el rango de 928 a 935 MHz. (ACMA, 2019)

Al respecto, y dada la situación similar que se presenta con Australia, Colombia revisará de cerca estos estudios adelantados por el regulador ACMA e indagará con los reguladores de Argentina, Chile y Uruguay, con el propósito de plantear una propuesta similar para la ampliación de la actual banda de uso libre de 900 MHz hasta 935 MHz (es decir 915-935 MHz) como una posibilidad más para la operación de dispositivos LPWAN de uso libre. Así mismo, se comenzarán acciones encaminadas a revisar ecosistema de equipos LPWAN disponibles en este segmento de frecuencias. Es importante mencionar que, actualmente en Colombia no existen permisos de uso en la banda de frecuencias de 928-935 MHz, con lo cual, en caso de haber disponibilidad de equipos, la banda de 915-928 MHz se podrían ampliar para dispositivos de uso libre.

2.3. MECANISMOS DE GESTIÓN Y USO FLEXIBLE DEL ESPECTRO

De acuerdo con el informe "*Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015*", muchos países están estudiando fórmulas para incrementar la eficiencia en el uso del espectro (OCDE, 2015), refiriéndose a las iniciativas impulsadas por la FCC y la CEPT en conjunto con el *Radio Spectrum Policy Group* - RSPG para fomentar el uso compartido del espectro en las bandas de 2,3 GHz y 3,5 GHz. Por otra parte, en el "*estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en Colombia*", se señala que la promoción del espectro sin licencia y del uso compartido del espectro impedirán que se produzcan cuellos de botella debidos a la escasez o la ineficiencia en el uso del espectro, y recomienda que se evalúe la situación actual a este respecto "*(p. ej. Mediante acuerdos de acceso compartido con licencia o espacios en blanco), lo que podría ayudar a cumplir las necesidades de espectro que tiene actualmente el país.*" (OCDE, 2014)

Al respecto, hay que mencionar que esta temática está tomando una gran relevancia en el mundo debido a la necesidad de una mayor conectividad que se está registrando en poblaciones de zonas suburbanas y rurales de los países, así como a las barreras de acceso al espectro que tienen nuevos agentes (p.ej.,

pequeños operadores, redes comunitarias o empresas privadas que entraron a hacer parte de esta nueva era de la transformación digital), debido a que las bandas están generalmente en uso por diferentes servicios de radiocomunicaciones. De hecho, tal y como lo han señalado ponentes que hicieron parte del seminario regional de radiocomunicaciones llevado a cabo por la UIT en el 2021[81], los países deben reconocer que existe una abundancia de espectro en zonas desatendidas, y como consecuencia se sugiere considerar el espectro desde otra perspectiva y reconceptualizar la forma de valorarlo y asignarlo de forma que se priorice el bienestar social y se disponga de este recurso de una manera previsible para que se fomente el despliegue de tecnologías digitales inalámbricas y se fortalezca la inversión en el mercado.

Es así como, dentro de esta búsqueda de nuevas opciones de utilización del espectro, han surgido nuevos mecanismos en relación con el régimen tradicional que considera la gestión del recurso desde un enfoque de "comando y control", en donde la administración del espectro realiza asignaciones de frecuencias por lo general exclusivas y con protección total de interferencias perjudiciales, haciéndose cargo de todas las tareas de gestión del recurso. Estos mecanismos alternos intentan alinear la gestión del espectro con las características del mercado actual y con las nuevas tecnologías que requieren una utilización más exhaustiva de las frecuencias para permitir un uso cada vez más eficiente y flexible de las mismas.[82]

Precisamente, con respecto a lo mencionado anteriormente, se augura que 5G será desplegado tanto en áreas amplias (p.ej. a través de macro redes públicas móviles) como en áreas localizadas (p.ej. a través de pequeñas celdas públicas o privadas). De hecho, en la actualidad los operadores móviles ya proporcionan redes localizadas (4G y 5G) tanto públicas como privadas, sin embargo, usuarios privados también podrían llegar a construir dichas redes utilizando espectro sin licencia o accediendo al recurso a través de mecanismos de compartición o comercialización del espectro (GSMA, 2021).

[81] Seminario Regional de Radiocomunicaciones 2021 de la UIT para las Américas (SRR-21-Américas) – Seminario en línea, del 26 de abril al 7 de mayo de 2021. Presentación realizada por Salma Jalife Villalón, presidenta de Centro México Digital, Modelos de Licencias de Espectro. Disponible en: https://www.itu.int/es/ITU-R/seminars/rrs/2021-Americas/Pages/default.aspx

[82] Dentro de las mejores prácticas en la gestión del espectro, OCDE señala además de la asignación exclusiva como mecanismo tradicional de asignación, otros marcos de asignación como el espectro sin licencia, la compartición de espectro, la comercialización de espectro y el desarrollo de mercados secundarios para gestionar el recurso de una forma coherente y fomentar su uso eficiente. Información ver OCDE/BID. Políticas de banda Ancha para América Latina y el Caribe. Un manual para la economía digital. OCDE Publishing. Paris. 2016 disponible en: https://www.oecd.org/digital/politicas-de-banda-ancha-para-america-latina-y-el-caribe-9789264259027-es.htm

En el caso de Colombia, la Política de Espectro 2020-2024 identificó las siguientes necesidades; *I*) analizar los distintos mecanismos para promover flexibilidad en el acceso y uso del espectro a través de herramientas de compartición de espectro y mecanismos de intercambio de permisos y *II*) evaluar los mecanismos más adecuados y la viabilidad de implementarlos en las distintas bandas de frecuencia en un plazo de 5 años.

Para atender estas necesidades, inicialmente se tiene previsto definir un plan de mecanismos flexibles de acceso al espectro, para luego llevar a cabo una revisión integral de la normatividad e identificar las barreras técnicas y legales de la implementación de los mecanismos flexibles de acceso y uso del espectro. Posteriormente, se evaluará desde el punto de vista técnico, económico y normativo la viabilidad de la implementación de mecanismos de uso flexible en bandas específicas del espectro con el propósito de facilitar y agilizar el acceso de nuevos entrantes y mercados de telecomunicaciones.

Cabe señalar que, adicionalmente, se requiere mantener un seguimiento de las nuevas tendencias, tecnologías y modelos de gestión del espectro que responda a las necesidades del país y al uso eficiente del recurso para evaluar su posible implementación en Colombia.

2.3.1. Uso compartido del espectro

En línea con lo mencionado en esta sección, se ha reconocido que mecanismos como el uso compartido del espectro pueden llegar a desempeñar un papel complementario dentro del futuro desarrollo de las IMT. Por ejemplo, la organización GSMA enfatiza en que este enfoque ayuda a maximizar los beneficios del espectro, al mismo tiempo que garantiza que se utilice de manera eficiente al permitir que la misma frecuencia o rango de frecuencias se pueda utilizar por diferentes usuarios (GSMA, 2021).

Así mismo, dentro de estos enfoques flexibles de licenciamiento de bandas IMT, se señala que los reguladores también podrían llegar a adoptar obligaciones para prevenir la subutilización o el acaparamiento del espectro (GSMA, 2021). Por ejemplo, menciona la GSMA a través de su informe de Política de Espectro 2021 que si un licenciatario local (ya sea un operador de telefonía móvil o una empresa vertical) no utiliza su espectro en un período determinado, el espectro no utilizado debe ponerse a disposición de otras personas que tengan planes inmediatos (p.ej., obligaciones de "*utilícelo o piérdalo*"). De manera similar, si un licenciatario nacional

no está usando su espectro en un área particular y en un período razonable, entonces podría subarrendarlo a otros (p.ej., obligaciones de "*usarlo o arrendarlo*"). Particularmente, en el caso de las bandas milimétricas, dado que los pronósticos es que estas no se enfocarán en una cobertura nacional, GSMA enfatiza en que se podrían explorar otros enfoques de concesión de licencias, tales como licencias exclusivas de área amplia en zonas de alta demanda (p.ej., centros de ciudades) junto con licencias locales utilizadas en otros lugares, o incluso licencias locales en todas las áreas de interés (GSMA, 2021)

En efecto, dado los nuevos mercados emergentes y la relevancia de las redes móviles de banda ancha para el desarrollo de estos dentro de las bandas atribuidas al servicio móvil, algunos reguladores han venido reservando[83] una parte del espectro en bandas 5G prioritarias, por ejemplo, una parte del rango de 3,5 GHz para usuarios locales (p.ej., empresas) para que estos puedan construir sus propias redes 5G privadas. No obstante, la organización de la industria móvil GSMA enfatiza en que estas reservas de espectro han generado controversias ya que existe la preocupación de que el espectro no se utilice en muchas zonas geográficas, por lo cual sugiere que un enfoque de compartición voluntario del espectro podría ser preferible al de apartar espectro exclusivo para las industrias (GSMA, 2021).

Lo mencionado anteriormente, refuerza la importancia de llevar a cabo en Colombia un estudio para determinar la disponibilidad futura de espectro y los mecanismos de acceso más adecuados para soportar la transformación digital de sectores económicos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica local de nuevos agentes y mercados emergentes de telecomunicaciones.

A continuación, se mencionan algunas experiencias internacionales en relación con estos nuevos mecanismos de uso compartido del espectro, los cuales sirven como referencia en aras de responder a las necesidades del sector TIC y para contribuir al cumplimiento de los planes, programas y proyectos de política pública en Colombia, que en el marco de ley impulsan el uso eficiente de las infraestructuras y los recursos escasos en beneficio de la sociedad[84].

En Estados Unidos, la FCC desarrolló el concepto de compartición de espectro de una forma dinámica entre los usuarios públicos y los usuarios comerciales en el rango

[83] De acuerdo con el informe de GSMA "5G Spectrum Public Policy Position", el término "reservado" se refiere a una parte del espectro que se retiene de las adjudicaciones basadas en mercado (por ejemplo, subastas) y se asigna a través de otros medios (por ejemplo, por orden de llegada) y, a menudo, se da prioridad a usuarios específicos. Disponible en: https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2021/04/5G-Spectrum-Positions.pdf
[84] Ley 1341 de 2009. numeral 3 del artículo 2

3550 – 3700 MHz, disponiendo de un marco de tres capas de servicios gestionado a través del sistema de acceso al espectro SAS (Spectrum Access System, por sus siglas en inglés)[85].

- La capa más alta corresponde a sistemas de defensa, servicio fijo por satélite y operaciones inalámbricas terrenales antiguas.
- En las siguientes dos capas se encuentran, el servicio de radio de banda ancha ciudadana CBRS (Citizens Broadband Radio Service, por sus siglas en inglés) con dos tipos de operación; acceso prioritario (PAL) y acceso autorizado general (GAA). Ambos reciben autorización en ubicación y frecuencia por el SAS. Las operaciones de acceso prioritario son licenciadas y reciben protección ante las GAA.

Ahora, otros reguladores han optado por otros enfoques, como el implementado en el Reino Unido por el regulador OFCOM a través de las **licencias de acceso compartido y de acceso local** que permiten una asignación geográfica del espectro, dando mayor flexibilidad a la participación de operadores pequeños u otros sectores que requieren conectividad. OFCOM enfatiza en que, dada la naturaleza local de la demanda y que las bandas que soportan la tecnología móvil terrestre están generalmente en uso por diferentes servicios de radiocomunicaciones, pero que, aun así, es posible que no se utilicen en todas partes, el uso compartido del espectro podría proporcionar opciones de espectro adicionales para respaldar la innovación y permitir nuevos usos (OFCOM, 2019).

En el caso de las **licencias de acceso compartido**, OFCOM las otorga bajo un enfoque de autorización común y bajo el principio de "*primer llegado, primer servido*", donde los interesados aplican por una licencia en una zona específica previamente al suministro de información de datos relevantes como; ubicación y ancho de banda requerido para operar. Ahora, posteriormente a la realización de análisis de interferencia, la licencia es entregada permitiendo con ello servicios como; implementación de cobertura móvil rural, cobertura móvil en interiores, acceso fijo inalámbrico y redes privadas para grupos comunitarios, industrias o sectores como el de agricultura, minería, gas y servicios públicos, entre otros.

Dentro de este marco de compartición del espectro, el regulador OFCOM destinó algunas bandas de frecuencias adyacentes a las asignadas a los operadores de redes móviles IMT, por ejemplo, las bandas de 3,8-4,2 GHz, 1781,7-1785/1876,7-1880

[85] Este esquema también se denomina ASA,- Authorised-shared Access, por sus sigla en ingles

MHz, 2390-2400 MHz, y la banda de 24,25-26,5 GHz, esta última permitida para uso compartido en interiores únicamente (OFCOM, 2019).

Por otra parte, **la licencia de acceso local** permite el uso compartido del espectro que ya fue otorgado a nivel nacional a los operadores de redes móviles, pero únicamente en lugares donde no es utilizado y donde no hay planes futuros de despliegue por parte de estos. Estas licencias se otorgan por un término máximo de 3 años sujetas a un acuerdo entre las partes. Las bandas que se podrían llegar a compartir bajo este mecanismo son; 800 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz, 2300 MHz, 2600 MHz y 3,4 GHz (OFCOM, 2019).

Ahora, otras administraciones europeas también utilizan marcos de compartición de espectro para respaldar el desarrollo de redes privadas. Tal es el caso de países como: República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania e Italia, quienes obligan a uno o más licenciatarios en la banda de 3,4–3,8 GHz a cooperar con los usuarios de la industria ya sea compartiendo espectro a pedido o proporcionando cobertura a las industrias. [86]

Otro ejemplo de esto es Canadá, donde el regulador ISED señala que en el futuro no siempre será posible liberar bandas de frecuencia para dar cabida a nuevos servicios dado el alto grado en que ya se está utilizando el espectro radioeléctrico. En este sentido, señala ISED que las nuevas tecnologías y técnicas que permiten la compartición del espectro cambiarán la forma en que se accede al recurso y proporcionarán nuevas oportunidades para optimizar su uso, por lo cual, actualmente el regulador dedica sus esfuerzos en mejorar la viabilidad y la eficiencia del uso compartido del espectro. Los enfoques que se estudian incluyen el uso de técnicas de mitigación de interferencias como la separación geográfica, la coordinación, disposición de requisitos y reglas técnicas, así como el uso de tecnologías nuevas como la radio cognitiva, el acceso dinámico al espectro, ciencia de datos, computación en la nube, antenas inteligentes y otras técnicas de gestión de recursos de radio. (ISED, 2018)

Específicamente, de acuerdo con el estudio sobre el marco técnico y de políticas para la banda de 3650-4200 MHz y cambios en la asignación de frecuencias de la banda 3500-3650 MHz de ISED (ISED, 2020), el regulador señala que, en todo el mundo, los administradores del espectro han lanzado o están planeando liberar la

[86] Información basada en el Portal de Cullen International, disponible en: https://www.cullen-international.com/client/site/documents/CTSPEU20200030

banda de 3,8 GHz, o partes de esta, para servicios inalámbricos de banda ancha. En este sentido, ISED menciona que la reutilización de esta banda mediante un uso flexible no solo admitirá servicios móviles, sino que también incluirá a los servicios fijos. Se enfatiza en este documento de estudio que, promover el acceso a un espectro de uso flexible adicional para servicios inalámbricos móviles y fijos permitirá a los proveedores de servicios de telecomunicaciones y proveedores de servicios de Internet inalámbricos (WISP) aumentar la capacidad de sus redes para satisfacer las demandas de tráfico que se espera con las aplicaciones 5G en áreas urbanas y rurales de Canadá.

Por otra parte, el regulador ACMA destaca que, aunque tradicionalmente el uso compartido del espectro se ha centrado en enfoques estáticos que establecen acuerdos de coexistencia definidos a través de límites geográficos y espectrales fijos, se han desarrollado nuevas tecnologías y técnicas que hacen más viables los nuevos enfoques para compartir el espectro como por ejemplo el Acceso Dinámico al Espectro (DSA) [87] o gestión dinámica del espectro, en donde se permite un acceso oportunista al recurso en tiempo y lugares donde no está siendo usado, basándose en un enfoque de acceso jerárquico. (ACMA, 2019).

No obstante, ACMA señala que las implementaciones tecnológicas de DSA aún son limitadas y los marcos regulatorios no se han desarrollado ampliamente, por lo cual se continuará monitoreando los desarrollos regulatorios y técnicos internacionales e investigando e implementando nuevas oportunidades para la compartición de espectro cuando y donde sea apropiado (ACMA, 2019).

Al respecto, el regulador del espectro en Nueva Zelanda, *Radio Spectrum Management* (RSM), menciona sobre DSA, que hay elementos regulatorios que afectan su desarrollo y deben analizarse[88]. Así mismo, señala que los mecanismos emergentes de compartición de espectro que incorporan un enfoque coordinado con licencia como LSA (Licenced Shared Access, por sus siglas en inglés) parece presentar un menor riesgo de degradación del servicio para el titular y una calidad de servicio más alta para las partes que comparten, mientras que los enfoques que involucran mecanismos oportunistas para el acceso al espectro como DSA, pueden

[87] Un ejemplo de enfoque DSA son los marcos implementados para el desarrollo de los espacios en banco de televisión TVWS
[88] Algunos de los elementos regulatorios señalados por el RSM que impactan el desarrollo de DSA se refieren temas de riesgos de monopolización del mercado, económicos; otros mecanismos flexibles que ya existen como la comercialización de espectro, posibles cambios futuros en el uso de las bandas de frecuencia y la demanda de espectro en el país. Mas información disponible en: https://www.rsm.govt.nz/about/publications/spectrum-outlook-and-annual-reports/

plantear mayores riesgos de interferencia incluyendo efectos acumulativos e impactos menos predecibles en el uso del recurso del espectro (RSM, 2017).

Como resultado de lo expuesto anteriormente, se podría decir que las necesidades de conectividad, los cambios tecnológicos, los nuevos agentes interesados en acceder al espectro, así como los nuevos mercados de comunicaciones que están emergiendo con la evolución de las redes de comunicaciones móviles de banda ancha están planteando retos importantes y apremiantes dentro del modelo de licenciamiento del espectro, con lo cual se requiere, a través de un debate público, revisar la viabilidad técnica, económica y legal de implementar marcos regulatorios flexibles del espectro que faciliten el acceso a servicios y al uso del espectro radioeléctrico especialmente en zonas desatendidas, con el objetivo de fomentar las inversiones en esas zonas y lograr con ello reducir las brechas de acceso y asequibilidad para impulsar una digitalización justa e incluyente.

En el caso de Colombia, la ANE adelantó un estudio en 2017[89] que evidenció las diferentes formas en que podría compartirse el espectro, y se sugirió en ese entonces el desarrollo y análisis de viabilidad de tres propuestas; *I*) asignación por zonas para el servicio móvil; *II*) zonas de exclusión para estaciones terrenas de servicios satelitales; y *III*) convivencia de aplicaciones WAS/RLAN y sistemas de radioenlaces fijos en la banda V (57-64 GHz).

Producto de las recomendaciones de dicho estudio, en el año 2019 se permitió el uso libre del espectro para sistemas WAS/RLAN[90] en paralelo con el uso de enlaces punto a punto en la banda V (57-64 GHz) a través de la Resolución ANE 181 de 2019 (compilada en la Resolución 105 de 2020) que actualizó la reglamentación de bandas de uso libre en el territorio nacional. Con base en esta decisión, los dos sistemas conviven en la misma banda a través de un mecanismo de compartición de espectro entre tecnologías diferentes, permitiendo con ello el acceso al recurso a diferentes usuarios (ANE, 2017).

De igual manera, es importante resaltar que la ANE desarrolló como una iniciativa adicional de uso flexible del espectro, la adopción del esquema de Espacios en Blanco de Televisión (TVWS, por sus siglas en inglés) en 2016[91], permitiendo la compartición del espectro atribuido originalmente al servicio de radiodifusión de

[89] Estudio realizado por la ANE en 2017 denominado "Documento definitivo Definiciones, Experiencias Internacionales, Necesidades/Oportunidades y propuestas de aplicación. Esquemas de compartición de espectro – Segundo entregable", ANE, diciembre, 2017.
[90] Wireless Access Systems/Radio Local Area Network
[91] Normatividad compilada en el numeral 3, Anexo 1 de la Resolución ANE 105 de 2020

televisión en el segmento de 470-698 MHz, para desarrollar soluciones de conectividad en zonas rurales donde el espectro no está siendo utilizado por el servicio incumbente.

Así mismo, hay que mencionar la inclusión de los transmisores de baja potencia, usados para la emisión de eventos que utilizan el espectro atribuido al servicio de radiodifusión sonora en la banda de frecuencia comprendida entre 88 MHz a 108 MHz, dentro de la normatividad colombiana de uso libre del espectro, y cuya reglamentación se encuentra establecida en la Resolución 148 de 2020 de la ANE.[92] Cabe resaltar que, como producto de los planteamientos realizados por el Modelo de Gestión de Espectro desarrollado en el año 2020[93] y de las actividades establecidas en la Política de Espectro 2020-2024,[94] la ANE definirá en el 2021 un plan de implementación de mecanismos flexibles de uso de espectro, el cual establecerá la ruta para la eliminación de barreras legales y técnicas que han obstaculizado la implementación de dichos mecanismos en el país. Así como también continuará monitoreando la implementación de mecanismos de uso compartido para facilitar y agilizar el acceso de nuevos entrantes y de nuevos mercados de telecomunicaciones en otras bandas del espectro radioeléctrico.

2.3.2. Asignación ágil

Hay que mencionar además que otra alternativa de uso flexible son los mecanismos de asignación ágil con los cuales se busca brindar un sistema de gestión del espectro más dinámico, y en consecuencia reducir los tiempos para la asignación de permisos. Al respecto, en Colombia se implementó en el año 2019 el primer proceso de selección objetiva en la banda E (71-76 GHz, 81-86 GHz) bajo el mecanismo de asignación ágil para el despliegue de radioenlaces punto a punto que sirven de soporte para la conectividad de redes móviles en distancias cortas.

Ahora, como se mencionó en apartados anteriores, dadas las tendencias y los pronósticos de crecimiento del tráfico de soporte de redes 5G, las bandas W (92 GHz

[92] Resolución 148 de 2020 de la ANE "Por medio de la cual se adiciona el numeral 3.13 al Anexo 1 de la Resolución No. 105 de 2020 y se dictan otras disposiciones". Disponible en: https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Normatividad/Planeacion_del_espectro/Resoluci%C3%B3n%20148%20de%202020%20-%20Uso%20libre%20emisiones%20de%20eventos%20-%20VFirma%20(1).pdf

[93] Estudio realizado para la ANE en 2020, denominado "Consultoría para diagnosticar, documentar y analizar el modelo de gestión del espectro que tienen implementado la ANE y el MINTIC en la actualidad, y proponer un nuevo modelo de gestión nacional del espectro, apropiando las mejores prácticas internacionales. Formulación de un nuevo modelo de gestión de espectro". UT-ANE. 2020.

94 Documento de Política pública de espectro 2020-2024 "Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía". Disponible en https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/SitePages/politica-imt.aspx

a 114 GHz) y D (130 GHz a 175 GHz) podrían constituirse en una alternativa futura para ampliar la capacidad de soporte de las redes 5G. Este tipo de bandas de soporte son asignadas en el mundo a través de diversos mecanismos como: permisos individuales (por enlace), asignaciones por bloque de frecuencias, uso libre o mediante autorizaciones o licencias compartidas o ligeras (GSMA - ABI Research, 2021).

En este sentido, tal como lo sugiere la GSMA, es importante analizar y definir los esquemas de uso y acceso al espectro que mejor se ajustan a las necesidades del sector y a los lineamientos de la administración del espectro para estas bandas de frecuencias. Por ejemplo, menciona GSMA que las asignaciones en bloque de frecuencias dan mayor flexibilidad para la auto coordinación de los despliegues y disminuyen cargas administrativas en comparación con una asignación de enlace por enlace.

En conclusión, estos elementos, entre otros factores, deben ser considerados a la hora de definir los esquemas de asignación de bandas de soporte que, entre otras cosas, para redes 4G también podrían aplicar bandas por encima de 30 GHz.
Así las cosas, esta entidad considera pertinente adelantar un estudio integral para determinar la viabilidad técnica, económica y normativa de establecer mecanismos de asignación ágil en algunas de las bandas de frecuencias del servicio fijo por encima de 10 GHz.

2.3.3. Mercado Secundario de Uso del Espectro

El comercio de espectro o mercado secundario se refiere al derecho del asignatario del recurso a vender o arrendarlo a un tercero. Este tipo de esquemas surge como una alternativa para proporcionar un acceso al recurso diferente al que provee un agente primario (p.ej. el regulador o administrador nacional de espectro) proporcionando con ello una mayor flexibilidad en la gestión del recurso y una oportunidad para lograr un uso más eficiente e intensivo del mismo especialmente en regiones geográficas o bandas de frecuencias específicas.

En efecto, una de las conclusiones del informe de posición de política pública de la GSMA (GSMA, 2021) establece que dentro de los mecanismos de compartición se debe permitir a los operadores móviles subarrendar voluntariamente su espectro a otros tipos de operadores como empresas o proveedores de servicios de Internet inalámbricos que deseen construir sus propias redes.

La regulación en América generalmente permite transferencias de espectro sujetas a la aprobación del regulador, sin embargo, no todos los países han desarrollado un marco específico al respecto.

De acuerdo con información de Cullen International sobre las transacciones de espectro en la región de América, en el caso de Estados Unidos, la FCC ha llevado a cabo revisiones caso por caso para ciertas transacciones en las bandas de frecuencia incluidas en el marco del "*spectrum screen*" (actualizada periódicamente por la FCC). Otros casos que se señalan por Cullen en la región son México, Chile y Brasil, en donde en el caso específico de México se han realizado algunas transacciones secundarias, una transacción parcial en 2005, un intercambio de espectro en 2015 y una transferencia total en 2017[95]. En Chile, un proyecto de ley en discusión propuso introducir el comercio de espectro, y en Brasil, la Ley 13.876 de 2019[96] autorizó la transferencia absoluta de espectro bajo la aprobación previa de ANATEL (CULLEN, 2020).

En el caso de OFCOM (OFCOM, 2019), y dada su iniciativa por adoptar un enfoque flexible en las licencias de espectro, este regulador puso a consulta pública unas propuestas de comercialización de espectro para que los licenciatarios de redes locales pudieran transferir sus derechos y obligaciones de espectro de las siguientes maneras: *I*) Transferencia total y definitiva de derechos a otra parte; *II*) Transferencia total y conjunta de derechos, de manera que dos o más partes posean conjuntamente la licencia; *III*) Transferencias totales y conjuntas parciales de derechos de frecuencia en uno o más bloques de 10 MHz en la banda 3,8-4,2 GHz. Posteriormente al proceso de consulta pública, OFCOM decidió permitir que los licenciatarios transfieran todos sus derechos de espectro mediante un intercambio total y conjunto, pero no se llegó a permitir la transferencia parcial. OFCOM considera que este enfoque de comercialización de espectro puede ser útil dadas algunas circunstancias como, por ejemplo, cuando se transfieren activos entre empresas como parte de una adquisición, o para garantizar la continuidad del servicio cuando varios usuarios acuerdan conjuntamente mantener una licencia, por ejemplo, en un edificio de varios almacenes.

Las experiencias descritas anteriormente permiten evidenciar que las administraciones están considerando marcos de acceso al espectro mediante la

[95] Cabe destacar que, en 2016, México emitió una regulación específica sobre el arrendamiento de espectro. Mayor información sobre el particular disponible en: http://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/lineamientos-generales-sobre-la-autorizacion-de-arrendamiento-de-espectro-radioelectrico
[96] Mas información en: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-13.876-de-20-de-setembro-de-2019-217536932

transferencia de derechos de uso del espectro ya sea a través de una cesión o arrendamiento, lo cual permite configurar un mercado secundario de espectro.

En el caso específico de Colombia, no se encuentran contempladas las figuras legales asociadas a mercados secundarios (al menos en lo que a la utilización de espectro radioeléctrico se refiere), salvo lo relativo a la cesión de los derechos de uso derivados de permisos de uso del espectro radioeléctrico conforme a lo dispuesto en la Ley 1341 de 2009,[97] y lo relativo a la posibilidad de cesión y transferencia de los derechos de la concesión en el servicio de radiodifusión sonora previa autorización del Mintic, conforme al artículo 59 de la Ley 1341 de 2009. Es de precisar que la normatividad que modifica la reglamentación de la figura de la cesión del espectro fue expedida por el Mintic en agosto de 2021 a través del Decreto 934 de 2021[98] (incluido dentro del Decreto 1078 de 2015), no obstante, actualmente existe una propuesta por parte del Mintic que busca modificar el mencionado decreto[99].

Así las cosas, la figura de la cesión se constituye en un componente que integra los mecanismos propios de los mercados secundarios del espectro, los cuales buscan incrementar el grado de eficiencia en la utilización, aprovechamiento y explotación del espectro. En todo caso, a partir de su adecuada administración, se permite a los titulares de tales permisos, la transferencia del derecho de uso a otros proveedores habilitados.

La cesión, si bien contribuye a lograr elementos de flexibilización en la gestión del espectro como uno de los mecanismos hacia la creación de mercados secundarios de espectro, está sujeta en la Ley y en la jurisprudencia aplicable a una serie de criterios y reglas que pueden limitar o restringir su dinámica en el mercado y que inciden en la falta de creación de mercados secundarios de espectro, sumado al hecho de que en el marco legal colombiano no se prevé el desarrollo de otro tipo de instrumentos que puedan promover esos mercados secundarios.

[97] Parágrafo 2 del artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019
[98] El decreto puede ser consultado en: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=168913
[99] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Disponible en: https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/195563:MINTIC-publica-para-comentarios-el-proyecto-de-Decreto-por-el-cual-se-subroga-el-capitulo-7-del-titulo-2-de-la-parte-2-del-libro-2-del-Decreto-1078-de-2015-que-reglamenta-el-paragrafo-2-del-articulo-11-de-la-Ley-1341-de-2009

De acuerdo con lo anterior, el Modelo de Gestión de Espectro elaborado por la ANE[100] analizó diferentes tendencias en cuanto a modelos de transacciones de espectro e identificó para Colombia que, con el fin de maximizar el uso del espectro radioeléctrico, se debe evaluar la viabilidad y aplicabilidad del establecimiento de mecanismos que permitan transacciones e intercambios de permisos de uso del espectro que faciliten a los titulares de los permisos alcanzar acuerdos con otros interesados en tener acceso al recurso para, a través de este, construir redes propias o prestar servicios de telecomunicaciones en las áreas u horarios donde el espectro asignado no se explote a su máxima capacidad.

En tal sentido, a través del Modelo de Gestión de Espectro, se identificó una oportunidad para avanzar en las reformas legales, normativas y regulatorias requeridas para establecer un marco de referencia claro que permita definir las condiciones, reglas y disposiciones para consolidar y poner en marcha las diferentes manifestaciones o herramientas del mercado secundario de espectro para los diversos usos o servicios del recurso en las bandas de frecuencias que así se dispongan.

Cabe señalar además que este planteamiento se encuentra alineado con las actividades planteadas en la Política de Espectro 2020-2024[101] que incluyen el análisis y evaluación de la implementación de mecanismos para promover flexibilidad en el acceso y uso del espectro, incluyendo herramientas de compartición en sus distintas modalidades, así como mecanismos de intercambio de permisos de uso del espectro con el objeto de fijar un plan de implementación de estos mecanismos en un plazo de 5 años, que contemple la eliminación de barreras legales y técnicas para viabilizar la implementación de los mecanismos flexibles de acceso y uso el espectro.

2.3.4. Uso libre del espectro

Dado que es una fuente importante de innovación tecnológica, y sumado al hecho de que presenta bajas barreras de acceso al recurso, el espectro sin licencia es considerado también como un mecanismo de uso flexible del espectro, donde podría decirse que la tecnología de Wi-Fi es el mejor ejemplo de innovación a través

100 Información de la Consultoría para diagnosticar, documentar y analizar el modelo de gestión del espectro que tienen implementado la ANE y el MINTIC en la actualidad, y proponer un nuevo modelo de gestión nacional del espectro, apropiando las mejores prácticas internacionales. Formulación de un nuevo modelo de gestión de espectro. UT-ANE. 2020.
101 Información basada en el documento Política pública de espectro 2020-2024 "Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía". Disponible en https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/SitePages/politica-imt.aspx

de este mecanismo, y que, de acuerdo con los datos de CISCO, es la tecnología bajo la cual se transporta aproximadamente la mitad de todo el tráfico IP global de Internet (CISCO, 2018).

Ahora, además de ser una fuente importante de innovación tecnológica, se ha reconocido en el mundo el enorme valor social y económico que traen consigo los dispositivos y tecnologías que hacen uso libre del espectro radioeléctrico. Estos dispositivos de radiocomunicaciones que comúnmente se les conoce como Dispositivos de Corto alcance y Baja potencia (SRD-Short Range Devices, por sus siglas en inglés) se utilizan prácticamente en todas partes del mundo para soportar diversas actividades rutinarias de las personas, como, por ejemplo, el relacionamiento social, laboral y empresarial, así como las actividades de formación, investigación, ocio y entretenimiento. De igual forma, estos dispositivos pueden llegar a apoyar las diferentes actividades económicas de una empresa, como, por ejemplo, la recogida de datos a través de sistemas de identificación automática o la gestión de elementos en sistemas de almacenamiento, solo por mencionar algunos ejemplos.[102]

Habría que decir también que, hoy en día el espectro de uso libre es una parte fundamental de la conectividad móvil de los ciudadanos, ya que proporciona un método adicional para acceder a los servicios de comunicación de voz y datos en los dispositivos móviles, portátiles y otros dispositivos de comunicación inalámbricos. En efecto, el espectro de uso libre también está tomando una gran relevancia debido a que puede llegar a complementar el desarrollo de las redes móviles. Al respecto, GSMA recalca que, en una primera medida, el espectro sin licencia permitiría que cualquier organización despliegue redes 5G sin necesidad de solicitar una licencia de espectro, especialmente cuando se utiliza localmente en interiores. En segundo lugar, puede ayudar a los operadores móviles a aumentar la experiencia del usuario mediante el uso de tecnologías como LTE-U (LTE Unlicenced) ó LAA (Licensed-Assisted Access) o 5G (NR-U), las cuales utilizan las bandas sin licencia de 2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz y 66-71 GHz. (GSMA, 2021)

Como fue mencionado anteriormente, aplicaciones de uso no licenciado como Wi-Fi han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. De acuerdo con Cisco (CISCO, 2018), los puntos de acceso Wi-Fi se cuadriplicarán entre 2018 y 2023. Ahora, dentro de su evolución intrínseca, WiFi 6E y WiFi 7 se presentan como

[102] Informe UIT-R SM.2153-7. Parámetros Técnicos y de Funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Disponible en: https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2153

una de las tendencias globales para atender la creciente necesidad de conectividad y velocidad que se espera haya en el futuro, y en la cual Colombia se encuentra estudiando la viabilidad del funcionamiento de dichas tecnologías bajo el mecanismo de: (*I*) uso libre del espectro en los 1200 MHz de la banda de 6GHz (5925-7125 MHz) o (*II*) uso libre del espectro en los 500 MHz de la banda de 6GHz (5925-7125 MHz).

Ahora, en Colombia, la ANE desde su creación ha tenido como una de sus principales iniciativas la de *fomentar la innovación tecnológica* en el país, por lo cual durante los últimos años ha venido realizando un seguimiento y ejecutando diversos proyectos encaminados a establecer, reglamentar e incorporar nuevas aplicaciones y bandas de frecuencias para la operación de dispositivos de radiocomunicaciones que pueden funcionar bajo el esquema de uso libre del espectro, como por ejemplo, la implementación de tecnologías de acceso oportunista del espectro como los espacios en blanco de televisión (TVWS), entre otras más. No obstante, y dado el efecto dinámico que se presenta en torno a los dispositivos y tecnologías de comunicaciones inalámbricas que se desarrollan bajo un esquema de uso no licenciado del espectro, la ANE se ve comprometida a mantener una revisión periódica para identificar estas nuevas tendencias, así como reflejar esta evolución dentro de la normatividad colombiana.

Particularmente, es bien conocido que en los últimos años han venido tomando fuerza dispositivos, estándares y tecnologías de transmisión de datos que funcionan dentro de diversas redes que se clasifican según su alcance, tales como las Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN), las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN), las Redes Inalámbricas de Vecindario (WNAN) y las Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN), entre otras, y dentro de las cuales funcionan estándares y tecnologías cómo RFID, NFC, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, 6LoWPAN, Wi-Fi, WiSUN, así como tecnologías de baja potencia y de área amplia LPWAN (Low Power Wide Area Network, por sus siglas en inglés) como, por ejemplo, LoRA, SigFox, entre otras. Todas estas tecnologías funcionan en rangos de frecuencias ya establecidos dentro de la normatividad colombiana de uso libre del espectro, como 433 MHz, 900 MHz (915-928 MHz), 2,4 GHz y 5 GHz.

Es importante mencionar que la más reciente propuesta de actualización al Título 4 "Uso Libre" de la Resolución 105 de 2020 de la ANE, consiste en la incorporación del rango de frecuencias comprendido entre 169,4 - 169,475 MHz con una potencia límite de 500 mW para soportar aplicaciones como Metro-Bus Inalámbrico, el cual es

un estándar europeo[103] ideal para comunicaciones de lectura remota de medidores de consumo (p.ej. gas, electricidad, agua), y con el cual se espera soportar al sector de servicios públicos (utilities) en el despliegue masivo de medidores inteligentes.
Ahora, luego de una revisión reciente de nuevas tendencias tecnológicas inalámbricas, esta entidad encuentra pertinente desarrollar los siguientes estudios o hacer seguimiento a algunos de ellos de cara a determinar la viabilidad de su implementación en Colombia bajo el mecanismo de uso libre del espectro:

2.3.4.1. Transmisión Inalámbrica de Potencia (TIP)

La tecnología de Transmisión Inalámbrica de Potencia (WPT, por sus siglas en inglés) consiste en la transferencia de potencia eléctrica desde una fuente de alimentación hacia una carga sin necesidad de un conductor eléctrico. Este tema ha venido siendo impulsado desde CITEL, donde específicamente en la 37ª reunión del Comité Consultivo Permanente II[104] se presentó una contribución que busca alcanzar una armonización regional en el uso de dispositivos móviles y portátiles con capacidad de carga mediante sistemas de Transmisión Inalámbrica de Potencia (TIP), así como la apertura en el desarrollo de otras aplicaciones que funcionan con TIP y cuya demanda ha ido incrementándose debido a la expansión de diversos dispositivos móviles, incluyendo teléfonos inteligentes, tabletas y otros accesorios.

Ahora, una de las aplicaciones de esta tecnología es la carga de baterías de vehículos, conocida como TIP-VE para Vehículos Eléctricos (WPT-EV, por sus siglas en inglés). TIP-VE es una tecnología emergente que muestra un gran potencial para acelerar la adopción de vehículos eléctricos y reducir el impacto adverso de las emisiones de gases en el medio ambiente. Esta tecnología está en desarrollo y se anticipa que su comercialización ocurrirá en los próximos años.[105]

La UIT se encuentra actualmente trabajando en definir si el funcionamiento de la tecnología TIP-VE se enmarca en aplicaciones ICM (Industriales, Científicas y Médicas) o por el contrario se enmarca en aplicaciones de radiocomunicaciones de corto alcance (RCA, por sus siglas en inglés)[106]; esto debido a que, aunque puede haber una transferencia de datos en esta tecnología, la función primaria de la misma es una transferencia eléctrica para cargar una batería. Respecto al

[103] Comité Europeo de Normalización, EN13757: Communication systems for meters, Bruselas, 2014.
[104] Proyecto de Recomendación CCP.II/REC. XXX (XXXVII-21): pautas respecto las bandas de frecuencias susceptibles para el uso de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_mex_21/paginas/default.aspx
[105] UIT, Report ITU-R SM.2303-2: Wireless power transmission using technologies other than radio frequency beam, Ginebra, 2017.
[106] UIT. NEW REPORT ITU-R SM.2451-0. Disponible en: https://www.itu.int/md/R15-SG01-C-0214/es

funcionamiento de la tecnología WPT-EV, la UIT ha indicado que las bandas de frecuencias de operación de esta tecnología son 19 - 25 kHz, 55 - 65 kHz, 79 - 205 kHz (con potencias elevadas que van desde 1 hasta 120 kW),[107] sobre las cuales no se encuentra ocupación registrada en el Sistema de Gestión de Espectro (SGE) que refleje permisos de uso del espectro otorgados en Colombia.

En definitiva, como resultado de los trabajos que se vienen adelantando a nivel internacional, se considera pertinente adelantar un estudio para evaluar la viabilidad técnica de la adopción de la tecnología TIP bajo el mecanismo de uso libre del espectro en Colombia. El estudio deberá contemplar las posibles frecuencias de operación, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.

2.3.4.2. Vehículo a Todo (V2X)

La tecnología Vehículo-a-Todo (V2X) hace referencia a comunicaciones bidireccionales entre un vehículo y cualquier ente que pueda interactuar con dicho vehículo (p.ej. vehículo-vehículo, vehículo-infraestructura, vehículo-red, vehículo-peatón y vehículo-dispositivo). Sus características principales son: corto alcance, baja latencia y alta confiabilidad. (UIT, 2021)

Existen dos tipos de tecnologías V2X de acuerdo con el tipo de red en la que se encuentran basados. Por un lado, está la tecnología basada en RLAN, la cual está definida en el estándar IEEE 802.11p y cuyo funcionamiento está definido como una comunicación dedicada de corto alcance usada en Sistemas de Transporte Inteligente (ITS, por sus siglas en inglés). Por otro lado, está la tecnología basada en redes celulares, la cual está definida en el estándar de la 3GPP para LTE y se conoce como V2X Celular (C-V2X). (UIT, 2021)

Ahora, algunas administraciones de espectro a nivel mundial han identificado espectro para ITS, especialmente en la banda de 5,9 GHz, inicialmente para la tecnología V2X del estándar IEEE 802.11p, sin embargo, el uso de C-V2X también podría implementarse.

Particularmente, la banda de 5,9 GHz ha sido identificada para su uso por ITS tanto en los Estados Unidos como en Europa con estándares ligeramente diferentes que se están adoptando en cada región. (ACMA, 2019)

[107] Idem

A nivel general, la UIT está en proceso de definir los arreglos de frecuencia en los que se recomendaría la operación de las tecnologías ITS, y se conoce que posteriormente a la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019, se aprobó la Recomendación 208 (CMR-19) la cual sugiere: *I)* que las administraciones consideren la posibilidad de utilizar las bandas de frecuencias armonizadas a escala mundial o regional, o partes de las mismas, que se indican en las versiones más recientes de las Recomendaciones de la UIT-R (p.ej., UIT-R M.2121), cuando planifiquen y desplieguen aplicaciones ITS, *II)* que las administraciones tengan en cuenta, si procede, los problemas de coexistencia entre las estaciones de los ITS y las estaciones de los servicios existentes (p.ej., estaciones terrenas del SFS).

En lo que respecta a la Región 2 (Región América) de la UIT, se habla de una banda de operación en los rangos de frecuencias comprendidos entre 5850 y 5925 MHz, conocida como la banda de 5,9 GHz, para la tecnología V2X basada en RLAN. De acuerdo con esto, en CITEL se encuentra en curso un proyecto de recomendación (CCP.II-RADIO/doc. 5276/21)[108] sobre ITS liderado por la administración de Brasil, cuyo propósito es armonizar el uso de la banda de frecuencias de 5850 - 5925 MHz para estas aplicaciones en la región. Este proyecto recomienda a los Estados Miembros de la CITEL a que consideren utilizar la banda de frecuencias en mención, o partes de esta, para las aplicaciones de Transporte Inteligente, y que, al utilizar las bandas de frecuencias armonizadas para los ITS, se tengan en cuenta los posibles problemas de coexistencia entre las estaciones ITS y otras aplicaciones del servicio móvil y de otros servicios.

Ahora, diversos estudios que se han venido adelantando en el Grupo de Trabajo 5A (WP 5A) de la UIT-R demuestran la viabilidad de la utilización de la banda para este tipo de aplicaciones, y algunos países ya han dado un paso adelante al destinar espectro en el rango de 5,9 GHz para sistemas ITS, como el caso de Brasil quien decidió destinar 70 MHz en el rango de 5855-5925 MHz para estos sistemas (ANATEL, 2020).

Ahora bien, analizando esta banda de frecuencias desde un contexto nacional, el segmento 5855-5925 MHz no cuenta con permisos de uso del espectro reportados en el SGE, razón por la cual la implementación de tecnologías ITS en esta porción de

[108] Propuesta para un proyecto de recomendación de la CITEL sobre sistemas de transporte inteligentes (STI). OEA/Ser.L/XVII.4.2.37 CCP.II-RADIO/doc. 5276/21 Documento presentado por la delegación de Brasil. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx

espectro en principio sería viable. No obstante, se debe analizar si existen o se requieren estudios de convivencia para determinar la viabilidad de la convivencia con otros servicios de radiocomunicaciones que funcionan en adyacencia.

Es importante mencionar que durante diversos ejercicios de actualización de la normatividad de uso libre del espectro en Colombia, los usuarios del espectro han manifestado la necesidad de contar con una porción de espectro destinada al funcionamiento de tecnologías ITS e incluso manifestaron que se debía contar con una banda de frecuencias destinada exclusivamente para este tipo de tecnologías debido a que las aplicaciones de seguridad y predicción vial requerían de alta confiabilidad. La banda sobre la cual se expresó la necesidad fue la de 5855 - 5925 MHz.

Así las cosas, la implementación de la tecnología ITS en la banda de 5,9 GHz en Colombia podría entonces realizarse dentro del marco del uso libre del espectro radioeléctrico, no obstante, deberá evaluarse la viabilidad de permitir en la normatividad de uso libre este tipo de aplicaciones. Si en caso contrario se decidiera realizar la implementación a través de espectro licenciado, es importante mencionar que la banda de 5,9 GHz ya se encuentra atribuida a título primario al servicio Móvil.

2.3.4.3. Sistema Móvil de Proximidad Cercana (SMPC)

Los Sistemas Móviles de Proximidad Cercana (CPMS, por sus siglas en inglés) son aplicaciones móviles para transferencia de grandes cantidades de información a muy bajas potencias. Debido a esto, requieren de elevados anchos de banda y de una proximidad entre el transmisor y el receptor. Los anchos de banda que manejan este tipo de aplicaciones normalmente van desde 2 hasta 100 GHz, razón por la cual su implementación se debe realizar en frecuencias altas donde se disponga ampliamente de espectro (UIT, 2017).

La UIT aún no ha establecido ninguna atribución del espectro por encima de 275 GHz, sin embargo, se encuentra estudiando la posibilidad de implementar tecnologías SMPC en el rango de frecuencias de 275 - 450 GHz ya que se encuentra abierta la posibilidad de atribuir dicha porción de espectro al servicio radioeléctrico Móvil, aunque bien lo señala la UIT, se deben realizar estudios de convivencia con otros sistemas de radiocomunicaciones para evaluar su posibilidad de implementación (UIT, 2017).

El Grupo de Trabajo 5A de la UIT ha reconocido la importancia de aplicaciones como sistemas de descarga con transmisión de datos de alta velocidad (p.ej. descarga de películas, música y revistas), sistemas de comunicaciones entre microchips o entre dispositivos para reemplazar sistemas de conexión ópticos y sistemas de comunicaciones inalámbricos en data centers para reemplazar conexiones cableadas, entre otros. En resumen, este tipo de aplicaciones, que pueden resultar muy atractivas en Colombia, requieren de grandes anchos de bandas a frecuencias muy altas para su funcionamiento óptimo debido a los requerimientos de disponibilidad del espectro.

Así las cosas, es pertinente adelantar un estudio para evaluar la viabilidad técnica de la adopción de los SMPC bajo el mecanismo de uso libre del espectro en Colombia en bandas altas del espectro. El estudio deberá contemplar, entre otros, las posibles frecuencias, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana. De igual manera, es necesario revisar si existe interés en el uso de esta tecnología en Colombia y si existe un desarrollo de dispositivos para este tipo de aplicaciones.

2.3.4.4. PLC (Power Line Communications)

A través de los talleres virtuales realizados con el sector eléctrico durante el año 2020[109], los cuales serán abordados en detalle en la sección 3, los ponentes mencionaron la necesidad de habilitar el uso de la tecnología PLC en Colombia con el propósito de apoyar el despliegue de soluciones de medición avanzada (AMI, por sus siglas en inglés)[110] que utilizan la misma red eléctrica como canal de datos usando un ancho de banda reducido debido al tamaño de la información, lo que se conoce en el mundo como Narrow Band PLC (NB-PLC).

La infraestructura de medición avanzada puede transmitir su información mediante diversos canales de comunicación, por una parte, están los inalámbricos a través de tecnologías de área amplia y baja potencia (LPWAN) como: Z-WAVE, WI-FI, WI-SUN,

[109] Durante el año 2020, en conjunto con el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CINTEL), la ANE llevó a cabo un ejercicio para identificar necesidades y oportunidades de uso del espectro radioeléctrico en sectores productivos del país, lo anterior dentro del marco de la implementación de la Política de Espectro 2020-2024, cuyo objetivo es modernizar la gestión del espectro para soportar la transformación digital que los diferentes sectores de la economía. A estos talleres asistieron e hicieron las presentaciones respectivas en materia de transformación digital y usos del espectro radioeléctrico, los funcionarios responsables de la política de los entes cabeza de los diferentes sectores. Adicionalmente se contó con la participación de los gremios, empresas representativas, fabricantes y expertos en la materia de cada uno de los sectores económicos.

[110] La tecnología AMI es parte de las iniciativas que componen el objetivo de Red Eléctrica Inteligente denominado "Smart Grid". Entre sus objetivos está el despliegue de "Medidores Inteligentes" los cuales una vez instalados se pretende transmitir la información o control del consumo de todo servicio público en el que el usuario es consumidor, tal como el acueducto, energía eléctrica, gas, o calefacción.

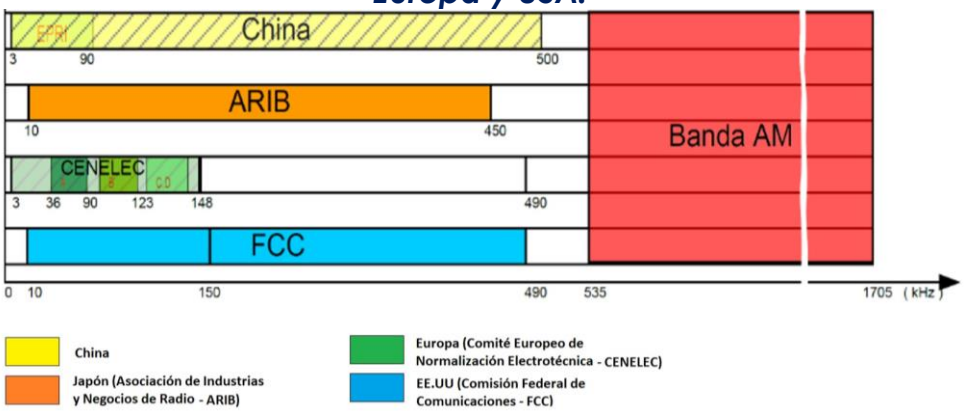
LoRA, SigFox o Bus-M Inalámbrico que utilizan bandas de uso libre como por ejemplo: 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz (902-928 MHz), 2.4 GHz, y por otra parte, los sistemas cableados como la fibra óptica o mediante técnicas como PLC (Power Line Communication, por sus siglas en inglés). [111]

Ahora, aunque el despliegue de la tecnología PLC es una alternativa de solución para soportar los servicios de telecomunicaciones del sector eléctrico, este sistema presenta un inconveniente y es que puede recibir o causar interferencias a otros sistemas de radio que operan en bandas bajas, debido a que la red eléctrica, por sus características físicas, radia parte de su señal al medio radioeléctrico[112]. En vista de lo anterior, desde el año 2019, la ANE ha venido llevando a cabo estudios para revisar las posibles interferencias que se presentan en bandas bajas del espectro, especialmente sobre el servicio de radiodifusión sonora AM. No obstante, aunque hay unos resultados preliminares, aún no se ha procedido a establecer las condiciones técnicas de emisiones fuera de banda para proteger los servicios de radiocomunicaciones, y con ello habilitar el uso en Colombia de esta tecnología.

En un contexto internacional, dado que cada país o región son autónomos en el manejo de sus sistemas eléctricos, existen varias normas que se refieren a las frecuencias portadoras de las señales con información AMI que se transmiten a través de las redes eléctricas. En consecuencia, se han definido múltiples referentes para estandarizar las tecnologías AMI-PLC. En la **Ilustración 10** se muestran las bandas de frecuencia en las que se deben encontrar las portadoras para realizar las transmisiones acordes con la región o al estándar en uso. De acuerdo con una investigación realizada por la ANE, se considera que para banda angosta los voltajes de salida no deben exceder 134 dBuV a 9 kHz decreciendo con la frecuencia hasta 120 dBuV a 95 kHz.[113]

[111] Información extraída del Entregable 1 "Estudio de interferencia Electromagnética en la Banda de Radiodifusión Sonora producida por Sistemas de Medición Avanzada de Energía Eléctrica" del proyecto de investigación llevado a cabo por la ANE en el 2019.
[112] Idem
[113] Idem

Ilustración 10. Bandas de frecuencias para señales AMI-PLC en China, Japón, Europa y USA.



Fuente: Elaboración ANE

Respecto a los sistemas de banda angosta NB-PLC, la FCC dispone a través de su regulación de uso libre los parámetros operativos del sistema de portadora de línea eléctrica para lograr el mayor grado de compatibilidad con los usuarios autorizados o con licencias de uso del espectro radioeléctrico en la banda de 9 kHz a 490 kHz[114]. Así mismo, de acuerdo con la FCC, el sistema portador de línea eléctrica opera sin protección contra interferencias y sin causarlas. Si ocurre una interferencia perjudicial, la empresa de energía eléctrica deberá descontinuar el uso o ajustar su funcionamiento de la portadora de línea eléctrica para remediar la interferencia. En este sentido, una portadora de línea eléctrica debe operar con la mínima potencia posible para lograr el propósito deseado y no se requiere una autorización de equipos, aunque estos deben ajustarse a las normas que promulgue la FCC y cumplir con los estándares aprobados. (Code of Federal Regulations, 2021)

Por su parte, el regulador OFCOM también permite que la Asociación de Redes de Energía pueda utilizar espectro para sistemas de portadoras de líneas eléctricas en algunas bandas de frecuencias entre 30 kHz y 526.5 kHz. Estos sistemas se dividen en dos categorías: Sistemas portadores normalmente inactivos que pueden utilizar cualquier frecuencia dentro del rango permitido, y los sistemas de transporte continuo que también pueden utilizar estas frecuencias, pero bajo ciertas restricciones[115].

[114] Mayor información disponible en parte 15.113 del Código Federal de Regulaciones. https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=bbf1c618734f2ff0b01ad9d5945d1a5c&mc=true&n=pt47.1.15&r=PART&ty=HTML#se47.1.15_1113
[115] Mayor información sobre las restricciones disponible en: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0008/103301/fat-power-line-frequencies.pdf

En consecuencia, dado que el uso de esta tecnología es de interés para el sector eléctrico de cara a su iniciativa de despliegue del sistema de medición inteligente-AMI, es pertinente adelantar un estudio para establecer las condiciones técnicas y los límites de emisiones no deseadas, así como otras medidas técnicas que se deban tener en cuenta para garantizar la operación sin interferencias entre el servicio de Radiodifusión Sonora AM y las emisiones no deseadas del sistema PLC.

2.3.4.5. Cables radiantes

Un sistema inalámbrico alternativo para las comunicaciones en la minería lo constituyen los sistemas conocidos como cables radiantes o cables con fugas ("leaky cable") que se emplean en la minería subterránea. Estos cables radiantes se usan en zonas donde la propagación inalámbrica en el aire es muy difícil, tales como los túneles, piques mineros, ferrocarriles subterráneos, entre otros, y su funcionamiento se basa en que la energía de radiofrecuencia se transmite por medio de un cable, generalmente coaxial, que para estos efectos actúa como una línea de transmisión convencional donde la energía es irradiada en forma controlada hacia y desde el espacio que rodea al cable, a través de ranuras o perforaciones efectuadas en el conductor exterior del coaxial. De esta forma, el cable radiante es un sistema mixto que se comporta como línea de transmisión y antena de forma simultánea. Dependiendo de su longitud, se requiere además la instalación de varios amplificadores repetidores de la señal, lo que plantea serios desafíos de requisitos de adaptación de impedancia y otros problemas técnicos.

Particularmente, en Colombia a través de los talleres virtuales realizados con sectores productivos del país durante el 2020[116], el sector de minería mencionó la necesidad de establecer bandas de frecuencias para el uso de cables radiantes o cables con fugas que se despliegan dentro de los túneles de minería y hasta el centro de control. Específicamente se mencionó la disponibilidad de cables que funcionan en la banda de VHF (enlace descendente:151,0 – 157,5 MHz, y enlace ascendente: 170,0 – 174,5 MHz).

[116] Durante el año 2020, en conjunto con el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CINTEL), la ANE llevó a cabo un ejercicio para identificar necesidades y oportunidades de uso del espectro radioeléctrico en sectores productivos del país, lo anterior dentro del marco de la implementación de la Política de Espectro 2020-2024, cuyo objetivo es modernizar la gestión del espectro para soportar la transformación digital que los diferentes sectores de la economía. A estos talleres asistieron e hicieron las presentaciones respectivas en materia de transformación digital y usos del espectro radioeléctrico, los funcionarios responsables de la política de los entes cabeza de los diferentes sectores. Adicionalmente se contó con la participación de los gremios, empresas representativas, fabricantes y expertos en la materia de cada uno de los sectores económicos.

De acuerdo con lo anterior, se considera pertinente comenzar en Colombia con los análisis técnicos adecuados para determinar la viabilidad del uso del espectro radioeléctrico para el funcionamiento de cables radiantes en aplicaciones como la minería subterránea.

Ahora, en cuanto a experiencias internacionales, se encontró que reguladores como OFCOM permiten el uso de este tipo de sistemas, dado que el cable radiante es una forma ideal de entregar niveles bajos de radiofrecuencia (RF) en edificaciones y con ello proporcionar cobertura en las partes más inaccesibles del edificio y a través de cada piso, incluidos los sótanos, etc. La mayoría de los cables radiantes tienen una pérdida de acoplamiento de más de 50 dB, pero la señal transmitida se envía a las áreas que necesitan una cobertura confiable. Los cables también captarán las señales transmitidas desde los terminales cercanos. En cuanto a los parámetros técnicos, OFCOM señala que los niveles de potencia deben controlarse cuidadosamente y una potencia máxima en el extremo del cable más alto no debe exceder los 100 mW. De todas formas, la potencia de transmisión debe reducirse para cumplir con el requisito de cobertura del edificio. (OFCOM).

2.4. INICIATIVAS DE COMUNICACIONES PARA ZONAS RURALES

Dentro de las iniciativas de gestión de espectro de la mayoría de las administraciones, se encuentran los planes y programas con carácter social para mejorar la conectividad en las zonas más apartadas o para los grupos con menor posibilidad de acceso a las telecomunicaciones. Es así como la UIT, considerando que en las zonas rurales los factores como: la pobreza, el analfabetismo, y la ausencia de servicios y de infraestructura TIC limitan el acceso a Internet, recomienda a las administraciones de los países en desarrollo que incluyan dentro de sus planes y programas, la prestación de comunicaciones en estas zonas desatendidas y los modelos comunitarios de acceso a las TIC. (UIT, 2019)

En línea con lo mencionado anteriormente, en la 36ª reunión del Comité Consultivo permanente II de CITEL, se aprobó la Recomendación CCP.II/REC. 63 (XXXVI-20) (CITEL, 2020), relacionada con las iniciativas para la expansión de las telecomunicaciones en áreas rurales y desatendidas o insuficientemente atendidas. Esta recomendación nace como una medida para encontrar nuevas alternativas que puedan dar solución en el corto plazo a esta problemática sobresaliente en la región. Se destacan las siguientes iniciativas:

- Considerar incentivos para que, mediante el adecuado aprovechamiento del espectro radioeléctrico, se amplíe la cobertura de servicios de telecomunicaciones en condiciones asequibles y de calidad, implementando marcos regulatorios flexibles que faciliten el acceso a servicios y el uso del espectro radioeléctrico con el objetivo de fomentar las inversiones en esas zonas que promuevan el cumplimiento de obligaciones de la cobertura de servicio,
- Considerar modelos alternativos e innovadores de asignación, licenciamiento y pago por el uso del espectro radioeléctrico que tengan como objetivo facilitar la expansión de cobertura,
- Considerar políticas para fomentar inversiones dirigidas a tecnologías satelitales, aeronáuticas, y soluciones terrestres incluyendo plataformas estratosféricas, entre otras, que podrían brindar servicio de telecomunicaciones en el corto plazo,
- Considerar la implementación de nuevas tecnologías y técnicas de gestión dinámica de espectro radioeléctrico que permitan su uso flexible o compartido incluyendo espectro licenciado y no licenciado.

Estos lineamientos de la UIT y CITEL han dado cabida a diferentes proyectos alternativos desarrollados en América Latina para incentivar la conectividad en territorios y comunidades vulnerables con mayores dificultades para acceder a las TIC.

Entre estos proyectos se destacan las redes comunitarias como una opción para impulsar el incremento de la conectividad con redes de propiedad y gestión colectiva por parte de las comunidades que ejercen su derecho a la comunicación bajo principios de participación democrática de sus miembros, equidad, igualdad de género, diversidad y pluralidad[117] (Carlos Baca, 2018)

Por ejemplo, en el caso de México, se ha permitido el desarrollo de una red comunitaria pionera en Latinoamérica haciendo uso del espectro en la banda IMT de 850 MHz,[118] que se entregó por parte de IFT regionalmente a través de concesión.[119] Adicionalmente, para aumentar la disponibilidad del espectro para

[117] La definición de redes comunitarias presentada por el autor se toma de la declaración de la primera cumbre latinoamericana de redes comunitarias. Mas información disponible en: https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2018/11/2018-Redes-Comunitarias-ES.pdf
[118] Para más información ver: Manual de telefónica Celular Comunitaria. Redes por la diversidad, equidad y sustentabilidad. Disponible en https://www.apc.org/es/pubs/manual-sobre-telefonia-celular-comunitaria
[119] Para mayor información ver: Ley Federal de Telecomunicaciones Art. 67, 76, 83, 84, 85. Disponible en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR_240120.pdf

uso social y público, IFT en su periodo 2019 - 2024 contempla la identificación y disponibilidad de espectro para el despliegue de sistemas de telecomunicaciones y servicios de radiodifusión de uso social y uso público, así como también menciona el diseño de mecanismos para facilitar el despliegue de estos usos y la emisión de recomendaciones para el uso del espectro con carácter social (IFT, 2019)

Ahora, otros países como Argentina y Brasil permiten la exención del pago de aranceles por concepto de la licencia para la operación de redes de telecomunicaciones a operadores que presten servicio a menos de 5.000 usuarios. Adicionalmente, en el caso de Argentina, se incorporó el concepto de redes comunitarias[120] para diferenciar a los proveedores de redes y servicios con enfoques comunitarios.[121] En cuanto a la utilización del espectro, a diferencia de México, en Argentina y Brasil no se ha dispuesto de un marco de uso de espectro específico para esquemas comunitarios o rurales alternativos, pero se cuenta con las bandas y equipos de libre utilización que permiten desarrollar este tipo de redes, por ejemplo, Wi-Fi.

En el caso de Colombia, el Mintic ya se encuentra explorando la posibilidad de dar cabida a operadores comunitarios en áreas rurales o de difícil acceso para el despliegue de servicios. Para ello, suscribió un convenio[122] con la asociación COLNODO, el cual permitirá, a través de un proyecto piloto, identificar la viabilidad técnica, jurídica, económica y social para la implementación de redes comunitarias en áreas rurales desatendidas. A través de este estudio, el Mintic busca establecer la normatividad pertinente, incluida la asociada con la gestión del espectro, para facilitar y promover el despliegue de las redes rurales comunitarias, por lo que la ANE en conjunto con el Mintic se encuentran trabajando en el desarrollo de una propuesta para permitir el acceso y uso del espectro, y con base en ello, fomentar el despliegue de este tipo de redes en el país.

Ahora bien, la problemática de la brecha digital no es ajena a países de Norteamérica y Europa. Por ejemplo, se conoce que la FCC realizó una subasta de incentivos en la banda de 600 MHz, donde se otorgó financiamiento a los proveedores de servicios rurales y a los proveedores de telecomunicaciones que

[120] De acuerdo con la Resolución 4958/2018 de ENACOM, se entiende por "Redes Comunitarias" a aquellas compuestas por infraestructura gestionada por sus propios usuarios o por las entidades sin fines de lucro que los agrupen, permitiendo y promoviendo su ampliación a través de la incorporación de nuevos usuarios o conectándose con Redes Comunitarias vecinas; en poblaciones de no más de cinco mil (5.000) habitantes.
[121] Para más información ver: Resolución 4958 del 15 de agosto de 2018. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-4958-2018-313590/texto
[122] Información tomada del Convenio Especial de Cooperación de Ciencia y Tecnología 015 de 2019 suministrado por el MINTIC a la ANE.

llegaran a desplegar infraestructura o prestar servicios de telecomunicaciones en áreas rurales. Este modelo fue diseñado para incentivar a los operadores móviles a dar acceso y servicio asequible y de calidad a la población que vive en zonas rurales. Así mismo, este modelo de financiamiento ofrece una alternativa a quienes buscan implementar redes bajo esquemas comunitarios (Carlos Baca, 2018)

Otra iniciativa para resaltar es la de Canadá, donde el regulador ISED tiene el compromiso de garantizar que los consumidores, las empresas y las instituciones públicas canadienses sigan beneficiándose del acceso a las redes inalámbricas de calidad con precios competitivos en comunidades urbanas, rurales y remotas. Por esto, el modelo para la concesión de licencias de espectro en Canadá ha incluido varias medidas para fomentar la cobertura inalámbrica en zonas rurales y remotas, específicamente mediante obligaciones dentro de los procesos de renovación de licencias de espectro y un nuevo marco de concesión de licencias de espectro en la banda de 600 MHz, donde se hizo hincapié en promover la conectividad rural a través de requisitos de despliegue de cobertura (ISED, 2018).

Otro elemento que incluye el regulador ISED para fomentar la cobertura inalámbrica en áreas rurales y remotas de Canadá es trabajar por hacer que exista disponibilidad de espectro a menores costos. Esto incluye medidas como disponer más espectro para uso no licenciado (p. ej., para dispositivos de espacio en blanco) y la entrega de licencias en forma compartida, por ejemplo, en la banda de 3,5 GHz para permitir el acceso a diferentes actores, incluidos pequeños proveedores y proveedores sin fines de lucro que puedan estar interesados en una opción de espectro de bajo costo para el despliegue de banda ancha en zonas rurales y remotas (ISED, 2018).

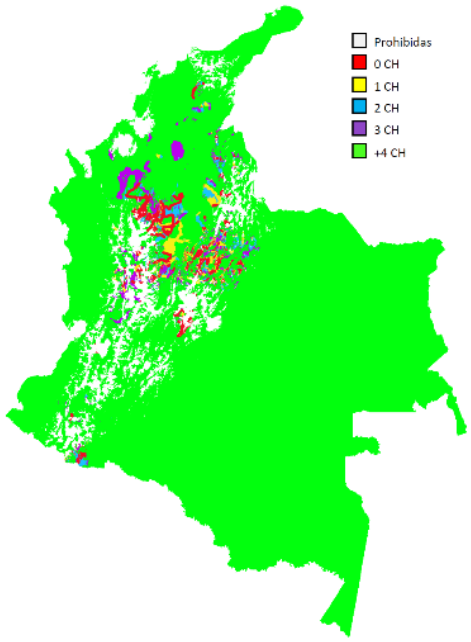
Ahora bien, en línea con esta iniciativa de atender la necesidad de cobertura de comunicaciones en zonas rurales o desatendidas de Colombia, el Mintic, a través de planes y proyectos de política pública como el Plan Vive Digital, el proyecto nacional de fibra óptica, la activación de centros digitales en áreas rurales, así como las obligaciones de cobertura de localidades interpuestas a los operadores móviles asignatarios de la banda de 700 MHz, entre otros, ha venido realizando esfuerzos para mejorar la conectividad en zonas desatendidas del país. No obstante, esta problemática se ha puesto de relieve por parte de los diferentes sectores económicos del país, los cuales a través de los talleres virtuales realizados durante el 2020, mencionaron los inconvenientes que aún existen en materia de deficiencia de comunicaciones móviles y de acceso a Internet en las zonas rurales y suburbanas del país, lo cual limita notoriamente el acceso a las soluciones TIC que hacen uso del

espectro radioeléctrico y que pudieran implementarse por los entes de los diferentes sectores económicos. Ante esta situación, esta entidad considera apremiante incluir dentro de este Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años, líneas de acción encaminadas a continuar abordando esta necesidad y sus posibles alternativas de solución.

Ahora, es bien conocido a nivel mundial que una de las tecnologías que permite llevar conectividad de última milla a zonas rurales es la de espacios en blanco de televisión (TVWS, por sus siglas en inglés). En efecto, TVWS es una tecnología de acceso oportunista al espectro que permite la utilización, de manera gratuita y dinámica, de los canales no asignados al servicio de TV dentro de un área geográfica y una banda de frecuencias específica.

No obstante, de acuerdo con unos análisis realizados por la ANE en el año 2020 (ANE, 2020), a pesar de haberse adoptado esta tecnología en el país, la disponibilidad de canales TVWS se ha visto limitada, en algunos casos con cero canales disponibles en zonas de interés de la geografía colombiana (puntos marcados en rojo de la Ilustración 11) y en otras zonas geográficas en cuanto al número máximo de canales disponibles (puntos marcados con colores amarillo, azul y morado de la Ilustración 11), situación presentada debido en gran parte a la asignación actual de los canales del servicio de televisión en el rango de 470 a 698 MHz y a los requerimientos técnicos y operativos establecidos para proteger a dicho servicio de interferencias perjudiciales, tales como zonas restringidas y radios de contorno interferente en canales adyacentes, entre otros.

Ilustración 11. Distribución de número de canales disponibles TVWS sobre el territorio colombiano



Fuente: Elaboración ANE

Hay que mencionar además que a través de la nota internacional 5.308A del CNABF, la banda de 614 a 698 MHz (correspondiente a los canales 38 al 51 de televisión y que son también actualmente usados para dispositivos TVWS) fue identificada en Colombia para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Precisamente, en el estudio realizado por la ANE en el 2020 denominado "*Documento de consulta pública sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en Colombia*"[123], la banda de 600 MHz ha sido considerada en la región Américas fundamental para los próximos despliegues de cobertura 5G, con lo cual esta banda viene siendo revisada desde el punto de vista de la ocupación nacional, así como de la disponibilidad de equipos en el mercado. Bajo esta revisión se ha podido evidenciar un buen pronóstico de

[123] Documento disponible en la página web de la ANE en el siguiente enlace: https://www.ane.gov.co/Lists/Noticias/DispForm2.aspx?ID=147&Source=https%3A%2F%2Fwww%2Eane%2Egov%2Eco%2FSitePages%2Fnoticias%2Easpx%23InplviewHashebb98304%2D35b3%2D4c1d%2D8dc9%2Db22c519364df%3DPaged%253DTRUE%2Dp%5FCreated%253D20200820%25252016%25253a26%25253a36%2Dp%5FID%253D149%2DPageFirstRow%253D121&ContentTypeId=0x0104001C75829443BF994D8C5D2197E79549FC

anuncios de dispositivos 5G en la banda de 600 MHz impulsado especialmente por EE. UU y Canadá (GSA, 2021).

En este sentido, y dado que en un futuro es posible que esta banda de frecuencias sea asignada para comunicaciones móviles de banda ancha en Colombia, se considera pertinente iniciar estudios para determinar la viabilidad técnica de usar la tecnología TVWS en otras bandas de frecuencias del servicio de radiodifusión de televisión, como por ejemplo la banda de VHF (54-216 MHz), así como realizar una revisión de la disponibilidad comercial de equipos en estas bandas alternativas.

Dentro de este estudio, en caso de ser viable, se deberán establecer las condiciones técnicas y operativas de uso de dicha tecnología en la banda VHF, así como llevar a cabo las acciones necesarias para incluir las modificaciones respectivas en la Base de Datos de Espacios en Blanco (BDEB) de la ANE.

En un contexto internacional, en efecto, se conoce que el regulador ISED en Canadá permite el uso de la tecnología de espacios en blanco en las bandas de frecuencias de 54-60 MHz (canal de TV 2), 60-72 MHz (canales de TV 3 y 4), 76-88 MHz (canales de TV 5 y 6), 174-216 MHz (canales de TV 7 al 13), 470-512 MHz (canales de TV 14 al 20), 512-608 MHz (canales de TV 21 al 36) y 657-663 MHz (correspondiente al gap de la banda de 600 MHz IMT) (ISED, 2020). De igual manera, la FCC permite la operación de dispositivos de espacios en blanco en los canales disponibles en las bandas de 54-72 MHz (canales de TV 2-4), 76-88 MHz (canales de TV 5 y 6) y 174-216 MHz (canales de TV 7-13) (FCC, 2021).

Por otra parte, se ha identificado que otra tecnología que promueve la conectividad en zonas remotas y de difícil acceso es la Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS, por sus siglas en inglés). DOCSIS es una tecnología altamente usada por los proveedores de servicio de televisión por cable para proveer servicios de transferencia de datos y así brindar acceso a Internet sobre la infraestructura de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. Sin embargo, cuando estos proveedores desean expandir su cobertura en zonas de difícil acceso y ubicación, les es útil emplear tecnologías inalámbricas para reducir costos de implementación de su red y aumentar el número de usuarios. Es así como la variación inalámbrica de la tecnología DOCSIS representa una opción importante para brindar conectividad en zonas rurales de Colombia, ya que además brinda compatibilidad con las redes cableadas existentes.

La topología de la tecnología DOCSIS inalámbrica consiste en la adición de un punto de acceso inalámbrico en una sección de la red cableada DOCSIS que brinda cobertura sectorial a Equipos Locales de Cliente (CPE, por sus siglas en inglés), en esencia corresponde a un sistema punto a multipunto (Arcwave Inc., 2004). Esta topología, sumada a la necesidad de implementaciones de bajo costo para brindar conectividad a zonas rurales, hace que normalmente se busquen bandas de uso libre para la implementación de DOCSIS inalámbrica, por ejemplo, en bandas de frecuencias de uso libre en donde no funcionan servicios primarios como 900 MHz, 2.4 GHz y 5 GHz (Arcwave Inc., 2004), sin embargo, su implementación también puede realizarse en bandas destinadas a sistemas de radiodifusión de televisión bajo esquemas de acceso compartido como, por ejemplo, la banda de frecuencias de 470 – 698 MHz.

Así las cosas, para la implementación de la tecnología DOCSIS inalámbrica se considera pertinente realizar un estudio en donde se evalúen posibles bandas de frecuencias para la implementación de sistemas punto a multipunto, el cual también debe incluir la revisión de las condiciones técnicas permitidas para la implementación de estos sistemas bajo la modalidad de uso libre del espectro, incluidas las bandas de 900 MHz, 2.4 GHz y 5 GHz, así como las bandas de frecuencias en donde funciona la tecnología de Espacios en Blanco de Televisión (TVWS), todo lo anterior en el marco de la disponibilidad de equipos de radiocomunicaciones en las bandas de frecuencias.

2.5. COMUNICACIONES SATELITALES DE BANDA ANCHA

Las comunicaciones por satélite representan una importante solución de conectividad, la cual va desde prestar servicios a comunidades localizadas en zonas aisladas hasta aplicaciones específicas comerciales como; los servicios de difusión directa al hogar por satélite (DTH, por sus siglas en inglés) [124], servicios de acceso a Internet a bordo de aeronaves, respaldo en redes de misión crítica, comunicaciones militares, backhaul satelital, banda ancha satelital, comunicaciones móviles satelitales, etc.

En los últimos años han surgido en el mercado nuevos proveedores de servicios satelitales con la promesa de valor de ofrecer servicios más ágiles, con mayor capacidad y soporte para nuevos servicios como la tecnología 5G y el Internet de las Cosas. La mayoría de estos nuevos actores proponen **constelaciones satelitales**

[124] Los servicios de difusión directa al hogar (DTH) permiten la transmisión de canales de televisión y radio directamente desde los satélites hasta los hogares. Información basada en: https://www.hispasat.com/es/soluciones-y-servicios/audiovisuales/dth

en órbitas bajas (LEO), constituidas por varios cientos o miles de satélites, como por ejemplo la red Starlink en fase de desarrollo de SpaceX la cual cuenta con 12.000 satélites en órbita a marzo de 2021[125].

Este panorama evidencia un crecimiento significativo a corto y mediano plazo en el mercado mayorista de las comunicaciones satelitales, situación que se ha consolidado por la necesidad de las personas de estar siempre conectadas y el impacto positivo que tiene el acceso a Internet en el desarrollo y productividad de un país, lo cual ha motivado que las industrias de telecomunicaciones, como la Satelital, evolucionen mejorando sus capacidades para mejorar la calidad de los servicios. (Departamento Nacional de Planeación, 2018)

De cara a esta evolución, los sistemas satelitales han optimizado sus técnicas de comunicación digital mediante aspectos como mejores esquemas de modulación y codificación, uso de bandas de frecuencias más altas y con mayores anchos de bandas, y el uso de múltiples haces o beams directivos de alta capacidad. De esta forma, en los últimos años se han puesto a disposición del mercado los sistemas satelitales conocidos como satélites de alto rendimiento (HTS, por sus siglas en inglés) y de muy alto rendimiento (VHTS, por sus siglas en inglés), que ofrecen un incremento en la eficiencia espectral del sistema, es decir, la posibilidad de transmitir más información en la misma cantidad de espectro que los satélites tradicionales.

En este sentido, la evolución de los sistemas satelitales representa nuevos retos en la gestión del espectro y plantea una necesidad de modernizar la normatividad para aprovechar los beneficios socioeconómicos que puede generar el desarrollo de estas tecnologías.

Particularmente, en Canadá, ISED ha observado una tendencia de la industria satelital a moverse a frecuencias más altas en respuesta a las aplicaciones de uso intensivo de datos que requieren mayores anchos de banda (Internet de mayor capacidad e imágenes y video de alta resolución), por lo que el regulador considera que es necesario disponer de espectro adicional para este tipo de servicios en bandas altas. (ISED, 2018)

[125] Información basada en la noticia publicada en: https://spacenews.com/spacex-launches-starlink-satellites-and-expands-international-service/

Al respecto, agremiaciones como el Foro Global de VSAT (GVF) han señalado que, [126] actualmente la industria satelital está en etapa de planificación de estaciones terrenas "Gateway" de sistemas HTS y VHTS que se comunican con estaciones espaciales geoestacionarias como no-geoestacionarias en las bandas de 27,0-27,5 GHz, 37,0-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz, donde muchos operadores tienen planes de implementar estaciones terrenas con licencia individual y, en algunos casos, terminales de usuario. De esta manera, algunos operadores satelitales ya se están preparando para lanzar satélites que operarán en varios segmentos del rango de frecuencias milimétricas, mientras que otros están en etapa de diseño y construcción. Por tal motivo, la agremiación satelital ha realizado algunas recomendaciones a la administración de Colombia para que los servicios satelitales tengan acceso al espectro necesario en bandas milimétricas, ya sea para el funcionamiento de los Gateways o para el despliegue de terminales de usuario de alta densidad del servicio fijo por satélite (HDFSS)[127]

Al respecto, y dada la importante función que tendrán tanto la industria satelital como la móvil terrestre para el desarrollo del ecosistema de conectividad de banda ancha en Colombia, es importante mencionar que dentro de esta planeación de espectro que se está realizando para el periodo 2022-2026 se deberán llevar a cabo los análisis respectivos para disponer de las medidas técnicas y operativas necesarias que permitan la coexistencia entre los servicios IMT y SFS en las bandas de frecuencias por encima de 26 GHz. Estos análisis deberán incluir los resultados de los estudios de convivencia[128] que se han llevado a cabo en el país, así como las disposiciones técnicas que fueron recomendadas por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019[129] para la coexistencia de estos servicios en las bandas milimétricas.

Por otra parte, es importante recalcar que Colombia se encuentra modernizando su régimen satelital para armonizarlo con las disposiciones internacionales y sus

[126] Información tomada de los comentarios remitidos por Global VSAT Forum (GVF) respecto al uso del espectro para el desarrollo de servicios satelitales en Colombia. Consulta Pública realizada por la ANE en 2020 sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) en Colombia, disponible en: https://www.ane.gov.co/Lists/Noticias/DispForm2.aspx?ID=243&Source=https%3A%2F%2Fwww%2Eane%2Egov%2Eco%2FSitePages%2Fnoticias%2Easpx%23InplviewHashebb98304%2D35b3%2D4c1d%2D8dc9%2Db22c519364df%3DPaged%253DTRUE%2Dp%5FCreated%253D20210125%25252020%25253a51%25253a04%2Dp%5FID%253D244%2DPageFirstRow%253D31&ContentTypeId=0x0104001C75829443BF994D8C5D2197E79549FC

[127] Idem

[128] Agencia Nacional del Espectro. Estudios de convivencia "Parámetros Técnicos de Operación para los Sistemas 5G, los Sistemas Punto A Punto y los Sistemas Fijos Por Satélite en la Banda de 26 GHz que permitan la convivencia entre ellos". 2019.

[129] Resolución 242 (CMR-19) "Componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz" y Resolución 243 (CMR-19)" Componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en las bandas de frecuencias 37-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz. Disponible en documento de Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019: https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/es

necesidades nacionales actuales y futuras, con el fin de definir un entorno normativo estructurado y flexible que promueva el desarrollo digital y la introducción de nuevas tecnologías satelitales en el país. Así las cosas, el Mintic publicó para comentarios a principios de 2021 un proyecto de resolución que busca establecer las condiciones, los requisitos y el trámite para el otorgamiento del permiso para el uso del espectro radioeléctrico asociado a los servicios de radiocomunicaciones por satélite.[130]

2.5.1. ESIM a Futuro-Nueva Generación de Satélites

Pasada la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019, los Estados miembros de la UIT acordaron una nueva Resolución que impulsará el despliegue de estaciones terrenas en movimiento (ESIM, por sus siglas en inglés).[131] De acuerdo con el ITU Magazine de la UIT (ITU, 2019), las Estaciones Terrenas en Movimiento proporcionan comunicaciones de banda ancha, incluida la conectividad a Internet sobre plataformas en movimiento. Se señala en este informe que para hacer frente a la creciente necesidad de espectro de radiofrecuencias para las ESIM, al tiempo que se protege a los demás servicios, los delegados a la CMR-19 definieron las condiciones reglamentarias y técnicas en las que se pueden utilizar las bandas de frecuencias de 17,7-19,7 GHz (espacio-Tierra) y 27,5-29,5 GHz (Tierra-espacio) para la comunicación de las estaciones terrenas (ESIM aeronáuticas, marítimas y terrestres) con las estaciones espaciales de órbita geoestacionaria (GSO, por sus siglas en inglés) en el servicio fijo por satélite.

Ahora, para incentivar el desarrollo de las Estaciones Terrenas en Movimiento, el Foro Global de VSAT (GVF), recomienda a las administraciones, a través de CITEL, permitir la adopción de regímenes de "*licencias genéricas o globales*", es decir, no requerir licencias individuales para cada terminal y brindar la autorización a nivel nacional de ESIM, lo que permitiría la implementación y el despliegue eficiente y rentable de los terminales de usuario. De igual forma, GVF recomienda la libre circulación de las ESIM autorizadas por otra administración, y la publicación oportuna de los procedimientos para autorizar la operación de las ESIM en los países. Estas acciones, según lo menciona GVF, permitirán procesos de autorización más ágiles y simples,

[130] Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Por la cual se establecen las condiciones, requisitos, el trámite, para el uso del espectro radioeléctrico, se fijan las contraprestaciones por la prestación de servicios de radiocomunicaciones por satélite, se deroga la Resolución 106 de 2013 y se modifican otras disposiciones. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/portal/715/articles-161693_recurso_1.pdf

[131] RESOLUCIÓN 155 (REV.CMR-19) "Disposiciones reglamentarias relativas a las estaciones terrenas a bordo de aeronaves no tripuladas que funcionan con redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite en determinadas bandas de frecuencias no sujetas a un Plan de los Apéndices 30, 30A y 30B para el control y las comunicaciones sin carga útil de sistemas de aeronaves no tripuladas en espacios aéreos no segregados

así como el acceso oportuno a los servicios para los usuarios finales (Foro Global de VSAT GVF, 2021).

Es tan relevante esta situación que países como Canadá se encuentran revisando la concesión de licencias de estaciones terrenas, así como los procedimientos y el régimen tarifario asociado, considerando el potencial de los terminales de satélite que soportan nuevas aplicaciones de movilidad y banda ancha, así como la creciente demanda de capacidad para servicios satelitales (ISED, 2018).

Al respecto, Colombia dentro de su proceso de modernización del régimen satelital ha dispuesto en el proyecto de resolución respectivo, que las ESIM que funcionan conforme con las disposiciones y condiciones de operación del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT podrán operar en el país mediante un permiso de uso de espectro otorgado de forma grupal, independientemente de la cantidad de ESIM que se desplieguen. Así mismo, se define un valor de contraprestación económica por el permiso asociado a un grupo de estaciones, con lo cual se busca incentivar el despliegue masivo de este tipo de tecnologías en el país.

Finalmente, y dado que durante la CMR-23 se tomarán decisiones sobre la utilización de las bandas de frecuencias de 17,7-18,6 GHz, 18,8-19,3 GHz y 19,7-20,2 GHz (espacio-Tierra) y 27,5-29,1 y 29,5-30,0 GHz (Tierra-espacio) por parte de las Estaciones Terrenas en Movimiento que se comunican con estaciones espaciales no geoestacionarias del servicio fijo por satélite (UIT, 2019), es importante evaluar la inclusión del asunto dentro de la normatividad del régimen satelital en Colombia, conforme a las decisiones que se establezcan en la próxima conferencia de radiocomunicaciones.

2.5.2. Sistemas NGSO

Otro tema de especial interés para las administraciones son las autorizaciones de los terminales de usuario de los sistemas de órbita no geoestacionaria (NGSO, por sus siglas en inglés) capaces de ofrecer Internet de banda ultra ancha. En consecuencia, diferentes países están adoptando marcos que permiten la autorización de grandes números de terminales de usuario en lugar de requerir licencias por terminal, facilitando así el rápido despliegue de servicios satelitales para comunicaciones y radiodifusión. Es así como a través de CITEL se ha comenzado a trabajar en iniciativas encaminadas a actualizar los marcos normativos de los países para facilitar y promover el despliegue de las redes satelitales no geoestacionarias, a fin de mejorar la penetración de la banda ancha en los mercados.

En este sentido, operadores satelitales como SpaceX, señalan que los marcos que permitan autorizaciones de carácter general podrían llegar a ser relevantes para los sistemas de satélites NGSO que ofrecen servicios de Internet de banda ultra ancha a usuarios finales en todo el mundo, incluyendo áreas rurales y remotas, y que requerirán miles, o incluso millones de terminales de usuario. De acuerdo con SpaceX, estos marcos regulatorios se han adoptado principalmente a través de tres mecanismos: *I*) Exención de licencias para las terminales de usuario (caso de Nueva Zelanda o Unión Europea); *II*) Autorización de terminales de usuario aprobadas automáticamente tras la concesión de otro tipo de licencia, como autorización de derechos de aterrizaje, licencia de frecuencia, licencia de estaciones terrenas o licencias de red/servicio (caso Australia o Indonesia); y *III*) Una solicitud de licencia general y un proceso de aprobación separados (caso Reino Unido) (SpaceX, 2020). En América, países como Brasil y Estados Unidos han adoptado marcos de autorización que permiten a los operadores satelitales registrar múltiples terminales de usuario a la vez. En Chile, el marco regulatorio permite la autorización de muchos terminales de usuario como parte de la concesión de telecomunicaciones, y México ha propuesto un enfoque similar, autorizando terminales de usuario a través del proceso de solicitud de la estación terrena. Sin embargo, la mayoría de los marcos regulatorios siguen orientados hacia VSAT y otros terminales de usuario para sistemas GSO. Otras administraciones otorgan a los terminales de usuario el mismo estatus reglamentario que las estaciones terrenas, lo que significa que, en la práctica, el proceso de aprobación debe realizarse individualmente con los mismos requisitos que aplican para las estaciones terrenas (SpaceX, 2020).

Adicionalmente, México realizó una consulta pública en 2020[132] sobre diversos temas relacionados con la gestión satelital, entre estos; *I*) las reglas generales de las comunicaciones por satélite; *II*) el uso de las posiciones orbitales de los satélites y las correspondientes bandas del espectro; *III*) el funcionamiento de los servicios nacionales por satélite incluidas las obligaciones para los proveedores de servicios por satélite; y *IV*) el marco de concesión de licencias para estaciones terrestres y equipos terminales que reciben señales de satélites extranjeros.

De igual manera, en virtud de la importancia de los sistemas satelitales para promover la accesibilidad y asequibilidad de las TIC, la Subsecretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Argentina, inició el proceso de consulta pública para establecer los lineamientos generales para el proyecto de Reglamento

[132] Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Consulta Pública sobre el "Anteproyecto de Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite". Disponible en: http://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-sobre-el-anteproyecto-de-disposiciones-regulatorias-en-materia-de-comunicacion

General de Gestión y Servicios Satelitales. El objetivo de la convocatoria es construir el reglamento general de los servicios satelitales, en aras de proteger y estimular los sistemas satelitales, fomentando la competencia y la mejora en la prestación de servicios en el mercado satelital.[133]

En relación con los terminales de usuarios de sistemas NGSO que se desplegarán de forma masiva en Colombia, se resalta que el proyecto de resolución para la modernización del régimen satelital publicado por el Mintic contempla la expedición de permisos de uso de espectro de forma grupal para los terminales de usuario tanto de sistemas NGSO como GSO, permiso que no dependerá de la cantidad de terminales que se desee desplegar.[134]

Ahora, un aspecto importante para tener en cuenta a futuro dentro del desarrollo y la evolución de los sistemas de satélites NGSO es que el Grupo de Trabajo 4A (WP4A) de la UIT-R inició labores para desarrollar Recomendaciones sobre técnicas eficientes de compartición de espectro entre sistemas NGSO, debido a que en la actualidad no existe en la UIT-R ninguna metodología específica aprobada para evaluar el nivel de interferencia causada por los sistemas NGSO del Servicio Fijo por Satélite (SFS) o por las asignaciones de estos sistemas con respecto a otros sistemas NGSO.

Cabe mencionar que, aunque tales metodologías están actualmente en desarrollo, la industria satelital está buscando que las actualizaciones y las disposiciones finales que se aprueben dentro del Reglamento de Radiocomunicaciones tomen en cuenta la naturaleza dinámica de los sistemas NGSO y las consideraciones operativas de las constelaciones planificadas, con el propósito de facilitar la plena utilización de tecnologías espectrales eficientes que están en fase de desarrollo para estas constelaciones y asimismo apoyar la coordinación entre redes satelitales. En este sentido, el WP4A ha comenzado la labor para desarrollar Recomendaciones UIT-R que contienen metodologías para compartir espectro de manera eficiente entre sistemas NGSO del SFS de próxima generación en ciertas bandas de frecuencias donde estos sistemas están autorizados para operar.

[133] Mas información disponible en: https://www.argentina.gob.ar/noticias/llamado-consulta-publica-para-establecer-el-reglamento-general-de-servicios-satelitales

[134] Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Por la cual se establecen las condiciones, requisitos, el trámite, para el uso del espectro radioeléctrico, se fijan las contraprestaciones por la prestación de servicios de radiocomunicaciones por satélite, se deroga la Resolución 106 de 2013 y se modifican otras disposiciones. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/portal/715/articles-161693_recurso_1.pdf

En particular, se conoce que el WP4A inició labores para tratar dos temas; *i*) la disposición de técnicas de compartición de sistemas NGSO para evaluar la interferencia agregada de densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) para la protección de sistemas GSO que operan en bandas del SFS, y *ii*) la disposición de técnicas de compartición entre sistemas NGSO.

En conclusión, se podría decir que el WP4A está considerando varias actualizaciones a las recomendaciones existentes y está desarrollando nuevas recomendaciones para facilitar la compartición eficiente de espectro entre redes GSO y sistemas NGSO de banda ancha de próxima generación, y entre sistemas NGSO, con lo cual la administración de Colombia deberá participar y estar al tanto del trabajo en curso del WP4A para tomar en consideración los resultados a medida que avancen estos estudios.

2.5.3. Reglamentación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión

Las disposiciones reglamentarias para permitir el desarrollo de servicios de radiocomunicaciones por satélite en los distintitos países se establecen principalmente para servicios de tipo fijo, móvil, radiodifusión y aficionados. No obstante, existen otros servicios por satélite que requieren una gestión del recurso. Estos servicios son, por ejemplo: Radionavegación por Satélite, Radiodeterminación por Satélite, Exploración de la Tierra por Satélite, Ayuda a la Meteorología por Satélite, Investigación Espacial, Radioastronomía, Frecuencias Patrón y de Señales horarias por Satélite.

Esta situación también se presenta en Colombia en donde no existe un marco normativo específico para gestionar el uso del espectro para todos estos servicios satelitales mencionados anteriormente. En este sentido, se considera pertinente incluir dentro de esta planeación de espectro a 5 años, la actividad de desarrollar entre la ANE y el Mintic un proyecto reglamentario que establezca los lineamientos, disposiciones y condiciones de operación para las estaciones terrenas asociadas a los servicios listados.

2.6. PLANES FUTUROS PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA

2.6.1. Extensión de la banda de Frecuencia Modulada (FM)

A nivel regional, específicamente en CITEL se han venido conociendo documentos de contribución de algunas administraciones, como Brasil[135] y Ecuador[136], encaminadas a promover la armonización regional de la banda de 76-88 MHz para el servicio de radiodifusión sonora en FM. Estas propuestas se basan, por una parte, en la liberación de la banda de 76-88 MHz como resultado de los planes de transición digital de los sistemas de transmisión de televisión terrestre que se están ejecutando en la mayor parte de los países de América, y por otra, en la demanda de frecuencias del servicio de radiodifusión sonora FM que actualmente sobrepasaba la disponibilidad existente en algunas áreas geográficas.

Específicamente, el regulador ANATEL de Brasil viene revisando la atribución nacional de la banda de 76-88 MHz desde principios de 2018 con base en las políticas públicas establecidas por el Ministerio de Comunicaciones. Desde entonces, se han llevado a cabo discusiones entre el regulador y el sector de radiodifusión con el fin de definir los criterios técnicos para el uso de la banda FM ampliada, que incluye, entre otros, los parámetros de planificación para nuevos canales FM y su coexistencia con los canales 5 y 6 de Televisión, que operarán en algunas áreas hasta la finalización de la segunda fase del apagón analógico en Brasil a finales de 2023. El resultado de estas discusiones se incluyó en el nuevo Reglamento Técnico de FM de Brasil, publicado por ANATEL en noviembre de 2020.[137]

ANATEL anunció en el primer trimestre del 2021 que espera garantizar las frecuencias necesarias para que el Ministerio de Comunicaciones realice la migración de 364 radios AM a la banda FM, donde la banda más opcionada corresponde a la banda FM Extendida.[138] Así mismo, se conoce que durante la inauguración del uso de la

[135] Proyecto de Recomendación CCP.II/REC. XXX (XXXVII-21) "Servicios de Radiodifusión en FM en la banda de frecuencias de 76-88 MHz". OEA/Ser.L/XVII.4.2.37 CCP.II-RADIO/doc. 5297/21. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx

[136] Documento informativo presentado por la delegación de Ecuador. Situación normativa de la banda de 76 a 108 MHz en Ecuador. OEA/Ser.L/XVII.4.2.37 CCP.II-RADIO/doc. 5318/21. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx

[137] Proyecto de Recomendación CCP.II/REC. XXX (XXXVII-21) "Servicios de Radiodifusión en FM en la banda de frecuencias de 76-88 MHz". OEA/Ser.L/XVII.4.2.37 CCP.II-RADIO/doc. 5297/21. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx

[138] Agencia Nacional de Telecomunicaciones. Noticia disponible en: https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2021/marco/esforco-conjunto-entre-mcom-e-anatel-deve-viabilizar-364-radios-am-para-operar-em-fm-ate-junho-1

banda FM Extendida en Brasil, se comenzaron las primeras transmisiones en la banda FM Extendida, específicamente de 10 estaciones que antes operaban en la banda de AM. [139]

Del mismo modo, un dato muy importante es que el Ministerio de Comunicaciones de Brasil trabajó durante los últimos años en el desarrollo de estrategias para promover la fabricación de receptores de FM en la banda de frecuencias de 76-88 MHz. Desde 2019, todos los receptores de FM producidos deben incluir la capacidad de recepción en la banda ampliada. La industria automotriz se ha adaptado rápidamente a las nuevas políticas y la mayoría de los nuevos automóviles incluyen la banda ampliada en sus receptores. [140]

Por su parte, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones de Ecuador, ARCOTEL, a partir del año 2019, inició un proyecto regulatorio para la reforma de la "Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica" (ARCOTEL, 2020), que concluyó en marzo de 2020 con la expedición del cuerpo normativo que entre otros aspectos, destina la banda de 76 a 108 MHz para el servicio de radiodifusión sonora FM, de conformidad con la atribución establecida en el Plan Nacional de Frecuencias ecuatoriano.

En Colombia, a partir del año 2019, el Mintic inició una nueva convocatoria para asignar emisoras comunitarias, y comunitarias con enfoque étnico, y para el año 2021 se tenía previsto dar inicio al proceso de selección objetiva para asignar nuevas emisoras comerciales en el país. Para los tres procesos citados, personas naturales y/o jurídicas manifestaron el interés en prestar el servicio de radiodifusión sonora.
El Mintic recibió en total 6599 manifestaciones de interés para la prestación del servicio de radiodifusión sonora en la banda de FM, de las cuales 1573[141] fueron para radio comunitaria, 671[142] para radio comunitaria con enfoque étnico y 4355[143] para radio comercial.

---

139 Agencia Nacional de Telecomunicaciones. Noticia disponible en: https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2021/maio/mcom-entrega-certificado-as-emissoras-que-estreiam-a-faixa-estendida-da-fm
140 Proyecto de Recomendación CCP.II/REC. XXX (XXXVII-21) "Servicios de Radiodifusión en FM en la banda de frecuencias de 76-88 MHz". OEA/Ser.L/XVII.4.2.37 CCP.II-RADIO/doc. 5297/21. Disponible en: https://www.citel.oas.org/es/collaborative/pccii/37_MEX_21/Paginas/default.aspx
141 Información tomada del Portal Web del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/micrositios/asignacionemisorascomunitarias/738/w3-channel.html
142 Información tomada del Portal Web del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/micrositios/emisorascomunitariasetnicas/735/w3-channel.html
143 Información suministrada por el MINTIC a la ANE.

Un dato relevante es que, a la fecha, en Colombia existen 1274[144] emisoras asignadas en FM y las manifestaciones de interés superan en más de cinco veces el número de emisoras autorizadas para la prestación del servicio de radiodifusión sonora. Ahora, en los estudios de planificación de canales realizados para los procesos citados anteriormente, la ANE identificó que en la banda de FM la disponibilidad del espectro en 10 departamentos del país, los cuales concentran el 62,8% de la población nacional, es baja. Por ello, en el corto y mediano plazo no será posible planificar de manera adecuada canales para futuras asignaciones del espectro radioeléctrico para la prestación del servicio de radiodifusión sonora en FM. En consecuencia, se podría decir que la demanda de espectro en FM supera la oferta disponible.

En este sentido, y dado los movimientos que se están iniciando en países de América en torno a esta temática, es importante comenzar con una revisión interna de las posibles acciones a ejecutar para incrementar la oferta de espectro radioeléctrico para el servicio de radiodifusión sonora en FM, tales como el uso actual de los canales 5 y 6 de TV en zonas geográficas donde no haya operación del servicio de radiodifusión de televisión análoga, lo anterior hasta que suceda el apagón analógico de las estaciones que utilizan estos canales de TV. En caso de ser viable, se deberán comenzar las discusiones con los sectores involucrados para definir los criterios técnicos para el uso de la banda FM ampliada en la banda de 76-88 MHz. De igual forma, se requiere iniciar acercamientos y discusiones regionales para revisar la disponibilidad de equipos de radio en esta banda de frecuencias, así como los acuerdos necesarios para evitar inconvenientes de interferencias en zonas de frontera.

2.6.2. Radiodifusión Digital

A pesar de los grandes retos a los que se enfrenta la radiodifusión sonora en esta nueva era digital, y aun habiendo carecido de innovaciones disruptivas en los últimos cincuenta años, la radio sigue siendo el medio que alcanza la audiencia más grande alrededor del mundo y la fuente de información favorita de millones de personas que encuentran en sus estaciones: noticias, cultura y entretenimiento. [145]

144 Información tomada del Portal Web de la Agencia Nacional del Espectro: Disponible en: https://www.ane.gov.co/Agencia/Documentos%20compartidos/Ap%C3%A9ndice%20A_Actulizado%20el%209%20de%20abril%20de%202021.pdf

145 Extraído del artículo de la Revista Semana en línea: La radio en la era digital, disponible en: https://www.semana.com/pais/articulo/la-radio-en-la-era-digital-por-juan-sebastian-rozo/258451/

Gracias al desarrollo tecnológico y la disponibilidad de estándares y equipos comerciales, la industria de la radiodifusión en el mundo tiene la posibilidad de fortalecerse migrando al sistema de radio digital, tecnología que convierte el sonido en ondas digitales, y que en consecuencia favorece el manejo y la administración del espectro radioeléctrico. Esto se traduce en espacio adicional para nuevas emisoras y en una mayor oferta para los oyentes, con contenidos personalizados de mejor calidad de señal y más amplia cobertura. [146]

De acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.774[147] (UIT, 2014), entre las características técnicas y operativas más importantes que traería consigo la transición hacia una radio digital se encuentran:

1. Sonido estereofónico de calidad digital,
2. Mayor eficiencia en la utilización del espectro,
3. Mejor comportamiento en la propagación de la señal respecto a multitrayectos,
4. Flexibilidad en el número de programas y robustez del sistema,
5. Facilidades orientadas al envío de datos, información de servicio y servicios de valor añadido, adicionales a los programas de audio, y
6. Ecosistema amplio de estándares.

En cuanto a esta última característica, es conveniente mencionar que en el mundo existen varios estándares para la radio digital, los cuales funcionan en diversas bandas de frecuencias del espectro. Por una parte, está el estándar DAB (Digital Audio Broadcasting, por sus siglas en inglés) que funciona en las bandas de 174 a 240 MHz, así como en la banda de 1492- 1992 MHz, bandas actualmente destinadas en Colombia para otros servicios de radiocomunicaciones. Este estándar es usado ampliamente en países europeos (Noruega, España, Italia, Suecia, Suiza, Dinamarca, Alemania, Francia, Reino Unido y Bélgica), Australia y algunos países asiáticos como China. [148]

Por otra parte, está el estándar IBOC (In-band On-channel, por sus siglas en inglés), usado principalmente en países de América como Estados Unidos, México y

[146] Tomado del Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011
[147] Recomendación UIT-R BS.774 de la UIT "Necesidades del servicio relativo a la radiodifusión sonora digital para receptores a bordo de vehículos, portátiles y fijos, mediante transmisores terrenales, en las bandas de ondas métricas y decimétricas"
[148] Información basada en el Seminario Regional de Radiocomunicaciones 2021 para las Américas (SRR-21-Américas) organizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Disponible en: https://www.itu.int/es/ITU-R/seminars/rrs/2021-Americas/Pages/default.aspx

Panamá, y el cual fue diseñado para operar en las bandas convencionales de AM (535-1705 kHz) y FM (88-108 MHz) en modo híbrido de señales analógicas y digitales, lo que se traduce en la posibilidad de transmitir señales digitales junto con la señal analógica utilizando el mismo canal de transmisión. [149]

El estándar DRM (Digital Radio Mondiale) originalmente diseñado para ser utilizado para la radio de onda corta, destacadamente en la banda de 26 MHz, pero que en forma reciente ha continuado su desarrollo para ser utilizado también en las bandas de AM y FM. Finalmente, el estándar ISDB-TSB (Terrestrial Sound Broadcasting) implementado en Japón. [150]

En América, como se mencionó previamente, uno de los países que adoptó estándar para la transición de la radio convencional a la digital es México quien, a través del Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión, emitió en febrero de 2011 la Recomendación de Radio Digital Terrestre (RDT) para la adopción del estándar IBOC para la RDT en las bandas de 535-1705 kHz y de 88-108 MHz con objeto de mejorar la calidad del audio y para incrementar los canales de programación, aprovechando las capacidades del estándar para mejorar la calidad del servicio al público.[151] A la fecha de consulta, se conocen los siguientes resultados de esta decisión; *I*) 51 millones de habitantes de México cuentan con cobertura de radio digital, *II*) 144 estaciones de radio autorizadas para transmitir en formato híbrido IBOC, *III*) el 61% de marcas de autos en México ofrecen receptores HD, *IV*) 128 modelos de 25 marcas de autos tienen receptores de Radio HD.[152]

Adicionalmente, el regulador IFT de México está considerando implementar algunas acciones regulatorias para incentivar el uso de la radio digital, por ejemplo, a través del ofrecimiento de incentivos a aquellos participantes que implementen transmisiones digitales híbridas con las nuevas concesiones otorgadas.[153]

En Colombia, desde el año 2009, el Mintic ha venido realizando estudios y análisis para la formulación de una política y la implementación de la radiodifusión sonora digital en Colombia. En dichos estudios se han abordado los principales aspectos técnicos de los estándares disponibles para la digitalización de la radio, así como también el desarrollo y la situación actual del despliegue en diferentes países de

[149] Idem
[150] Idem
[151] Idem
[152] Idem
[153] Licitación IFT-8 (radio AM y FM) 2021. Disponible en: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdoliga/pift210819402acc_0.pdf

Europa y América, concluyendo que la selección de un estándar específico para el desarrollo de la radio digital en Colombia debe abordar el modelo actual de la radio en el país, así como la revisión de las condiciones técnicas y económicas requeridas para dicha selección.

En tal sentido, y reconociendo que la implementación de esta tecnología en el país podría generar beneficios sociales y económicos adicionales toda vez que la tecnología digital permite una asignación más eficiente del espectro y una mejor calidad de prestación del servicio a la comunidad, la ANE, con la asistencia de la UIT, tiene previsto continuar estos análisis y realizar un estudio económico y técnico de los principales estándares que pueden ser implementados con la tecnología de radio digital terrestre a fin de evidenciar cuál resulta más eficiente para adoptar en el país desde una perspectiva de costo-beneficio, así como establecer y estructurar los lineamientos para seleccionar el estándar de radio digital.

Posterior a este estudio, la ANE coordinará con el Mintic el diseño e implementación de una política pública en la materia y, si es el caso, el diseño de un Plan Técnico de Radiodifusión Sonora Digital.

2.6.3. Migración de Emisoras AM a la banda de FM

Otra de las tendencias identificadas dentro del servicio de radiodifusión sonora, consiste en la migración de la radio AM a la radio FM como una iniciativa para fortalecer las condiciones de competencia, mejorar la calidad y garantizar la continuidad en la prestación del servicio. Así, por ejemplo, el IFT de México aprobó hacia el año 2016[154], los lineamientos mediante los cuales se establecen los criterios para el cambio de frecuencias de estaciones de radiodifusión sonora que operan en la banda de Amplitud Modulada a Frecuencia Modulada.

Para la consecución de este proceso de transición, el IFT llevó a cabo análisis técnicos y regulatorios para identificar la disponibilidad de espectro por regiones geográficas y las alternativas regulatorias para que los concesionarios de radio que operan estaciones de AM pudieran contar con operaciones en la banda de FM.
Por otra parte, Brasil es otro de los países interesados en llevar esta iniciativa adelante. Específicamente, se conoce que el Ministerio de Comunicaciones de Brasil ha considerado este tema como una prioridad dentro de su Política Nacional, y, en

[154] Información basada en portal web del IFT. Disponible en: http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/aprueba-ift-lineamientos-para-el-cambio-de-frecuencias-de-estaciones-de-radio-de-am-fm-comunicado

consecuencia, publicó a inicios del 2021[155] los criterios y el listado para que emisoras que prestan servicio en AM migren a frecuencias en la banda de FM en respuesta a la demanda de los prestadores privados. Brasil está considerando para la migración de estaciones AM, la banda comprendida entre 76 y 88 MHz del espectro radioeléctrico, es decir la banda que anteriormente se denominó como "FM Extendida".

Así las cosas, y dada esta tendencia en América, se considera pertinente realizar un estudio técnico, económico y legal para determinar preliminarmente la viabilidad del uso del espectro atribuido al servicio de Radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM) por parte de emisoras que operan actualmente en Amplitud Modulada en zonas geográficas donde la disponibilidad del espectro lo permita. Posteriormente, y en el caso de hallarse viable esta iniciativa, se deberá iniciar un proceso de discusión con los actores involucrados para determinar los procedimientos y requisitos a ser cumplidos.

En resumen, se podría decir que las tendencias descritas anteriormente buscan suplir una necesidad identificada, no solo en Colombia sino en la Región, en cuanto a la disponibilidad futura de espectro para el servicio de radiodifusión sonora. En este sentido se requiere identificar y llevar a cabo las acciones pertinentes para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión Sonora.

2.7. ESTUDIO DE USO FUTURO DE BANDAS DE FRECUENCIAS

Este apartado incluye algunas bandas de frecuencias adicionales que fueron halladas dentro del proceso de investigación de tendencias internacionales y de vigilancia tecnológica, y sobre las cuales algunos países se encuentran planificando o realizando despliegues de redes de comunicaciones de banda ancha, o incluso fabricantes han desarrollado equipos de comunicaciones.

Así las cosas, la ANE considera pertinente incluir estas bandas de frecuencias dentro de una etapa inicial de investigación para definir la posibilidad de su uso futuro para redes de banda ancha inalámbrica. En caso de hallarse una viabilidad como resultado de esta investigación, estas bandas se incluirán en una etapa posterior de planificación.

[155] Información basada en el Portal Web de TelaViva. Disponible en: https://telaviva.com.br/05/02/2021/ministerio-das-comunicacoes-estabelece-criterios-para-emissoras-de-radio-migrarem-de-am-para-fm/

2.7.1. Banda de 250 MHz

Existen tecnologías de sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha, como LTE, que están siendo la base de otras tecnologías de acceso troncalizado de banda ancha usadas para la implementación de redes locales.

En cuanto al uso de la banda de 250 MHz para sistemas móviles de banda ancha, uno de los países referentes es Brasil quien utiliza el rango **de 225-235 /260-270 MHz**, mediante multiplexación por división de frecuencia (FDD), para el uso de 2 portadoras LTE de 5 + 5 MHz con el propósito de desarrollar redes de tipo local[156]. Brasil menciona que, a pesar de no ser una banda 3GPP, esta banda cuenta con un número considerable de equipos LTE que operan en dicho rango. Particularmente, en Brasil se ofrecen servicios de banda ancha privadas en 250 MHz para sectores como el agrícola, cuya solución tecnológica consiste en la instalación de radio bases en torres del área de producción y Terminales Inteligentes Vehiculares (TIV) instalados en las máquinas agrícolas, tractores y camiones, facilitando aspectos como; el seguimiento por GPS, la recolección de datos georreferenciados en tiempo real, el trabajo en las máquinas, la transmisión de datos de computadores a bordo, pilotos automáticos, así como la vigilancia por cámaras y la comunicación por voz.[157]

No obstante, también se conocen casos de uso de esta banda de frecuencias en sectores como el energético y el minero, que necesitan movilidad y ancho de banda para monitorear equipos y actividades en áreas abiertas, así como la transmisión simultánea de datos, voz y video en tiempo real.[158]

Ahora, en el caso de Colombia, se encontró que parte de este segmento (225-235 MHz) es usado para el funcionamiento de los denominados equipos transmóviles de radiodifusión. Estos equipos son estaciones de apoyo al servicio de radiodifusión y de acuerdo con la Resolución 105 de la ANE[159], les es permitido funcionar en los siguientes segmentos: **227,5 - 228,25 MHz, 232,5 – 233,25**, y 245,45-246,95 MHz.

Por su parte, y analizando el segmento pareado de 260-270 MHz, los rangos de frecuencias de 254 - 260 MHz **y 262 - 268 MHz**, se identificaron en el pasado para

[156] Resolución 555 de 2010 de Anatel. Disponible en: https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2010/18-resolucao-555
[157] Tropico LTE 250 MHz. Disponible en: http://www.tropiconet.com.br/solucoes-wireless/lte-250-mhz/?lang=es
[158] Furukawa lanza la solución LTE para satisfacer las necesidades de conectividad de los agronegocios. Disponible en: https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/furukawa-lanza-la-soluci%C3%B3n-lte-para-satisfacer-las-necesidades-de-conectividad-de-los-agronegocios/
[159] Capítulo 5 "Servicio de Radiodifusión (sonora), equipos transmóviles y enlaces entre estudios y sistemas de transmisión." Resolución 105 de la ANE.

sistemas de acceso troncalizado de banda angosta, sin embargo, con la expedición de la Resolución 181 de 2019 de la ANE, se decidió retirar el plan de banda que soportaba el funcionamiento de este tipo de redes, debido a que esta banda no estaba siendo usada. De esta manera, la banda de 260 - 270 MHz se encuentra actualmente atribuida al servicio móvil, pero sin un uso definido. Respecto a la ocupación de esta banda, no se encontraron permisos de uso del espectro registrados en el SGE, razón por la cual en principio no se tendrían que realizar estudios de convivencia con sistemas incumbentes.

En vista de lo anterior, y dado que ya existen empresas que ofrecen servicios de banda ancha en el segmento **de 225-235 /260-270 MHz**, se considera pertinente iniciar un estudio para identificar posibles grupos de interés, disponibilidad comercial de equipos, posibles estudios de convivencia que se requieran, así como los mecanismos de acceso más adecuados dado el uso actual del segmento de 225-235 MHz**.** Por otra parte, el estudio deberá contemplar como una alternativa, únicamente el uso del rango de 260-270 MHz, dada la disponibilidad inmediata de la banda.

2.7.2. Banda de 800 MHz

En atención a la evolución de las redes de comunicaciones y a las decisiones estratégicas que se han venido tomando en los últimos años por parte de operadores del mercado mundial de los sistemas de radio troncalizado de banda angosta[160], diferentes administraciones del espectro han comenzado a estudiar la posibilidad de reorganizar la banda de 800 MHz para permitir la introducción de nuevos servicios de banda ancha móvil en el rango de 806-824/851-869 MHz.

Ejemplos de esta situación son Estados Unidos[161] y Brasil[162], donde operadores realizaron el apagado de sus redes troncalizadas de banda angosta, para lo cual previamente fue necesario implementar un plan temprano de migración paulatina de los usuarios a otro tipo de soluciones como, por ejemplo, PTT sobre celular (POC, PTT Over Cellular).

[160] Un ejemplo de esto fue la decisión del operador norteamericano Sprint de descontinuar su red iDEN en la banda de 800 MHz para migrar hacia redes móviles de banda ancha. Fuente: http://www.extremetech.com/electronics/130065-sprint-shutting-down-iden-services-in-2013-paves-the-way-for-broad-lte-coverage

[161] Basado en información disponible en: https://www.t-mobile.com/news/legacy-sprint/iden-nextel-national-network-on-schedule-to-shut-down-june-30

[162] Basado en información disponible en: https://www.telecompaper.com/news/nextel-brasil-to-switch-off-ptt-invest-in-4g-report--993758

Específicamente en Estados Unidos, el operador Sprint Nextel, quien tenía una red iDEN troncalizada de banda angosta en la banda de 800 MHz, realizó una solicitud a la FCC para eliminar la restricción del tamaño del ancho del canal de 25 kHz, para así poder desplegar una red LTE, solicitud que fue aceptada posteriormente[163].

Así mismo, el IFT de México comenzó un proceso de revisión y de reordenamiento de la banda de 800 MHz (IFT, 2016), con el propósito de establecer una distribución óptima de los servicios y aplicaciones de mayor impacto e interés público. Este proceso que comenzó en el año 2016, concluyó en el establecimiento de un plan de banda que destina el segmento de 806-814/851-859 MHz para la operación de sistemas de radio troncalizado de uso público para aplicaciones de seguridad y misión crítica, y el segmento de 814-824/859-869 MHz para la provisión de servicios móviles de banda ancha comercial de conformidad con la identificación de esta banda de frecuencias para las IMT[164] y la estandarización definida por el 3GPP para el segmento de 814-849/859-894 MHz[165]. Este proceso de reorganización del espectro contempló la migración de los sistemas comerciales que operaban en el rango de 806-821/851-866 hacia la banda de 410-415/420-425 MHz.

En el caso específico de Colombia, este tema se ha venido revisando desde el año 2017, momento en el cual se desarrolló un proyecto al interior de la ANE que se denominó "Propuesta de reorganización de la banda de 850 MHz Extendida"[166]. Este proyecto tenía como objetivos: *I*) realizar un diagnóstico de la ocupación de la banda de 800 MHz, *II*) Llevar a cabo un estudio de convivencia para plantear una propuesta de reorganización de la banda para dar cabida a los sistemas de acceso troncalizado y a los sistemas de PPDR de banda ancha en adyacencia con la banda de 850 MHz destinada para comunicaciones móviles comerciales. El plan específicamente planteaba como una opción, la ubicación de los sistemas de acceso troncalizado en el rango de frecuencias de 806-815/851-860 MHz, y los sistemas IMT para PPDR en el rango de frecuencias de 817-822/862-867 MHz, no obstante, y dada la ocupación que había al momento de realizar el estudio, los análisis concluyeron que no era posible realizar una reorganización de la banda para liberar el espectro necesario para la implementación de los sistemas de banda ancha.

[163] Basado en información disponible en: http://www.computerworld.com/s/article/9227504/FCC_ruling_on_800MHz_band_a_boon_for_Sprint
[164] Información basada en la nota 5.317A del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.
[165] Banda 26 de la 3GPP conocida como 850 Extendida.
[166] Proyecto ejecutado al interior de la entidad con el fin de evaluar preliminarmente la posibilidad de una reorganización. Documento de cierre denominado "Propuesta de reorganización de la Banda de 850 MHz Extendida". 2017

Así mismo, el estudio concluyó que las condiciones del mercado colombiano de los sistemas de acceso troncalizado y de la banda de 850 MHz en sí, podrían variar en el futuro haciendo que fuera viable realizar nuevamente un estudio de reorganización de la banda. De igual forma, el estudio evidenció que asignatarios de la banda de 800 MHz tenían participación del mercado móvil de banda ancha, y que dada las tendencias y decisiones sobre el mercado trunking de banda angosta podrían llevar a que estos operadores tuvieran un bajo interés en renovar los permisos en esta banda de frecuencias.

Así las cosas, esta entidad considera necesario llevar a cabo un inventario y reporte actualizado de las licencias y fechas de vencimiento de dichos permisos en la banda de 800 MHz. De igual forma, dada la evolución del mercado móvil, así como de las necesidades de banda ancha para comunicaciones de consumidores y sectores económicos del país, esta entidad deberá revisar la viabilidad de un nuevo plan de banda que considere estos nuevos agentes, casos de uso y mercados de telecomunicaciones.

2.7.3. Banda de 1910-1930 MHz

La banda de 1900 MHz, cuyo plan de banda en FDD comprende el segmento de 1850-1910/1930-1990 MHz conocido a nivel mundial como la banda 2 del Proyecto Organización de Tercera Generación (3GPP, Third Generation Partnersip Project), es usada actualmente en Colombia para sistemas móviles IMT. Como se puede observar, esta banda presenta un gap de 20 MHz comprendidos entre 1910-1930 MHz, los cuales se usaban anteriormente en Colombia para sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI),[167] particularmente para ofrecer servicios inalámbricos de voz a consumidores residenciales y empresariales. No obstante, con el paso del tiempo, los asignatarios de AFI fueron entregando estos permisos al Mintic y, en consecuencia, a la fecha, esta banda de frecuencias no presenta ninguna ocupación en el Sistema de Gestión de Espectro (SGE) del Mintic.

Ahora bien, se conoce que el 3GPP plantea dos recomendaciones para el uso de esta porción de espectro para servicios de comunicaciones móviles IMT. Por una parte, se encuentra la recomendación de uso de la banda 37 (1910-1930MHz) en modo de emparejamiento por división de tiempo (TDD), y por otra, la banda 25 conocida internacionalmente como "*Expanded 1900 MHz band for UTRA and LTE*"[168],

[167] Resolución 106 de 1999 del antiguo Ministerio de Comunicaciones.
[168] Especificación 36.818 de la 3GPP. Disponible en: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2497

la cual crea una nueva banda que expande la actual banda 2 del 3GPP (1850-1910/1930-1990 MHz) para incluir frecuencias entre 1910-1915 y 1990-1995 MHz, quedando la banda de 1900 MHz expandida de la siguiente forma **1850 – 1915/1930 – 1995 MHz.**

En cuanto a la primera opción, es importante señalar que es posible que se requieran bandas de guarda para asegurar la interoperabilidad de la banda de 1900 FDD con esta nueva opción en TDD, con lo cual se podría llegar a reducir el ancho de banda útil. En cuanto a la segunda opción, se tiene como referencia la administración de México, quien el 2 de febrero de 2021 publicó los términos de referencia para el proceso de licitación de un bloque de 5 + 5 MHz en los segmentos 1910-1915 MHz y 1990-1995 MHz de la banda PCS Extendida con cobertura nacional para la prestación de servicios de acceso inalámbrico.[169]

En este sentido, y con el propósito de aprovechar la disponibilidad de la banda de 1910-1915/1990-1995 MHz en Colombia, se considera pertinente comenzar un estudio que contemple una revisión profunda de las dos posibilidades mencionadas anteriormente, involucrando análisis de disponibilidad de equipos comerciales, así como de casos de uso y experiencias internacionales, especialmente en los países de América que adoptaron la banda de 1900 conocida como PCS 1900 o GSM 1900 y que corresponde a la canalización B5 de la Recomendación UIT-R M.1036-6 de la UIT.[170]

2.7.4. Banda de 3,7-3,8 GHz

Como fue mencionado en la sección 2, el segmento de banda comprendido entre 3,7 a 3,8 GHz está identificado para ser estudiado en la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones que se llevará a cabo en el 2023, con lo cual, la administración de Colombia tendrá que estudiar y analizar en detalle esta situación de cara al siguiente ciclo de estudios y determinar qué posición adoptará.

Este segmento está actualmente atribuido en el CNABF a los servicios Fijo, Fijo por Satélite (espacio-Tierra) y al Móvil salvo móvil aeronáutico. En este sentido, la ocupación de dicho segmento se compone de enlaces fijos punto a punto y de estaciones terrenas satelitales. Por lo anterior, dentro de los análisis de viabilidad de

[169] Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Convocatoria de Licitación. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5610681&fecha=02/02/2021

[170] Recomendación UIT-R M.1036-6: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT".

uso de esta banda para servicios móviles terrestres IMT, se debe examinar minuciosamente el uso actual de esta porción de espectro, enfocando la atención en determinar la ocupación, entendida como permisos de uso de espectro vigentes, y las ubicaciones y rangos específicos que están siendo realmente utilizados.

Ahora, dado que la banda presenta actualmente ocupación, se deberá evaluar todas las posibles alternativas de uso eficiente de este segmento, como, por ejemplo, la posibilidad de un uso compartido entre estaciones terrestres IMT localizadas en convivencia con estaciones terrenas del servicio fijo por satélite.

2.7.5. Banda de 4,8 GHz (4800-4990 MHz)

Igualmente, como fue mencionado en la sección 2, el foco de la atención de las administraciones del mundo ha estado en las bandas medias para ofrecer servicios de banda ancha inalámbrica IMT, en razón a su capacidad de ofrecer un adecuado equilibrio entre capacidad y cobertura.

Específicamente, en el rango de las bandas medias del espectro, ha venido tomando fuerza el segmento de 4,4 - 5 GHz conocido como la banda n79 de la 3GPP. Este comportamiento se sustenta principalmente en el hecho de ser una de las bandas con más anuncios de dispositivos 5G en el mercado (GSA, 2021).

Así mismo, y aunque no fue una banda que se encontraba dentro de los puntos de la agenda de la CMR-19, se conoce que en dicha conferencia más de 40 países identificaron parte o la totalidad del espectro de este rango de frecuencias para las IMT. En el caso de América, Brasil, Paraguay y Uruguay hacen parte de este grupo de países que identificaron parte de la banda, específicamente el rango de 4,8-4,9 GHz, donde particularmente Brasil identificó hasta 4,99 GHz (GSA, 2021).

Dada esta tendencia, y los pronósticos de ecosistemas de equipos en esta banda de frecuencias, es importante comenzar con los análisis de viabilidad para definir en Colombia el posible uso de esta banda de frecuencias para servicios de banda ancha IMT.

Esta identificación adicional de espectro para IMT permitiría contar con el espectro suficiente en bandas medias para suplir las necesidades futuras de las redes de banda ancha móvil, así como abrir la puerta para la innovación y desarrollo de nuevos mercados como redes móviles para sectores de industria o incluso casos de uso como el acceso fijo inalámbrico (FWA).

Es importante mencionar que en Colombia, el Mintic, a través de la Resolución 963 de 2019, derogó la Resolución 1661 de 2006 del antiguo Ministerio de Comunicaciones, y en consecuencia el segmento de frecuencias comprendido entre 4,94 – 4,99 GHz se encuentra sin normatividad asociada, decisión que fue tomada en razón a que durante los 13 años de su vigencia no se otorgó ningún permiso de uso de espectro en esta banda de frecuencias. En ese sentido, estos 50 MHz no presentan ocupación actualmente en Colombia. No obstante, los sectores económicos y el sector seguridad siguen reclamando a la administración el posible uso de esta banda para sistemas de Protección Pública y de Atención de Desastres (PPDR) dados los casos de uso en otros países como Estados Unidos, aspecto que deberá ser analizado dentro del abanico de opciones de uso futuro de la banda.
Ahora, en el caso general del segmento de 4800 a 4990 MHz, la ocupación en la base de datos del SGE está representada por 96 radioenlaces fijos punto a punto cuyas estaciones están ubicadas predominantemente sobre cerros de la geografía colombiana.

2.7.6. Banda de 10-10,5 GHz

El segmento de 10-10,5 GHz se encuentra atribuido en el CNABF principalmente a los servicios fijo y de radiolocalización. Adicionalmente, el CNABF dispone en este rango de frecuencias de la Tabla 59 "*Plan de distribución de canales banda de 10 GHz (10000 - 10680 MHz)*"[171], en la cual se encuentra la canalización para enlaces fijos punto a punto, no obstante, la nota de la misma tabla establece que se permite el uso de los canales dispuestos en esta para sistemas punto multipunto de acuerdo con el anexo 1 de la Rec. UIT-R F.1568, con lo cual algunas empresas del sector de las telecomunicaciones, así como entidades del gobierno en Colombia han expresado su interés en implementar soluciones de conectividad punto multipunto a través de la disposición de esta nota en el CNABF.

Ahora, como se mencionó en la sección 2, también la banda de 10-10,5 GHz ha sido incluida dentro de los puntos de la agenda que se tratarán en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2023, específicamente en el punto 1.2 de la agenda, en el cual se considera la identificación de esta banda de frecuencias para las IMT. En tal sentido, la administración de Colombia deberá adelantar un estudio para evaluar el uso futuro de la banda de 10 GHz (10-10,5 GHz) teniendo en cuenta factores como; el uso actual de la banda, necesidades de los grupos de interés, disponibilidad de equipos y la posible identificación para las IMT durante la CMR-23.

[171] Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias de Colombia. Disponible en: https://portalespectro.ane.gov.co:10253/JsonConfigAne/CNABF.pdf

Como resultado, es necesario evaluar la pertinencia de seguir reservando bandas del espectro para sistemas Punto-Multipunto convencionales, o definir la posibilidad de uso de esta y otras bandas de frecuencias IMT para sistemas de acceso fijo Inalámbrico (FWA, por sus siglas en inglés), para que diferentes proveedores de servicio puedan implementar enlaces fijos y ofrecer servicios de conectividad de banda ancha.

Al respecto, es importante resaltar que la Resolución 175 de la CMR-19[172] invita a las administraciones a realizar los estudios necesarios sobre la utilización de sistemas IMT para aplicaciones de sistemas de banda ancha fija inalámbrica en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo a título primario, habida cuenta de que a través de esta medida se puede contribuir a satisfacer la demanda mundial y reducir la brecha digital, así como adelantar la agenda de la banda ancha en los países en desarrollo y ofrecer servicios de banda ancha rentables en zonas rurales e insuficientemente atendidas.

Así mismo, se destaca el hecho de que dentro de los casos de uso que se han venido identificando con la entrada de la tecnología 5G en el mundo, se encuentra el acceso fijo inalámbrico (FWA), y donde de acuerdo con los reportes de asociaciones como la GSA, los teléfonos inteligentes junto con los dispositivos locales de cliente FWA (CPE) para interiores y exteriores siguen siendo los equipos más prevalentes para 5G, y en consecuencia, el número de dispositivos anunciados en cada una de estas categorías creció con fuerza a lo largo de 2020. [173]

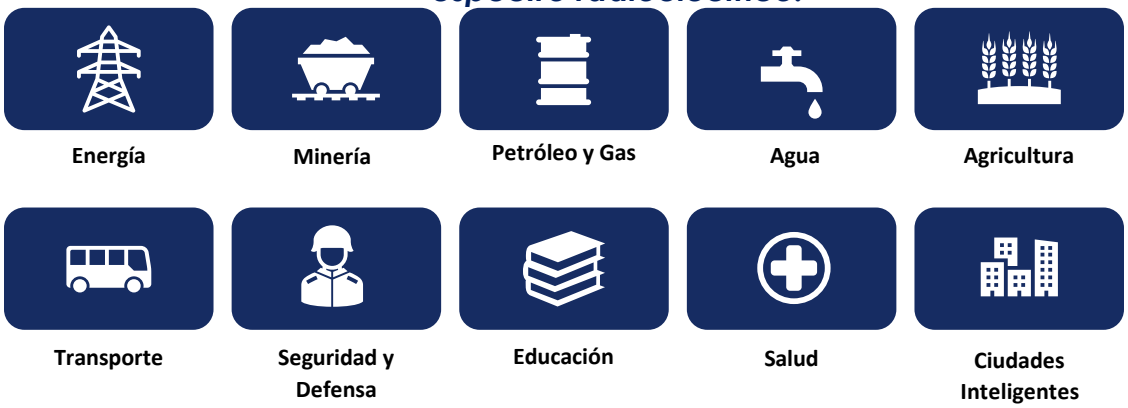
3. NECESIDADES EN MATERIA DE ESPECTRO DE LOS SECTORES ECONÓMICOS EN COLOMBIA

Durante el año 2020, en conjunto con CINTEL, la ANE llevó a cabo un ejercicio para identificar necesidades y oportunidades de uso del espectro radioeléctrico en sectores productivos del país, lo anterior dentro del marco de la implementación de la Política de Espectro 2020-2024, cuyo objetivo es modernizar la gestión del espectro para soportar la transformación digital de los diferentes sectores de la economía.

[172] Resolución 175 de la CMR-19 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Disponible en: https://www.itu.int/es/ITU-R/conferences/wrc/2019/Pages/default.aspx
[173] Información extraída del reporte de GSA, 5G "Ecosystem Report Executive summary". Junio de 2021

De manera general, este proyecto abarcó reuniones y mesas de trabajo de apoyo a la transformación digital con diez (10) sectores económicos[174] descritos en la **Ilustración 12**

Ilustración 12. Sectores económicos considerados como potenciales usuarios del espectro radioeléctrico.

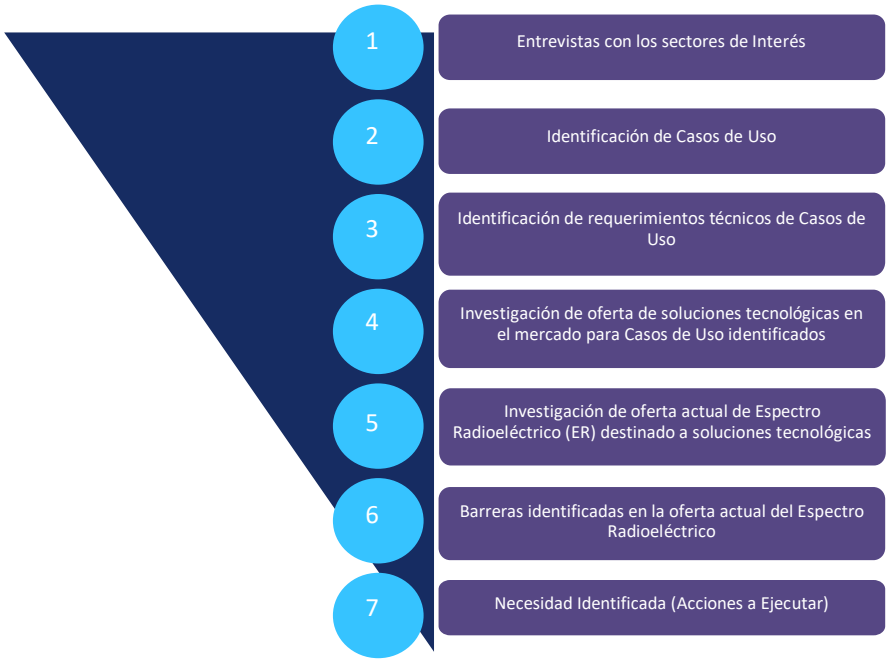


Fuente: Elaboración ANE

Una vez finalizadas las diferentes mesas de trabajo, la ANE llevó a cabo un proceso metodológico compuesto de 7 pasos (**Ilustración 13**) con el propósito de identificar las acciones necesarias que deberán ser ejecutadas en los próximos años para suplir la demanda de espectro de los sectores de interés.

[174] A estos talleres asistieron los funcionarios responsables de la política de los entes cabeza de los diferentes sectores, quienes hicieron las presentaciones respectivas en materia de transformación digital y usos del espectro radioeléctrico. Adicionalmente se contó con la participación de los gremios, empresas representativas, fabricantes y expertos en la materia de cada uno de los sectores económicos.

Ilustración 13. Proceso de identificación de necesidades de los sectores económicos.



Fuente: Elaboración ANE

Tal y como se puede observar en la Ilustración 13, los primeros cuatro pasos se enfocaron en las siguientes actividades: *I*) identificación de la demanda de espectro a través de la realización de entrevistas con los diferentes actores de cada uno de los sectores económicos; *II*) la identificación de los principales casos de uso y requerimientos técnicos mencionados por cada uno de los sectores económicos; y finalmente, *III*) una investigación sobre el portafolio en materia de soluciones de comunicaciones inalámbricas disponibles en el mercado mundial para los principales casos de uso relacionados. Por su parte, el quinto paso se enfocó en identificar la oferta de espectro radioeléctrico disponible en Colombia para atender los casos de uso demandados.

Como resultado, la unión de los dos escenarios (demanda y oferta de espectro) permitió la identificación de barreras y necesidades en materia de espectro para de esta forma consolidar las acciones que se deberán ejecutar en los próximos 5 años, que corresponden a los pasos 6 y 7.

Ahora, tal y como se puede evidenciar en los anexos 1 a 10, los diversos casos de uso identificados a partir de estas mesas de trabajo se soportan en múltiples

soluciones tecnológicas[175] que pueden satisfacer transversalmente a todos los sectores económicos abordados durante los talleres virtuales. Cabe mencionar que la solución más adecuada dependerá de aspectos técnicos como la seguridad, flexibilidad, autonomía, disponibilidad, velocidad y latencia, entre otros aspectos técnicos que requiera cada implementación.

3.1. PORTAFOLIO DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES EN EL MUNDO Y OFERTA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA PARA ATENDER CASOS DE USO

La oferta de soluciones en el mundo en materia de conectividad inalámbrica necesaria para implementar y hacer uso de las diferentes tecnologías y casos de uso mencionados por los diferentes sectores económicos comprenden las siguientes opciones de comunicaciones terrestres:

1. **Redes en bandas libres dedicadas para Telemetría, Comunicaciones M2M (Machine to Machine) e Internet de las cosas (IoT):** Dentro de esta clasificación se encuentran las redes PAN/LAN/NAN/WAN las cuales soportan el uso de tecnologías inalámbricas como RFID, NFC, ZIGBEE, Z-WAVE, WI-FI, WI-SUN, LoRA, SigFox, Bus-M Inalámbrico, 6LOWPAN, entre otras, que hacen uso de bandas de frecuencias de uso libre, como, por ejemplo: 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz (902-928 MHz), 2.4 GHz, las cuales se encuentran actualmente incluidas en la Resolución 105 de 2020 de la ANE.[176]

2. **Redes Fijas no licenciadas:** Dentro de esta clasificación se encuentra tecnologías como TVWS, la cual se encuentra adoptada en Colombia mediante la Resolución 105 de 2020 y en donde se permite su uso bajo el esquema de uso libre del espectro entre el rango de 470-698 MHz. La tecnología TVWS permite, a través de configuraciones fijas punto a punto (PP) o punto multipunto (PM), llevar acceso de internet a sitios remotos donde no existe conectividad. Así mismo, se encuentra dentro de esta clasificación el uso de enlaces PP o PM para la trasmisión de datos en bandas no licenciadas como 2,4 GHz, 5 GHz, 24 GHz y 60 GHz, todas estas incluidas en la Resolución 105 de la ANE.

[175] Las soluciones tecnológicas identificadas, se basan en redes de comunicaciones inalámbricas, que son las que finalmente soportan la transmisión de los datos generados por las personas, las maquinas, los vehículos, el ambiente y, en fin, por cualquier cosa o elemento al cual se le instale un sensor o dispositivo de medición.
[176] De acuerdo con la información reportada por los sectores económicos durante los talleres realizados, estas redes que operan sobre frecuencias de espectro libre tienen un inconveniente y es que son proclives a interferencias, lo cual presenta un alto riesgo para comunicaciones en redes críticas.

3. **Redes de Radio Profesional (PMR) de banda estrecha:** Comprende tecnologías existentes como los sistemas de radio de dos vías convencionales en VHF/UHF y los sistemas de acceso troncalizado como P25, iDEN y Tetra, usadas para comunicaciones de voz (persona a persona o persona a grupo de personas) y datos de baja velocidad. En Colombia existen permisos de radiocomunicación móvil para estos dos tipos de tecnologías en las bandas de 138-174 MHz, 412-420/422-430 MHz, 440-470 MHz y 806-824/851-869 MHz, con anchos de banda de canal de 12.5 y 25 kHz.

4. **Redes públicas móviles celulares (Bandas 2G, 3G, 4G y 5G de Colombia):** Aparte de los servicios convencionales de voz y datos, las redes móviles han evolucionado y se han adaptado a los nuevos casos de uso emergentes de las nuevas tecnologías de comunicación. Un ejemplo de esto, son las variantes específicas de NB IoT y LTE-M para el caso del IoT. Adicionalmente, las nuevas generaciones de las comunicaciones móviles cuentan con funciones como "partición de red" (network slicing, por sus siglas en inglés). Esta funcionalidad permitirá que los operadores creen porciones virtuales de la subred con características a medida para tipos específicos de usuarios o requerimientos de uso, sin embargo, la partición de la red solo será tan flexible y capaz como lo permitan la red de los operadores y los recursos del espectro (GSMA Espectro 5G, 2019).

5. **Redes locales privadas de comunicaciones móviles de banda ancha alineadas con la 3GPP:** Una de las barreras mencionada por los diferentes ponentes de los sectores económicos durante el desarrollo de los talleres virtuales, es que actualmente las redes móviles públicas comerciales presentan deficiencias en materia de cobertura en zonas rurales y suburbanas de la geografía colombiana donde muchos de estos sectores productivos tienen infraestructura de operación, lo que a la fecha ha traído como consecuencia que la única posibilidad de conectividad sea a través del uso de redes inalámbricas propias que utilizan el espectro radioeléctrico de uso libre. No obstante, el uso de estas frecuencias sin licencia limita la calidad de las comunicaciones, y por tanto la confiabilidad y disponibilidad de los servicios.

En este punto, es pertinente mencionar que el común denominador de los sectores económicos es que se van a requerir en el futuro de aplicaciones y servicios críticos de comunicaciones en tiempo real, como lo son el monitoreo, control remoto, comunicaciones de emergencia, etc., que demandan de una alta disponibilidad y

confiabilidad de la red, y en consecuencia no pueden depender de interferencias o de falta de cobertura.

Ahora, durante los talleres desarrollados, los participantes enfatizaron en la importancia de que el espectro que se identifique a futuro para las redes localizadas este alineado con los estándares del 3GPP dado el ecosistema de equipos. Al respecto, y como fue mencionado anteriormente en este documento, en Colombia la única banda que se ha destinado para este tipo de redes corresponde a la banda de 380-400 MHz, no obstante, esta porción de espectro no ha sido reconocida por el 3GPP como una banda estandarizada para la tecnología LTE. En consecuencia, los sectores económicos sugirieron considerar el estudio de algunas bandas de frecuencias adicionales en diferentes rangos del espectro (bandas bajas, medias y altas), que se han mostrado como tendencia mundial, permitiendo lograr economías de escala y atender las futuras necesidades de los distintos sectores económicos del país.

6. **Redes Microondas Fijas Licenciadas:** Los sistemas de radioenlaces para el servicio fijo forman parte fundamental de la infraestructura de telecomunicaciones en Colombia y son utilizados típicamente para aplicaciones de último kilómetro o de backhaul. Actualmente el CNABF contiene una oferta de planes de distribución de canales radioeléctricos del servicio fijo en las bandas de 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18 y 23 GHz de acuerdo con las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

3.2. NECESIDADES GENERALES EN MATERIA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

De los análisis realizados durante los talleres virtuales, se podría decir que los sectores económicos resaltaron a manera general las siguientes necesidades:

1. Necesidad de cobertura de comunicaciones móviles y de acceso a internet en zonas rurales y apartadas del país, donde muchos de los sectores económicos tienen instalaciones de infraestructura crítica, y actualmente se encuentran limitados al acceso de soluciones TIC que hacen uso del espectro radioeléctrico y que pudieran implementarse por las organizaciones de los diferentes sectores.
2. Espectro dedicado para que los sectores económicos puedan desplegar infraestructura de comunicaciones con las condiciones técnicas requeridas como; disponibilidad, capacidad, latencia, seguridad y fiabilidad.

3. Disponibilidad de espectro y de tecnologías modernas de banda ancha inalámbrica IMT, tales como 5G, para permitir casos de uso de automatización industrial.
4. Revisión de los costos de asignación del espectro radioeléctrico para que sea viable la implementación de redes locales por parte de los sectores económicos.

Ahora, con el fin de abordar con más detalle las necesidades identificadas desde un punto de vista integral del uso del espectro radioeléctrico, a continuación, la **Tabla 4** contrasta las diferentes opciones de soluciones de comunicaciones mencionadas anteriormente con la oferta actual de espectro radioeléctrico en Colombia, para de esta forma identificar las acciones a ejecutar en los próximos años.

Tabla 4. Análisis Integral de Oferta Vs Demanda de espectro para identificación de necesidades de los Sectores Económicos en Colombia

SOLUCIONES DE COMUNICACIONES EN EL MERCADO			*OFERTA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA PARA LAS SOLUCIONES DE COMUNICACIONES IDENTIFICADAS*	*BARRERAS IDENTIFICADAS EN LOS TALLERES VIRTUALES*	*ANÁLISIS DE NECESIDADES IDENTIFICADAS*
USO NO LICENCIADO	REDES PAN/LAN/NAN/WAN NO LICENCIADAS CON TECNOLOGÍAS COMO: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LoRA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN TECNOLOGÍAS PROPIETARIAS	REDES PROPIAS DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz, entre otras bandas de frecuencias disponibles en el Anexo 1. Frecuencias de Uso Libre de la Resolución 105 de la ANE.	Saturación y degradación de la señal debido a la congestión y alto uso de las bandas de frecuencias de uso libre.	Se requiere evaluar y estudiar otras tecnologías, así como otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro.
		REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (CONTRATADAS A TERCEROS)			
	REDES FIJAS NO LICENCIADAS	TV WHITE SPACES (TVWS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz	Poca disponibilidad de canales TVWS en algunas zonas del país.	Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la

SOLUCIONES DE COMUNICACIONES EN EL MERCADO			OFERTA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA PARA LAS SOLUCIONES DE COMUNICACIONES IDENTIFICADAS	BARRERAS IDENTIFICADAS EN LOS TALLERES VIRTUALES	ANÁLISIS DE NECESIDADES IDENTIFICADAS
					banda de 600 MHz[177].
		ENLACES FIJOS PUNTO A PUNTO / PUNTO MULTIPUNTO (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz 24 GHz 60 GHz	Saturación y degradación de la señal debido al alto uso de las bandas de frecuencias.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
USO LICENCIADO	REDES MÓVILES LICENCIADAS	REDES MÓVILES PRIVADAS CELULARES DE BANDA ANCHA (BANDAS 3GPP): Para uso de tecnologías: NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over Celular) VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas Celulares de Banda Ancha	La adopción de bandas de frecuencias estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes locales móviles celulares. Costos del espectro. Ausencia de mecanismos de asignación alternativos a los mecanismos convencionales.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica y social de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones[178] de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.

[177] En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51 (470-698 MHz), no obstante, en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se está identificada a servicios IMT reduciendo aún más la oferta de canales de TVWS.
[178] Los sectores económicos mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas móviles y que están estandarizadas por el 3GPP: 410 MHz, 450 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz.

SOLUCIONES DE COMUNICACIONES EN EL MERCADO			OFERTA DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA PARA LAS SOLUCIONES DE COMUNICACIONES IDENTIFICADAS	BARRERAS IDENTIFICADAS EN LOS TALLERES VIRTUALES	ANÁLISIS DE NECESIDADES IDENTIFICADAS
		REDES MÓVILES PÚBLICAS CELULARES DE BANDA ANCHA DE PRST (BANDAS 3GPP): Para uso de tecnologías: NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) VIDEO DATOS	Bandas 2G, 3G, 4G Y 5G de Colombia: (Actualmente asignadas: 700 MHz, 850 MHz, AWS, 1900 MHz, 2500 MHz)	La calidad del servicio está condicionada al QoS del operador móvil. La disponibilidad del servicio está condicionada a la cobertura del operador móvil. Para el caso de algunos sectores económicos la necesidad de conectividad se encuentra en zonas rurales y sub-urbanas.	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista normativo, técnico y económico de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
		REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	Bandas establecidas para radiocomunicaciones de dos vías en Colombia: 136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta capacidad y baja latencia.	NA
		REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP	380-398 MHz (Anchos de banda de 3, 5 y 10 MHz)	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado.	NA
	REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	Planes de distribución de Canales de Microondas (6, 7, 8, 11, 15, 18 GHz)	NA	NA
		ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	Tabla 59 del CNABF (10.5 GHz)	No se abren procesos de selección objetiva para las bandas que están dispuestas en el CNABF para enlaces fijos punto y multipunto.	Se requiere satisfacer la demanda del espectro para enlaces P-MP.

De la anterior matriz, se puede evidenciar que actualmente en Colombia ya existe oferta de espectro que permite el uso de diversas soluciones de comunicaciones inalámbricas que pueden ser utilizadas por los diferentes sectores económicos. No obstante, y como fue relacionado en la columna *"Necesidad identificada"*, se

identificaron unas acciones puntuales que deberán ser revisadas por la ANE con el fin de determinar la viabilidad del uso de ciertas tecnologías o sistemas de comunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico. A continuación, un resumen de las necesidades identificadas que, dado el caso, podrían llegar a solucionar los requerimientos de los diferentes sectores económicos:

1. Se requiere evaluar y estudiar otras tecnologías, así como otras bandas de frecuencias de uso libre del espectro.
2. Aumentar la disponibilidad de frecuencias para tecnologías de uso oportunístico del espectro como Espacios en Blanco de Televisión (TVWS, por sus siglas en inglés).
3. Disponer de bandas de frecuencias para redes privadas de comunicaciones de banda ancha alineadas con los estándares de la 3GPP. Así mismo, se requiere dimensionar la cantidad de espectro requerida para atender las necesidades de los sectores, los mecanismos de acceso y uso del espectro, y la valoración adecuada para hacer asequible la implementación de las TIC en los diferentes sectores productivos.
4. Incentivar el uso del espectro IMT en zonas apartadas de Colombia, ya sea a través de mecanismos de acceso exclusivo o compartido del espectro (dinámico/estático).
5. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo en modalidad punto a punto y punto multipunto.

En efecto, las necesidades relacionadas anteriormente buscan dar solución de manera transversal a los requerimientos mencionados por los sectores económicos durante los talleres virtuales[179], ya que, de manera general, estos se centran en atender una problemática mencionada por los diferentes sectores, en cuanto a la deficiencia en materia de comunicaciones móviles y acceso a internet en zonas de interés, así como en zonas rurales y suburbanas del país que limita notoriamente el acceso a las soluciones TIC que hacen uso del espectro radioeléctrico.

Finalmente, hay que mencionar además los talleres virtuales realizados durante el primer semestre del 2021 con 5 sectores productivos: *I*) Alimentos y Bebidas; *II*) Textiles, cuero, calzado y marroquinería; *III*) Automotriz; *IV*) Siderúrgico y metalmecánica; *V*)

[179] Los requerimientos puntuales de cada uno de los sectores productivos están descritos en los anexos 1 a 10.

Logística, así como con algunos Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones. Durante estos talleres se destacan algunos logros como:

1. Evidenciar los planes, programas y proyectos relacionados con la incorporación de soluciones TIC en cada sector, específicamente de soluciones inalámbricas.
2. Identificar las barreras o facilidades que han encontrado para su incorporación.
3. Identificar necesidades en materia de conocimiento y de espectro, ya sea para hacer uso de los servicios o soluciones ofrecidos por los PRST, para implementar soluciones propias u otras alternativas identificadas para atender las necesidades de digitalización de las respectivas industrias.
4. Difundir el conocimiento en el sector sobre estado del arte en materia de soluciones TIC que hacen uso del Espectro Radioeléctrico que soportan los procesos de transformación digital empresarial.
5. Fortalecer el relacionamiento de la Agencia Nacional del Espectro con los potenciales usuarios del espectro radioeléctrico en sectores prioritarios de la economía colombiana.
6. Generar insumos para llevar a cabo la planeación del espectro radioeléctrico.

Ahora, dada la relevancia de este último logro, y teniendo en cuenta que este Plan Maestro de Gestión de Espectro es un documento vivo que se adopta para periodos de 5 años, pero se revisa anualmente para evaluar los resultados obtenidos y determinar posibles ajustes o modificaciones al mismo, los resultados generados por los talleres virtuales del 2021 serán parte de los insumos a tener en cuenta para la actualización que se realice el año 2022.

4. ANÁLISIS DE OCUPACIÓN DE BANDAS (VHF, UHF y SHF) QUE HACEN PARTE DE LOS PROCESOS DE SELECCIÓN OBJETIVA DEL SERVICIO FIJO Y MÓVIL

Un insumo fundamental dentro de la construcción del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años corresponde al análisis de la ocupación actual de los permisos de uso del espectro en bandas relevantes para grupos de interés, el cual puede resultar en necesidades de espectro para atender en el corto y mediano plazo.

En efecto, algunas de estas bandas de frecuencias que son de interés por parte de usuarios tradicionales del espectro y de nuevos agentes del mercado corresponden a las bandas de VHF, UHF y SHF, usadas actualmente para servicios radioeléctricos fijo y móvil terrestre (diferentes a IMT), y sobre las cuales el Mintic realiza Procesos de Selección Objetiva (PSO) para el otorgamiento y modificación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico.

Precisamente, según lo informa el Mintic a través de su Plan Marco de Asignación de Permisos de Uso del Espectro 2020-2022[180], las bandas de frecuencias VHF y UHF son utilizadas principalmente por empresas de seguridad, monitoreo de alarmas, transporte, entre otros, y la banda de frecuencia SHF, denominada también microondas o punto a punto, es utilizada como soporte de los operadores o para enlaces de última milla. Al respecto el Mintic señala que se han realizado diferentes PSO desde hace más de 5 años, donde estos procesos representan en promedio el 94% de las solicitudes o modificaciones anuales de espectro en estas bandas de frecuencias, evidenciando con ello la constante necesidad que tienen los usuarios de acceder a este recurso[181]. Particularmente, la Política de Espectro 2020-2024[182] menciona que se han asignado entre el 2012 y 2019, 5000 frecuencias de cubrimiento (HF/VHF/UHF), y 34471 enlaces punto a punto en la banda SHF, corroborando con ello la demanda de espectro sobre estas bandas de frecuencias.

Así las cosas, esta sección contiene un análisis preliminar de ocupación sobre las bandas de frecuencias que presentan mayor grado de solicitud por parte de los Proveedores de Redes y servicios de Telecomunicaciones (PRST) durante los Procesos

[180] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Plan Marco de Asignación de Espectro. Disponible en: https://MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/161074:MINTIC-publica-el-Plan-Marco-de-Asignacion-de-Permisos-de-uso-del-Espectro
[181] Idem
[182] Política Pública de Espectro 2020-2024 "Modernizar la gestión del espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía". Disponible en: https://www.MINTIC.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/161217:MINTIC-y-la-Ane-publican-la-Politica-Publica-de-Espectro-2020-2024

de Selección Objetiva que abre el Mintic[183], discriminando este análisis por bandas bajas y altas del espectro[184], con el fin de evaluar las alternativas que se deberán tomar en el corto y mediano plazo para garantizar la oferta futura de frecuencias de los servicios fijo y móvil terrestre (diferentes a IMT), especialmente en aquellos segmentos que actualmente se encuentran en estado de congestión.

4.1. BANDAS DE COBERTURA (VHF y UHF)

A la fecha de elaboración del presente documento se realizó una consulta en el Sistema de Gestión de Espectro (SGE) del Mintic sobre los permisos de uso del espectro otorgados a sistemas convencionales de radio móvil terrestre en las bandas de frecuencias de 138 – 174 MHz, 412 – 430 MHz, 450 MHz y 800 MHz, lo anterior con el propósito de realizar un cálculo preliminar de ocupación del espectro.

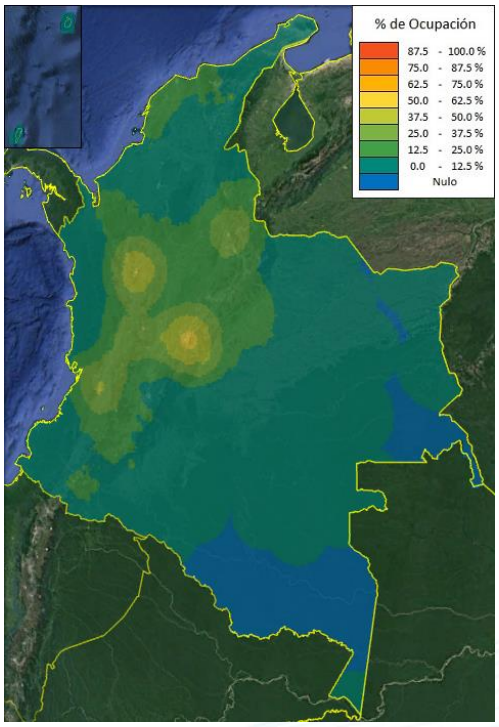
Ahora, para llevar a cabo este ejercicio, se tomaron como insumos; *i*) la información de ubicación geográfica y características técnicas de cada una de las estaciones, *ii*) información relacionada con los valores de espectro útil[185] de acuerdo con la atribución al servicio móvil de cada una de las bandas de frecuencias y *iii*) valor mínimo de división de banda de 12,5 kHz que corresponde al mínimo de ancho de banda de estación encontrado en la base de datos del SGE.

Con dichos valores se calculó entonces el espectro ocupado y el espectro denegado[186], de forma similar a la presentada en la Recomendación UIT-R SM.1046 (UIT-R, 2017), es decir, se dividió el territorio nacional en pequeñas celdas y se calculó la incidencia de todas las estaciones sobre cada una de estas celdas, para de esta forma no solo calcular el espectro que ocupa cada uno de los permisos otorgados en las bandas de frecuencias, sino también el espectro adyacente que no es posible utilizar como consecuencia del otorgamiento de dichos permisos. El cálculo realizado está estrechamente ligado con la eficiencia en el uso del espectro (UIT, 2017).

[183] De acuerdo con las estadísticas de la ANE, durante los últimos 2 años, el 75,95 % de las solicitudes en Procesos de Selección Objetiva se presentan para las bandas de VHF (138-174 MHz) y UHF (412-470 MHz).
[184] La mayoría de estas bandas son abiertas a Procesos de Selección Objetiva por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones dadas las manifestaciones de interés de usuarios del espectro.
[185] Este término hace referencia al espectro que es realmente utilizable por los PRST para sus comunicaciones y en consecuencia no tiene en cuenta las bandas de guarda ni los segmentos que no corresponden con la atribución al servicio móvil, es decir porciones de espectro que no presentan canalización en el CNABF.
[186] Este término hace referencia al espectro que a pesar de no haber sido asignado (no ocupado), no está disponible debido a que factores como la cercanía en frecuencia y la ubicación geográfica de las potenciales estaciones radioeléctricas con respecto a las estaciones asignadas, se producirían interferencias perjudiciales.

Así las cosas, inicialmente la ocupación de la banda de frecuencias de 138 – 174 MHz evidenció la presencia de 752 Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) y un total de 17488 asignaciones a estaciones de sistemas convencionales de radio móvil terrestre en 31,7 MHz de espectro útil. Los resultados del cálculo de ocupación de toda la banda de frecuencias se presentan en la **Ilustración 14**, allí se observa que existe una ocupación de entre 50 y 62.5% cerca de las ciudades de Bogotá y Medellín, mientras que en las ciudades de Cali y Bucaramanga se observan valores de entre 37.5 y 50% de ocupación. Se observan ocupaciones medias de entre el 12.5 y 25% hacia la región andina, mientras que en la mayoría del país la ocupación es menor al 12.5% e incluso hay zonas con ocupación nula en la región amazónica. Ninguna zona del país muestra una ocupación superior al 62.5%.

Ilustración 14. Ocupación de la banda de frecuencias de 138 – 174 MHz.

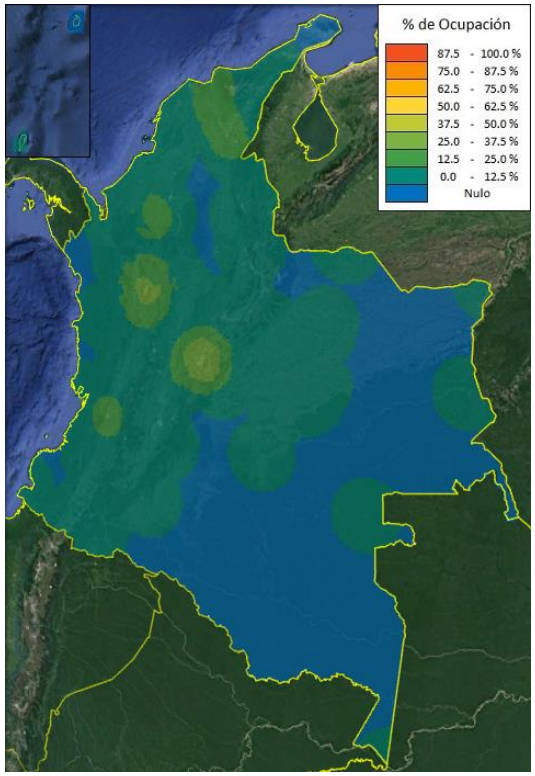


Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

Por su parte, los análisis de ocupación de la banda de frecuencias de 412 – 430 MHz evidenciaron la presencia de 29 PRST y un total de 1693 asignaciones a estaciones de sistemas convencionales de radio móvil terrestre en 16 MHz de espectro útil. Los resultados del cálculo de ocupación de toda la banda de frecuencias se presentan en la Ilustración 15, allí se observa que la mayoría del territorio nacional tiene una

ocupación menor al 12.5% e incluso llega a ser nula en algunas zonas de la Orinoquía y Amazonía, sin embargo, existe una ocupación de entre 25 y 37.5% cerca de las ciudades de Bogotá y Medellín, mientras que en las ciudades de Cali y Santa Marta se observan valores de entre 12.5 y 25% de ocupación. Ninguna zona del país muestra una ocupación superior al 37.5%.

Ilustración 15. Ocupación de la banda de frecuencias de 412 – 430 MHz.

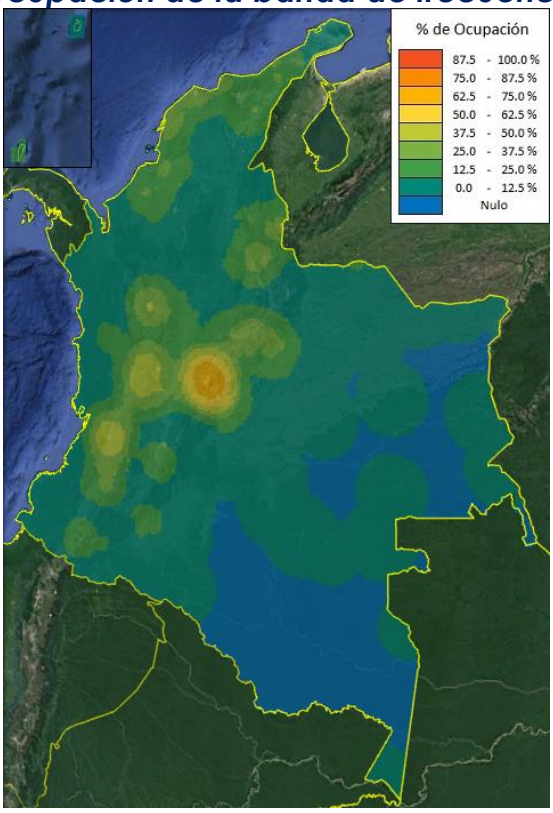


Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

En relación con la ocupación de la banda de frecuencias de 450 MHz, cuyo segmento corresponde a 440 – 470 MHz, se evidenció la presencia de 403 PRST y un total de 8002 asignaciones a estaciones de sistemas convencionales de radio móvil terrestre en 19,4 MHz de espectro útil. Los resultados del cálculo de ocupación de toda la banda de frecuencias se presentan en la Ilustración 16, allí se observa que la mayoría del territorio nacional tiene una ocupación menor al 12.5%, sin embargo, existe una ocupación de entre 62,5 y 75% cerca de la ciudad de Bogotá, mientras que en el eje cafetero y en las ciudades de Cali y Medellín se observan valores de entre 37,5 y 50% de ocupación. Se observan ocupaciones de entre el 25 y 37,5% en las ciudades de Barranquilla, Bucaramanga, Cartagena, Cúcuta, Montería,

Riohacha, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar y Yopal. Ninguna zona del país muestra una ocupación superior al 75%.

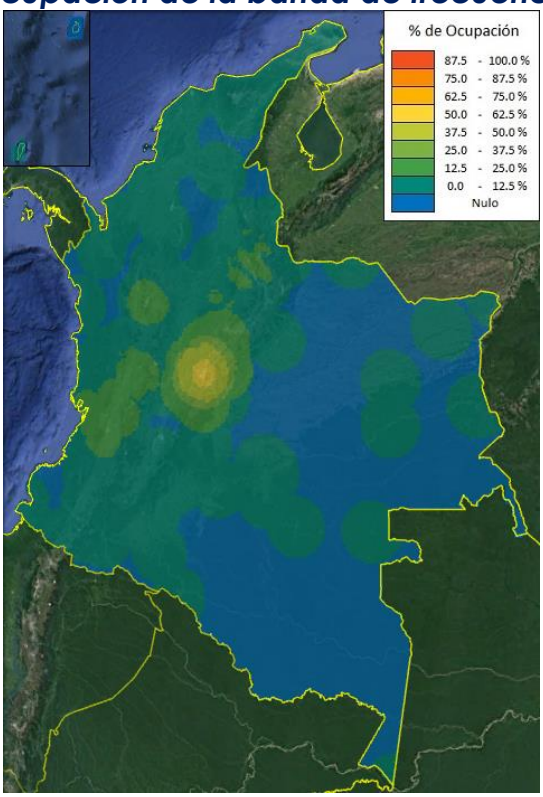
Ilustración 16. Ocupación de la banda de frecuencias de 450 MHz.



Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

La ocupación de la banda de frecuencias de 800 MHz, cuyo segmento corresponde a 806 – 824 MHz pareado con 851 – 869 MHz, evidenció la presencia de 6 PRST y un total de 13400 asignaciones a estaciones de sistemas convencionales de radio móvil terrestre en 36 MHz de espectro útil. Los resultados del cálculo de ocupación de toda la banda de frecuencias se presentan en la Ilustración 17, allí se observa que la mayoría del territorio nacional tiene una ocupación menor al 12.5% y una gran porción tiene ocupación nula, sin embargo, existe una ocupación de entre 50 y 62,5% cerca de la ciudad de Bogotá, mientras que en el eje cafetero y en las ciudades de Bucaramanga, Cali y Medellín se observan valores de entre 12,5 y 25% de ocupación. Ninguna zona del país muestra una ocupación superior al 62,5%.

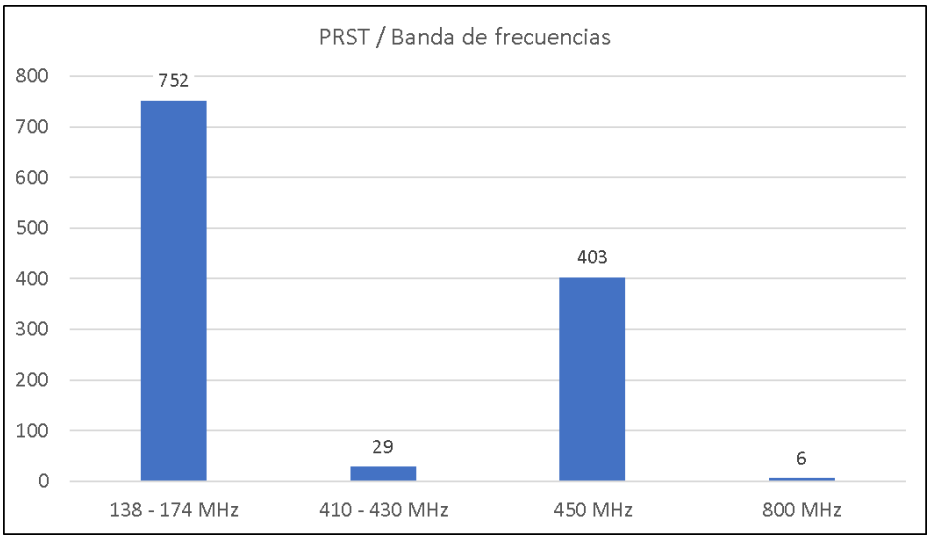
Ilustración 17. Ocupación de la banda de frecuencias de 800 MHz.



Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

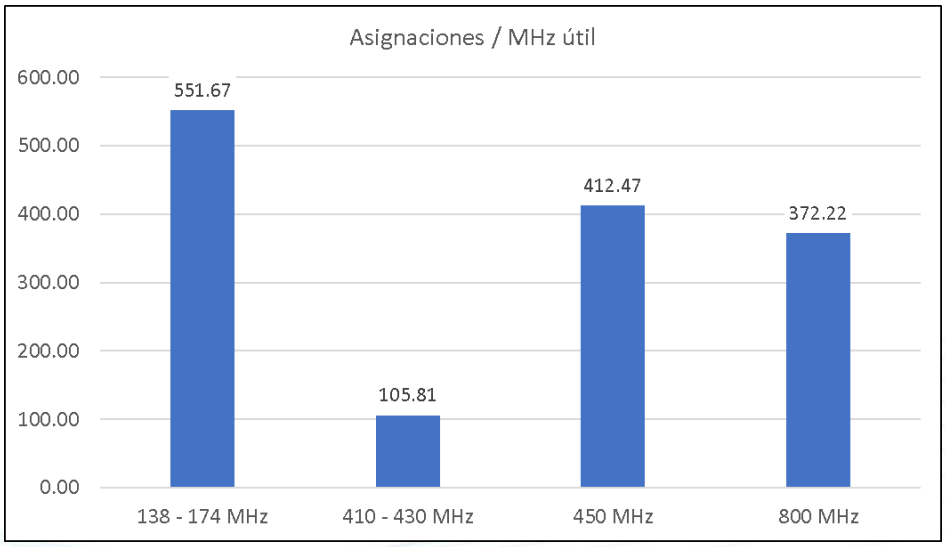
Aunque el método de cálculo utilizado no contempla cartografía digital (es decir no tiene en cuenta posibles obstrucciones por terreno) y la ocupación real correspondería entonces a valores ligeramente inferiores a los mostrados aquí, el ejercicio es útil para mostrar que las bandas de frecuencias de 138 – 174 MHz y 450 MHz son las más utilizadas para el servicio móvil (diferente a IMT), especialmente en las principales ciudades del país, y que las bandas de frecuencias de 412 – 430 MHz y 800 MHz tienen una ocupación moderada además de un numero bajo de PRST. Por otro lado, las consultas de permisos de uso del espectro muestran también bajas asignaciones por MHz de espectro útil en la banda de 410 – 430 MHz, tal y como se observa en las ilustraciones 18 y 19.

Ilustración 18. Cantidad de PRST por banda de frecuencias de sistemas convencionales de radio móvil terrestre.



Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

Ilustración 19. Asignaciones por MHz de espectro para sistemas convencionales de radio móvil terrestre.



Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

4.2. ENLACES FIJOS PUNTO A PUNTO

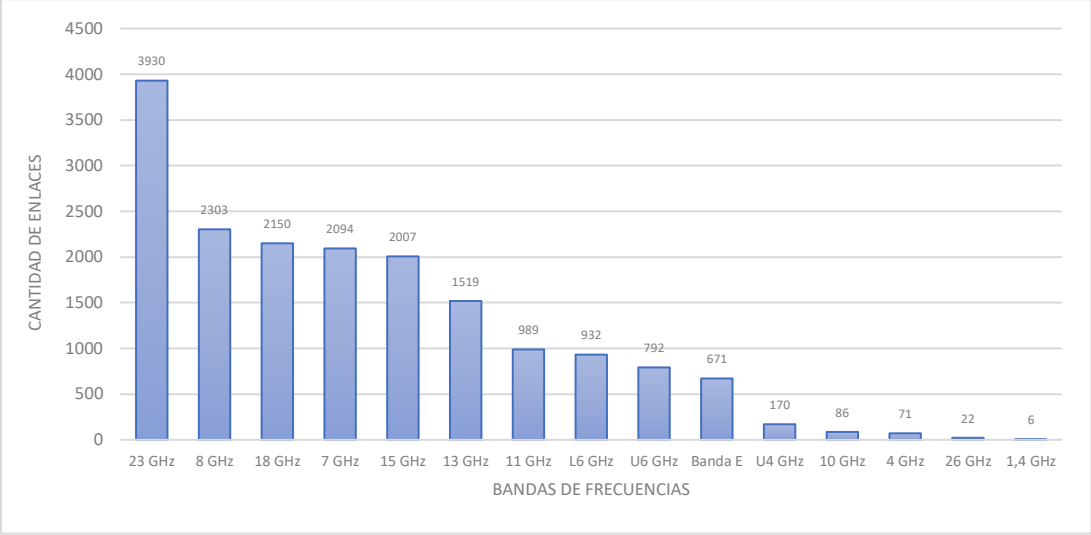
En cuanto a la ocupación del espectro por parte de enlaces punto a punto del servicio fijo, se debe tener en cuenta que a diferencia de los análisis realizados para

bandas de cobertura, la naturaleza de funcionamiento de un enlace microondas no tiene como finalidad cubrir un área de servicio sino por el contrario, a través del uso de antenas directivas, concentrar la radiación de energía radioeléctrica hacia un punto de interés, con lo cual se presenta la oportunidad de reusar el espectro de forma geográfica.

En este sentido, se dificulta dar una conclusión sobre el estado de congestión de las diferentes bandas de frecuencias del servicio fijo, o por lo menos desde un punto de vista geográfico. No obstante, un indicador que podría dar una idea del estado de congestión de las diferentes bandas usadas para microondas es la cantidad de solicitudes de uso del espectro que no han sido favorables desde el punto de vista técnico debido principalmente a la ocupación actual del espectro.

Así las cosas, inicialmente la Ilustración 20 muestra el panorama actual de asignaciones de enlaces microondas en el país diferenciado por cada una de las bandas de frecuencias del servicio fijo disponibles en el CNABF, y sobre el cual se puede concluir que las bandas con mayor uso corresponden a las bandas de 23 GHz, 8 GHz, 18 GHz, 7 GHz, y 15 GHz, seguidas de las bandas de 13 GHz, 11 GHz, L6 GHz, U6 GHz, y la banda E. Por su parte, las bandas con menor uso corresponden a las bandas de 10 GHz, 4 GHz, 26 GHz y 1,4 GHz. Al respecto, es importante mencionar que, desde hace unos años, los términos de referencia de los Procesos de Selección Objetiva (PSO) para otorgar permisos para enlaces punto a punto del servicio fijo solo incluye los segmentos de 3,7 GHz a 23,6 GHz y de 71 GHz a 76 GHz y 81 GHz a 86 GHz, con lo cual se ha venido desincentivando el uso de bandas como las de 1,4 GHz y la de 26 GHz, debido a que estas bandas han sido identificadas en Colombia para la futura operación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales.

Ilustración 20. Panorama de enlaces microondas asignados en Colombia

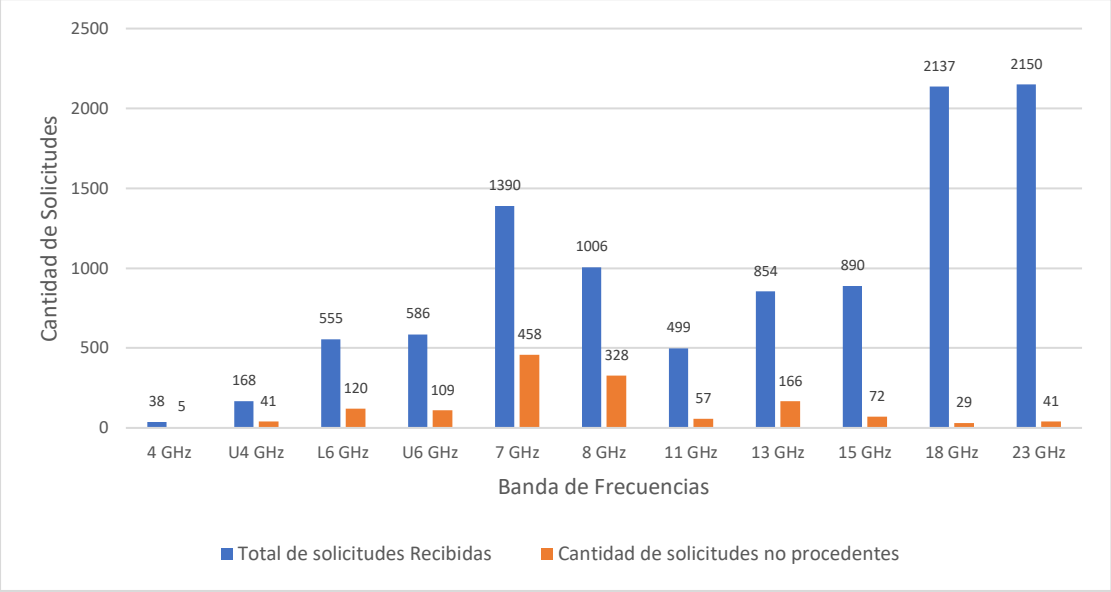


Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, a través de los análisis de los reportes de viabilidad técnica de las solicitudes de espectro que se han venido presentando durante los procesos de asignación de espectro de los últimos 3 años, se puede observar que existen bandas del servicio fijo donde se presenta una mayor indisponibilidad (solicitudes denegadas) debido a la ocupación actual del espectro.

La **Ilustración 21** describe esta situación, y a través de ella se puede concluir que las bandas donde se presenta mayormente esta situación son las bandas de 7 y 8 GHz, donde durante los últimos 3 años se negaron alrededor de 786 enlaces, lo que equivale al 33% de las solicitudes allegadas en estas bandas de frecuencias.

Ilustración 21. Reportes de viabilidad en bandas microondas



Fuente. Elaborado ANE con información del SGE.

En conclusión, analizando los estados de congestión tanto de algunas bandas de cobertura como del servicio fijo y previendo su disponibilidad hacia el futuro, se requiere adelantar un estudio para evaluar las alternativas que se deberán tomar en el corto y mediano plazo para garantizar la oferta futura de frecuencias del servicio fijo y móvil que actualmente se encuentran en estado de congestión.

5. VISIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN EN LA PLANEACIÓN FUTURA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Dado que la gestión del espectro es una actividad que adelantan de manera compartida la ANE y el Mintic, específicamente para este ejercicio de Planeación Técnica del Espectro a largo plazo se llevaron a cabo mesas de trabajo con las instancias de decisión dentro del Mintic y la ANE para identificar de manera precisa la visión de las dos entidades sobre los temas más relevantes en relación con la planeación del espectro, así como su visión sobre las prioridades del gobierno nacional con el fin de complementar la información encontrada en el ejercicio de revisión de tendencias internacionales, vigilancia tecnológica y de discusión con grupos de interés que fueron abordados en las secciones 2 a 4 del presente documento.

Así las cosas, a continuación, la **Tabla 5** consolida las necesidades en materia de espectro identificadas durante las mesas de trabajo junto con una breve descripción de estas.

Tabla 5. Visión de la administración en la Planeación futura del Espectro en Colombia

TEMÁTICA	SUBTEMÁTICA	NECESIDAD	DESCRIPCIÓN
SERVICIOS INALAMBRICOS DE BANDA ANCHA	Valoración de Espectro de Banda Ancha	***Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones***	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de realizar un estudio para identificar y elaborar un modelo económico parametrizable que considere la banda IMT disponible que se ha identificado en Colombia y que aún no ha sido asignada, teniendo en cuenta las variables necesarias para valorar su costo, las características técnicas, áreas de interés, así como los nuevos casos de uso, aplicaciones, agentes y mercados de Telecomunicaciones emergentes.
GESTIÓN DE OTROS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES	Acciones en servicios fijo y móviles convencionales	***Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro de sistemas de telecomunicaciones asociados a los servicios fijo y móvil (diferente a IMT)***	Esta necesidad surge luego de unos análisis preliminares realizados a la base de datos de ocupación del espectro tanto en bandas bajas como altas del espectro, en donde se pudo constatar que ya existen bandas de cobertura (caso como el de la banda de 450 MHz) que se encuentran en un alto porcentaje de ocupación en algunas zonas importantes del país, y en el caso de bandas del servicio fijo microondas, donde ya existen bandas como la de 7 y 8 GHz que están presentando un porcentaje considerable de indisponibilidad del espectro, cálculo que se basó en estadísticas de las solicitudes que han venido siendo denegadas dentro de los Procesos de Selección Objetiva de los últimos 3 años.
	Notificaciones de estaciones de frontera ante la UIT	***Definir las condiciones técnicas de estaciones radioeléctricas en frontera para procesos de coordinación internacional***	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente adelantar un estudio para determinar las distancias de coordinación de estaciones de frontera en Colombia de acuerdo con el servicio radiocomunicación y la banda de frecuencias para que posteriormente esto sirva como base para la notificación e inscripción de las estaciones que se definan dentro del Registro Internacional de Frecuencias (MIFR).

TEMÁTICA	SUBTEMÁTICA	NECESIDAD	DESCRIPCIÓN
	Gestión del espectro atribuido a los servicios Aeronáuticos y Marítimos	***Identificar las mejores prácticas internacionales en la gestión del espectro atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos***	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente adelantar un estudio para revisar internacionalmente como se gestiona el espectro radioeléctrico atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos, para que esta información sirva como insumo para la toma de decisiones en el país.
	Condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario	***Reglamentar y establecer las condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia***	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente realizar un estudio para definir las condiciones técnicas, económicas y legales del uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia, con el propósito de sentar las bases para futuras autorizaciones de espectro bajo este mecanismo de titularidad del espectro.
	Modelos de demanda de espectro	***Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones***	Esta necesidad surge como un requerimiento de la administración para estimar la demanda futura de espectro (ya sea de forma cualitativa o cuantitativa) de otros servicios de radiocomunicaciones diferentes al servicio móvil IMT.
NECESIDADES COMPLEMENTARIAS	Estimación del bienestar social	***Definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por el uso del espectro radioeléctrico***	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente adelantar un estudio que permita definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por la asignación y uso del espectro y la forma de estimar sus efectos sobre el bienestar social. El objetivo de este estudio es revisar experiencias internacionales y tomar insumos que sirvan para la toma de decisiones.

6. PLAN DE TRABAJO PREVISTO PARA EL PERIODO 2022-2026

Se menciona al inicio de este documento que la nueva planeación estratégica de espectro diseñada por la ANE se compone de cuatro etapas básicas: *I*) Recopilación de insumos, *II*) Identificación de temas relevantes, *III*) Adopción y Ejecución del Plan de Espectro a 5 años, y *IV*) Seguimiento expost de las medidas adoptadas.

En cuanto a la primera etapa, esta fue desarrollada en las secciones 2 a 5 del presente documento, y la Tabla 6 recoge las necesidades de espectro identificadas como parte del seguimiento de tendencias y desarrollos tecnológicos internacionales, así como del relacionamiento con sectores económicos y de la visión de la administración sobre los temas más relevantes en relación con la planeación futura del espectro radioeléctrico. Así mismo, dicha tabla contiene una descripción de la necesidad y de los posibles estudios que se prevén sean necesarios para realizar durante la ejecución de los proyectos.

Ahora, para la segunda etapa "*Identificación de temas relevantes*", que básicamente consistió en priorizar las necesidades de la Tabla 6 que serán atendidas en el corto plazo, esta entidad llevó a cabo un ejercicio de análisis multicriterio con expertos de la ANE y del Mintic para aplicar la Metodología de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) que es una metodología usada para resolver problemas de múltiples criterios y tomar decisiones entre distintas alternativas planteadas. La ejecución de esta metodología requiere de dos evaluaciones totalmente subjetivas, la primera relacionada con la importancia (ponderación) de cada uno de los criterios con respecto a los demás criterios de selección, y la otra corresponde a la estimación o evaluación de cada una de las alternativas de decisión (que para este caso corresponde a las necesidades identificadas) con respecto a los criterios de selección. Así entonces, el resultado de aplicar la metodología es una priorización de las necesidades de espectro que serán abordadas durante los próximos 5 años (2022-2026).

De manera puntual, para el ejercicio de priorización se seleccionaron ocho criterios basados principalmente en la Política Pública y la transformación digital de la economía junto con otros criterios propuestos por un equipo de expertos de la entidad. Los criterios seleccionados fueron los siguientes: *I)* Maximización del bienestar social, *II*) Alineación con una tendencia tecnológica, *III*) Despliegue de redes y Ecosistema de equipos desarrollado, *IV*) Transformación Digital, *V*) Atención a requerimientos de usuarios del espectro, *VI*) Requerimientos de la administración

(ANE/Mintic) para atender la futura disponibilidad y gestión del espectro, *VII*) Necesidad apremiante que requiere una pronta intervención de la administración, y *VIII*) Maximización en el uso del espectro.

Así las cosas, y posterior al ejercicio de análisis multicriterio, la **Tabla 7** describe las necesidades priorizadas que junto con las actividades y compromisos adquiridos de los documentos de política pública vigentes se convierten en la base para la definición del plan de trabajo, y particularmente de las acciones a adelantar por parte de los distintos grupos internos de trabajo de la ANE durante el año 2022. Para las necesidades restantes, la Tabla 6 establece preliminarmente el año de inicio.

Es importante mencionar que cada una de estas necesidades será considerada como un proyecto al cual se le aplicará los criterios y metodologías de Análisis de Impacto Normativo (AIN) de acuerdo con lo definido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP)[187].

Finalmente, conviene subrayar que el Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años no es un plan de trabajo rígido, por el contrario, está diseñado para adaptarse al entorno cambiante de la gestión del espectro radioeléctrico y particularmente en razón al surgimiento de nuevas tecnologías y aplicaciones de comunicaciones inalámbricas, así como del resultado de la interacción con los usuarios de los servicios de comunicaciones y de las experiencias innovadoras en la gestión del espectro a nivel internacional. En consecuencia, las Tablas 6 y 7 proponen una fecha estimada de inicio de trabajo de cada una de las necesidades identificadas, no obstante, este cronograma está sujeto a cambios dado que las prioridades en la demanda de espectro y los recursos disponibles pueden cambiar en el tiempo, con lo cual a través de este documento se harán las modificaciones correspondientes.

[187] CONPES 3816 de 2014 y Guía Metodológica de Análisis de Impacto Normativo https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Gu%C3%ADa%20Metodol%C3%B3gica%20de%20An%C3%A1lisis%20de%20Impacto%20Normativo.pdf

Tabla 6. Matriz de Necesidades recopiladas de las secciones 2 a 5

Temática	*Subtemática*	*Necesidad*	*Descripción necesidad y estudios estimados*	*Año de Inicio*	*¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?*[188]
SERVICIOS INALÁMBRICOS DE BANDA ANCHA	*Panorama de conexiones IMT (Bandas bajas, medias y altas)*	*1. Atender la demanda futura de espectro para el despliegue de redes de banda ancha inalámbrica IMT.*	De acuerdo con la investigación, los pronósticos indican un crecimiento en la demanda de espectro IMT para respaldar nuevas aplicaciones de alto consumo de datos móviles (p, ej., reproducción de videos de alta definición, Realidad Virtual/Realidad Aumentada, cámaras de alta definición, Juegos en línea, monitoreo y control remoto, etc.). Así mismo este crecimiento involucra la demanda para respaldar nuevos casos de uso tales como IoT masivo y crítico, Acceso Fijo Inalámbrico-FWA, Redes de Misión Crítica, Redes para Verticales, etc. En el caso de IoT, se pronostica que las conexiones IoT estarán cerca de duplicarse y llegar a 24 mil millones de conexiones para el 2025 usando tanto bandas IMT como bandas de Uso libre, por lo que este aumento de conexiones se va a ver reflejado, en gran parte, en la cantidad de espectro requerido para IMT para que proveedores puedan incluir este servicio dentro de su portafolio de servicios. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, específicamente relacionados con el análisis, planificación y establecimiento de condiciones técnicas y operativas de bandas de frecuencias que han sido identificadas en Colombia para el futuro desarrollo de las IMT antes de que estas sean asignadas en el país. Para ello, se requiere un seguimiento al comportamiento del ecosistema de equipos, despliegue de redes de telecomunicaciones en el mundo y análisis de casos de uso en bandas de frecuencias identificadas para la futura operación de las IMT, con el propósito de identificar y ejecutar las acciones necesarias para la disponibilidad oportuna del espectro que sea definido por el modelo de demanda de espectro IMT.	2023	Si
	Estudio de Uso futuro de bandas de frecuencias				

[188] Corresponde a necesidades identificadas que podrían requerir, como solución viable, la implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro. Esta identificación se deriva de un proceso metodológico que adelantó la ANE en el 2021 y que responde a la actividad 5.3.4.1 del documento de política pública de espectro 2020-2024, en relación con el diseño de un plan de implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro.

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Redes de Transporte de Banda Ancha	*2. Identificar espectro disponible para el transporte de datos de alta capacidad (Backhaul)*	Esta necesidad surge como complemento y soporte a los despliegues de redes de acceso, donde es necesario llevar la conectividad a cada uno de los puntos donde va a existir una estación base o una pequeña celda, y para ello se requiere desplegar redes de backhaul inalámbricas masivamente. Ahora, dado los pronósticos de crecimiento de las redes de acceso IMT se pronostica igualmente un aumento significativo en la capacidad del espectro de soporte necesario para el desarrollo de 4G y 5G, donde se van a requerir soluciones que soporten anchos de banda amplios en el caso de 5G. Aunque la fibra es una alternativa de solución, no siempre está disponible en todos los lugares donde se requiere ofrecer banda ancha móvil, por lo que se espera que el 65% del mercado mundial de backhaul de microondas entre 2021 a 2027 esté conformado por enlaces inalámbricos Las redes de backhaul están evolucionando a bandas altas las cuales admiten canales de ancho de banda más amplios. Al respecto la industria ya está trabajando y analizando la posibilidad de usar los rangos de frecuencia de 92-114,5 GHz (conocida como banda W) y 130-174,8 GHz (conocida como banda D) que permitirían anchos de canal superiores a 2 GHz. Ahora, se conoce a nivel mundial que existen otras bandas del espectro por encima de los 30 GHz también disponibles para enlaces fijos como soporte de redes IMT, no obstante, es necesario consultar con fabricantes e identificar la disponibilidad de equipos de comunicaciones comerciales para algunas de estas bandas de frecuencias y con ello crear, habilitar o modificar los planes de distribución de canales que se requieran en el CNABF. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos y legales para determinar las bandas de frecuencias que podrían llegar a suplir esta necesidad, así como definir las condiciones técnicas, parámetros de cobro y los mecanismos más adecuados para el acceso y uso de bandas altas del espectro para el funcionamiento de redes de transporte de alta capacidad.	2022	Si
	Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) en bandas IMT *Redes Locales en bandas IMT*	*3.Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad*	De acuerdo con las tendencias internacionales, la futura disponibilidad de espectro IMT no va a estar enfocada en atender únicamente requerimientos de los operadores móviles comerciales. Por el contrario, dada la evolución y las nuevas características de las tecnologías IMT (caso específico como el de 5G), nuevos agentes, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones están viendo en las IMT una oportunidad para hacer parte de este nuevo ecosistema digital, como por ejemplo industrias, servicios públicos, comunidades buscando a través de redes comunitarias brindar soluciones de conectividad en zonas apartadas, pequeños proveedores con nuevos modelos de negocio interesados en prestar servicios de	2022	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Redes de banda ancha para atención de emergencias	*inalámbrica de nuevos agentes, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones*	acceso fijo inalámbrico, redes locales, redes de misión crítica e IoT, entre otros. Esta necesidad obedece a una tendencia internacional y a un requerimiento por parte de los sectores económicos en Colombia para acceder a los nuevos casos de uso, aplicaciones y servicios de banda ancha que están emergiendo con la tecnología 5G. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, normativos y de bienestar para evaluar la viabilidad técnica, económica y social del uso del espectro IMT por parte de sectores productivos, así como de nuevos agentes y mercados de telecomunicaciones, incluidos los Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico y redes verticales, interesados en desplegar redes o prestar servicios de telecomunicaciones a través de redes locales de banda ancha inalámbrica en Colombia. Este estudio plantea considerar de manera integral el análisis de algunas bandas de frecuencias (en diferentes rangos del espectro: bandas bajas, medias y altas) que se han mostrado como tendencia mundial, permitiendo con ello lograr economías de escala y atender las futuras necesidades de los distintos agentes de interés. Así mismo, este estudio prevé considerar aspectos como: análisis de costo-beneficio; la cantidad de espectro necesario; los mecanismos de acceso y uso del espectro más adecuados para los potenciales usuarios (p.ej. reservas exclusivas, accesos compartidos o de uso libre); los tipos de permisos de acuerdo con el área de cobertura (p.ej. indoor, locales, municipales, departamentales); el establecimiento de los parámetros técnicos de uso de las bandas de frecuencias; y finalmente la valoración adecuada del espectro para este tipo de redes.		
	5G BROADCAST	*4.Uso de nuevas tecnologías de banda ancha inalámbrica para la radiodifusión de contenido multimedia (5G Broadcast)*	Esta necesidad surge dadas las siguientes situaciones: 1. Avance tecnológico para mejorar la forma como se ofrecen los contenidos multimedia, incluyendo a los dispositivos móviles dentro de los usuarios finales. 2. Manifestaciones de algunos PRST y fabricantes para comenzar con los análisis de viabilidad del uso de esta tecnología en Colombia teniendo en cuenta los nuevos hábitos de consumo de contenidos en el mundo, donde la tendencia de los usuarios es a utilizar cada vez más los dispositivos móviles para el consumo de medios. A través del uso de tecnologías IMT, se abre una oportunidad para que los operadores de Televisión puedan difundir contenido multimedia también a dispositivos móviles a través de la tecnología 5G Broadcast, por lo cual esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería para revisar en detalle las condiciones técnicas de operación del estándar y la disponibilidad comercial de equipos, así como comenzar una discusión para identificar inicialmente si existe una necesidad e interés por parte de los operadores de TV ya que habría que realizar una inversión en infraestructura. Adicionalmente habría que revisar si se requieren cambios técnicos o regulatorios para la adopción de dicha tecnología en el país.	2026	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Valoración de Espectro de Banda Ancha	*5.Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones*	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de realizar un estudio para identificar y elaborar un modelo económico parametrizable que considere la banda IMT disponible que se ha identificado en Colombia y que aún no ha sido asignada, teniendo en cuenta las variables necesarias para valorar su costo, las características técnicas, áreas de interés, así como los nuevos casos de uso, aplicaciones, agentes y mercados de Telecomunicaciones emergentes. De igual forma, este modelo de valoración debe considerar aspectos relacionados con el bienestar social y la definición de tarifas diferenciales para el uso del espectro radioeléctrico en proyectos de telecomunicaciones sociales que faciliten la cobertura e incentiven la inversión de infraestructura en zonas apartadas del país. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en estudios económicos y de bienestar.	2022	No
PANORAMA DE CONEXIONES IoT	*Internet de las Cosas (IoT) sobre bandas de uso libre*	*6.Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT*	De acuerdo con la investigación se identificó que más de la mitad de las empresas en el mundo consideran la tecnología IoT como un transformador potencial de las compañías y de la Industria en general. La pandemia puso de relieve la importancia del IoT para restablecer la producción económica debido a la fácil adopción de soluciones empresariales destinadas a la transformación digital. Se pronostica que las conexiones IoT estarán cerca de duplicarse y llegar a 24 mil millones de conexiones para el 2025 usando tanto bandas IMT como bandas de Uso libre. Basado en lo anterior, este aumento de conexiones se va a ver reflejado, por una parte, en la cantidad de espectro requerido para IMT para que proveedores puedan incluir este servicio dentro de su portafolio de servicios, y por otra, en la demanda de espectro de uso libre. Por lo anterior, una de las maneras de impulsar esta tecnología desde la administración es evaluando la disponibilidad adicional de espectro de uso libre, ya que en el mercado existe una variedad de estándares y tecnologías maduras enfocadas a ofrecer servicios IoT en bandas exentas de licencia, principalmente en la banda de 900 MHz para la región 2. Muchos de los usuarios de IoT sobre bandas de uso libre son empresas o sectores productivos que ven en esta tecnología una alternativa de conectividad de sus sensores o máquinas sobre todo en lugares remotos donde operadores privados no les ofrecen servicios. Adicionalmente, otro elemento de interés para estos usuarios es que son bandas exentas de contraprestaciones con lo cual los costos se reducen y se eliminan las barreras de acceso al espectro. En consecuencia, una de las alternativas preliminarmente identificada desde la administración, es la de evaluar la ampliación del segmento de 900 MHz para incrementar la disponibilidad del espectro radioeléctrico de uso libre para dispositivos IoT a través de redes de Baja Potencia y Área Amplia (LPWAN). Al respecto uno de los países referentes en el mundo en el uso de IoT en la banda de 900 MHz es Australia quien se encuentra llevando una discusión al respecto y planteando una propuesta de ampliación del segmento. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería.	2022	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
MECANISMOS DE GESTIÓN Y USO FLEXIBLE DEL ESPECTRO	*Modelos de Gestión del Espectro No Tradicionales*	*7. Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso al recurso por parte de nuevos actores, aplicaciones, servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país*	Esta es una temática que está tomando una gran relevancia en el mundo debido a dos puntos principalmente: 1. La necesidad que se ha visto de una mayor y mejor conectividad en zonas suburbanas y rurales. Al respecto, a nivel internacional ya se reconoce que existe una abundancia de espectro en zonas remotas, y como consecuencia la tendencia mundial es a mirar la gestión del espectro desde otra perspectiva y reconceptualizar esa forma de cómo se está asignando el espectro en pro de un beneficio social. 2.La baja posibilidad que tienen actualmente nuevos actores del ecosistema digital, como lo son pequeños operadores, empresas, redes comunitarias o sectores económicos, de acceder al espectro debido a que las bandas están generalmente en uso por diferentes servicios de radiocomunicaciones y los procesos de liberación en algunos casos son complejos y demorados. El objetivo con esta necesidad es precisamente buscar alternativas a través de modelos de gestión de espectro no tradicionales para maximizar el uso del recurso, sobre todo en zonas donde los índices de conectividad son muy bajos. A nivel internacional se recomienda promover la flexibilización en el uso del recurso con el fin de que el mismo sea fácilmente asequible por parte de usuarios que generen el mayor valor económico y social del mismo. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, legales y de bienestar con el propósito de revisar, analizar y evaluar la viabilidad de implementación de nuevos mecanismos, tecnologías o técnicas de uso flexible del espectro que permitan el acceso oportuno al recurso para nuevos agentes de interés. Así mismo el estudio deberá evaluar su posible implementación en distintas bandas de frecuencia del espectro.	2022	Si
	Asignación ágil	*8.Dinamizar los sistemas de asignación de frecuencias en bandas del servicio fijo*	Otro mecanismo de uso flexible del espectro es la asignación ágil del espectro, a través del cual se busca dinamizar los procesos de asignación y en general de toda la cadena de valor de los Procesos de Selección Objetiva (PSO). Una de las acciones que encontró la Política de Espectro 2020-2024, es precisamente la simplificación a través de la cual se busca eliminar las cargas para los usuarios del espectro, así como la reducción de los tiempos de ejecución de las actividades requeridas para la asignación del espectro, con el fin de que el recurso esté disponible de la manera más expedita para su uso. En este sentido, la administración determinó la necesidad de realizar el análisis e implementación de mecanismos de asignación ágil tomando como ejemplo el caso ya aplicado para la asignación de enlaces en Banda E, con el fin de replicar los mecanismos que han resultado efectivos a otras bandas de frecuencias. En consecuencia, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, legales y económicos para determinar la viabilidad técnica, económica y normativa de establecer mecanismos de asignación ágil en algunas de las bandas de frecuencias del servicio fijo por encima de 10 GHz.	2024	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Uso Libre del Espectro	*9.Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)*	Esta necesidad surge como una tendencia internacional para modernizar, innovar y hacer uso de las TIC en aplicaciones de sistemas de transporte inteligente destinadas a mejorar la gestión del tráfico y la conducción segura. Existe una banda armonizada para los sistemas de transporte inteligente en la Región 2 que corresponde a la banda de 5,9 GHz, y en CITEL se encuentra en curso un proyecto de recomendación para armonizar el segmento de frecuencias de 5850-5925 MHz con el fin de generar un ecosistema de equipos. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la viabilidad técnica de la adopción de tecnologías V2X asociadas al Sistema de Transporte Inteligente (ITS) en la banda de 5,9 GHz (5.855-5.925 MHz). El estudio deberá contemplar las diferentes tecnologías, así como las condiciones técnicas, operativas y otras medidas necesarias como el mecanismo de uso y el régimen de licenciamiento más adecuado para su adopción dentro de la normatividad colombiana. De igual forma, deberá contemplar todos los estudios necesarios para evitar interferencias perjudiciales con bandas adyacentes.	2025	Si
		10.Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transmisión Inalámbrica de Potencia (TIP)	Esta necesidad surge de la revisión de desarrollos tecnológicos de dispositivos de corto alcance y baja potencia que utilizan el espectro de uso libre. Esta es una tecnología que se utiliza para cargar de forma inalámbrica dispositivos móviles y portátiles. Adicionalmente, este tema viene siendo impulsado desde CITEL, donde específicamente en la última reunión del Comité Consultivo Permanente II se presentaron contribuciones para alcanzar una armonización regional en el uso de espectro por parte de dispositivos móviles y portátiles con capacidad de carga mediante sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) en beneficio de los usuarios y la industria. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la adopción de la tecnología de Transmisión inalámbrica de Potencia (TIP) bajo el mecanismo de uso libre del espectro. El estudio deberá contemplar las posibles frecuencias de operación, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.	2026	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
		11.Disponibilidad de espectro para Sistemas Móviles de Proximidad Cercana	De igual forma, esta necesidad surge como parte de la revisión de desarrollos tecnológicos de dispositivos de corto alcance y baja potencia que usan el espectro de uso libre. Desde la UIT, el Grupo de Trabajo 5A ha reconocido la importancia de aplicaciones como los sistemas de descarga con transmisión de datos de alta velocidad (p.ej. aplicaciones de descarga de películas y música para reemplazar sistemas de conexión ópticos o sistemas de comunicaciones inalámbricos en data centers para reemplazar conexiones cableadas; en fin, aplicaciones que pueden resultar atractivas en Colombia. Ahora, debido a la cantidad de tráfico y la proximidad que se requiere entre el transmisor y el receptor, los anchos de banda que manejan este tipo de aplicaciones normalmente van desde 2 hasta 100 GHz, razón por la cual su implementación se debe realizar en frecuencias altas donde se disponga ampliamente de espectro, por lo general, estas aplicaciones operan desde los 275 hasta 450 GHz. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la viabilidad técnica de la adopción de los Sistemas Móviles de Proximidad Cercana bajo el mecanismo de uso libre del espectro. El estudio deberá contemplar las posibles frecuencias, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.	2026	Si
		12.Establecer las condiciones técnicas para limitar las emisiones no deseadas del Sistema PLC (Power Line Communications)	Esta necesidad surge como iniciativa del sector eléctrico, donde, a través de los talleres virtuales realizados en el 2020, los ponentes mencionaron la necesidad de habilitar el uso de la tecnología PLC en Colombia con el propósito de apoyar el despliegue de soluciones de medición avanzada (AMI, por sus siglas en inglés) que utilizarían la misma red eléctrica como canal de datos para la medición remota de contadores inteligentes usando un ancho de banda reducido debido al tamaño de la información, lo que se conoce en el mundo como Narrow Band PLC (NB-PLC). Ahora, aunque el despliegue de la tecnología PLC es una alternativa de solución para soportar los servicios de telecomunicaciones del sector eléctrico, este sistema presenta un inconveniente y es que puede recibir o causar interferencias a otros sistemas de radio que operan en bandas bajas del espectro, debido a que la red eléctrica, por sus características físicas, radia parte de su señal al medio radioeléctrico. En vista de lo anterior, desde el año 2019, la ANE ha venido llevando a cabo estudios para revisar las posibles interferencias que se presentarían, especialmente sobre el servicio de radiodifusión sonora AM. No obstante, aunque hay unos resultados preliminares, aún no se ha procedido a establecer las condiciones técnicas de emisiones fuera de banda para proteger servicios de radiocomunicaciones, y con ello habilitar el uso en Colombia de esta tecnología. Esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería para evaluar las condiciones técnicas y los límites de emisiones no deseadas, así como otras medidas técnicas que se deban tener en cuenta para garantizar la operación sin interferencias entre el servicio de Radiodifusión Sonora AM y las emisiones no deseadas del sistema PLC.	2023	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
		13.Disponibilidad de espectro para Cables Radiantes que operan dentro y fuera de estructuras subterráneas	Esta necesidad surge como iniciativa del sector minero, donde a través de los talleres virtuales realizados en el 2020, manifestaron la necesidad de que en Colombia se destine espectro para la operación de cables radiantes o cables con fugas que se despliegan dentro de los túneles de minería y hasta los centros de control. Actualmente la normatividad de uso libre permite el uso de cualquier frecuencia a cualquier potencia desde que se use en espacios confinados, no obstante, estos sistemas alcanzan a radiar una potencia de hasta 0,5 Watts en espacios alrededor de la mina, con lo cual esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica del uso de esta tecnología, así como las posibles frecuencias de operación y el mecanismo de uso más adecuado.	2025	No
		14.Analizar la disponibilidad de espectro para el uso de Espacios en Blanco de Televisión (TVWS)	Esta necesidad surgió como una iniciativa de los análisis y estudios que se han realizado al interior de la entidad, donde posteriormente a un estudio realizado por la ANE en el 2020, se identificó que a pesar de haberse adoptado esta tecnología en el país, la disponibilidad de canales TVWS se ha visto limitada, en algunos casos con cero canales disponibles en zonas de interés de la geografía colombiana y en otras zonas geográficas en cuanto al número máximo de canales disponibles, esto debido en gran parte a la asignación actual de los canales del servicio de televisión en el rango de 470 a 698 MHz y a los requerimientos técnicos y operativos establecidos para proteger a dicho servicio de interferencias perjudiciales, tales como; zonas restringidas, y márgenes de protección en canales adyacentes, entre otros. Adicionalmente, hay que tener en cuenta que a futuro esta disponibilidad va a estar aún más comprometida dado que el segmento de 614-698 MHz (canales 38-51) se va a destinar para las IMT. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica del uso de otras frecuencias atribuidas al Servicio de Radiodifusión de Televisión para el uso de la tecnología TVWS, así como realizar una revisión de disponibilidad comercial de equipos. Dentro de este estudio, y en caso de ser viable, se deberán establecer las condiciones técnicas y operativas, así como llevar a cabo las acciones necesarias para incluir las modificaciones respectivas en la Base de Datos de Espacios en Blanco (BDEB) de la ANE.	2023	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
COMUNICACIONES SATELITALES DE BANDA ANCHA	*Redes Satelitales de alta capacidad en bandas por encima de 24 GHz*	*15.Identificar la necesidad de espectro para la futura operación de las estaciones terrenas satelitales de alta (HTS) y muy alta capacidad (VHTS)*	Esta necesidad surgió como una solicitud de la agremiación satelital interesados en garantizar el acceso actual y futuro al espectro para poder desplegar satélites de alta capacidad (HTS) y muy alta capacidad (VHTS) que funcionan en bandas por encima de los 24 GHz. A nivel internacional los satélites son considerados una parte integral de las futuras ofertas de servicios de 5G, incluido el Internet de las Cosas ("IoT"). Los operadores satelitales están buscando precisamente operar en bandas altas del espectro para tener acceso a grandes anchos de banda y poder ofrecer capacidades similares a las de las redes terrestres 5G. Así mismo, a nivel mundial los reguladores reconocen el rol fundamental que tendrán los satélites en la extensión de la conectividad a zonas desatendidas. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar las medidas técnicas y operativas necesarias que permitan la convivencia entre las estaciones terrestres IMT y las estaciones terrenas del Servicio Fijo por Satélite (Gateways o terminales de usuario) en las bandas de frecuencias a partir de 24 GHz.	2024	Si
	Estaciones Terrenas en Movimiento (ESIM) en Órbitas No Geoestacionarias	*16.Evaluar la inclusión del otorgamiento de permisos para ESIM (Estaciones Terrenas en Movimiento) que operan con sistemas de satélites en órbitas no geoestacionarias*	Esta necesidad surge dado que durante la CMR-23 se tomarán decisiones sobre la utilización de las bandas de frecuencias 17,7-18,6 GHz, 18,8-19,3 GHz y 19,7-20,2 GHz (espacio-Tierra) y 27,5-29,1 y 29,5-30,0 GHz (Tierra-espacio) para las estaciones terrenas en movimiento que se comunican con estaciones espaciales no geoestacionarias del servicio fijo por satélite, por lo cual va a quedar una tarea para la administración, y es la de evaluar la inclusión del otorgamiento de permisos para ESIM que operen con sistemas de satélites en órbitas no geoestacionarias (Non-GSO, por sus siglas en inglés) dentro de la normatividad del régimen satelital en Colombia, conforme a las decisiones que se establezcan en la próxima conferencia de radiocomunicaciones.	2024	Si
	Reglamentación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión	*17.Estudiar la pertinencia de definir condiciones para la operación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión*	Durante las discusiones entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de evaluar la pertinencia de definir condiciones para la operación de otros servicios por satélite ya que normalmente las disposiciones reglamentarias para permitir el desarrollo de servicios de radiocomunicaciones por satélite en los distintos países se establecen principalmente para servicios de tipo fijo, móvil, radiodifusión y aficionados. No obstante, existen otros servicios por satélite que requieren una gestión del recurso. Estos servicios por ejemplo son: radionavegación por satélite, radiodeterminación por satélite, exploración de la Tierra por satélite, ayuda a la meteorología por satélite, investigación espacial, radioastronomía, entre otros, algunos de ellos usados por universidades y centros de investigación en Colombia. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos y normativos sobre la pertinencia de una gestión del espectro para los servicios satelitales diferentes al servicio fijo, móvil y de radiodifusión por satélite, así como evaluar las disposiciones para la operación de las estaciones terrenas asociadas a dichos servicios.	2025	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Componente Terrestre Complementario del Servicio Móvil por Satélite	*17a. Evaluar la viabilidad y pertinencia de definir las condiciones técnicas y regulatorias para el uso del Componente Terrestre Complementario del Servicio Móvil por Satélite*	Durante el periodo de comentarios del PMGE, se solicitó incluir dentro de los estudios a desarrollar en los siguientes 5 años, el de evaluar las condiciones técnicas y el desarrollo de la regulación pertinente para promover el despliegue del componente terrestre complementario (CTC o CGC en inglés) en Colombia. Así las cosas, este estudio se enfoca en revisar inicialmente la viabilidad técnica y normativa del uso del espectro atribuido al Servicio Móvil Por satélite en el rango de 2GHz para el despliegue del Componente Terrestre Complementario (CTC). Una vez se defina la viabilidad técnica, y en caso de ser procedente, se deberán estudiar y establecer las condiciones técnicas y legales del uso del sistema CTC en Colombia.	2026	Si
PLANES FUTUROS PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA	*Radio Digital* *Extensión de la banda FM* *Migración de Emisoras AM a la banda FM*	*18.Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión sonora*	De los análisis llevados a cabo al interior de la entidad se pudo constatar que las manifestaciones de interés en el servicio de radiodifusión sonora superan en más de cinco veces el número de emisoras autorizadas para la prestación de dicho servicio en Colombia. Ahora, en los estudios de planificación de canales realizados para los procesos de selección objetiva, la ANE identificó que en la banda de FM la disponibilidad del espectro en 10 departamentos del país, los cuales concentran el 62,8% de la población nacional, es baja. Por ello, en el corto y mediano plazo no será posible planificar de manera adecuada canales para futuras asignaciones del espectro radioeléctrico para la prestación del servicio de radiodifusión sonora en FM. En consecuencia, y a modo de conclusión se podría decir que la demanda de espectro en FM supera la oferta disponible. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, legales y de bienestar para evaluar las posibles acciones a tomar para incrementar la oferta de espectro para el servicio de radiodifusión sonora en F.M.	2024	No
GESTIÓN DE OTROS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES	*Acciones en servicios fijo y móvil convencionales*	*19.Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro de sistemas de telecomunicaciones asociados a los servicios fijo y móvil terrestre (diferente a IMT)*	Esta necesidad surge luego de unos análisis preliminares realizados a la base de datos de ocupación del espectro tanto en bandas bajas como altas del espectro (VHF, UHF y SHF), en donde se pudo constatar que ya existen bandas de cobertura (caso como el de la banda de 450 MHz) que se encuentran en un alto porcentaje de ocupación en algunas zonas importantes del país, y en el caso de bandas del servicio fijo microondas, donde ya existen bandas como la de 7 y 8 GHz que están presentando un porcentaje considerable de indisponibilidad del espectro, calculo que se basó en estadísticas de las solicitudes que han venido siendo denegadas dentro de los Procesos de Selección Objetiva de los últimos 3 años. En este sentido, esta necesidad se enfoca en realizar estudios de ingeniería para evaluar las alternativas que se deberán tomar en el corto y mediano plazo para garantizar la oferta futura de segmentos de frecuencias de los servicios fijo y móvil (diferentes a IMT) que actualmente se encuentran en estado de congestión.	2023	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?[188]
	Notificaciones de estaciones de frontera ante la UIT	*20.Definir las condiciones técnicas de estaciones radioeléctricas en frontera para procesos de coordinación internacional*	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de adelantar un estudio de ingeniería para determinar las distancias de coordinación de estaciones de frontera en Colombia de acuerdo con el servicio de radiocomunicación y la banda de frecuencias de operación de las estaciones, para que posteriormente este insumo sirva como base para la notificación e inscripción de las estaciones que se definan dentro del Registro Internacional de Frecuencias (MIFR).	2025	No
	Gestión del espectro atribuido a los servicios Aeronáuticos y Marítimos	*21.Identificar las mejores prácticas internacionales en la gestión del espectro atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos*	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente adelantar un estudio para revisar internacionalmente como se gestiona el espectro radioeléctrico atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos, para que esta información sirva como insumo para la toma de decisiones en el país.	2025	No
	Condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario	*22.Reglamentar y establecer las condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia*	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente realizar un estudio para definir las condiciones técnicas, económicas y legales del uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia, con el propósito de sentar las bases para futuras autorizaciones de espectro bajo este mecanismo de titularidad del espectro.	2024	Si
	Modelos de demanda de espectro	*23.Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones*	Esta necesidad surge como un requerimiento de la administración para estimar la demanda futura de espectro (ya sea de forma cualitativa o cuantitativa) de otros servicios de radiocomunicaciones diferentes al móvil IMT, que es actualmente el único servicio con el que se cuenta con un modelo de demanda de espectro.	2022	No
NECESIDADES COMPLEMENTARIAS	*Estimación del beneficio social*	*24.Definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por el uso del espectro radioeléctrico*	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente realizar un estudio que permita definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por la asignación y uso del espectro y la forma de estimar sus efectos sobre el bienestar social. El objetivo de este estudio es revisar experiencias internacionales para que sumado a un análisis del entorno nacional se puedan lograr insumos que sirvan para la toma de decisiones, esto dado a la falta de capacidad, habilidades y competencia que tiene actualmente la administración para hacer análisis de bienestar social.	2023	No

Tabla 7. Matriz de necesidades priorizadas y actividades pendientes de los documentos de Política Pública para la definición del plan de Trabajo del año 2022

Necesidad Priorizada/Compromisos de Política Pública		*Recursos*	*Fecha de Inicio*	*Publicación de la Definición del problema*
NECESIDADES PRIORIZADAS DEL PLAN MAESTRO DE GESTION DE ESPECTRO A 5 AÑOS	*1. Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso de nuevos actores, aplicaciones, servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país*	Estudio con recurso interno de la ANE	1 trimestre	2 trimestre
	2. Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones	Estudio con recurso interno de la ANE	1 trimestre	2 trimestre
	3. Identificar espectro disponible para el transporte de datos de alta capacidad (Backhaul)	Estudio con recurso interno de la ANE	1 trimestre	2 trimestre
	4. Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica de nuevos actores, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones	Estudio con recurso interno de la ANE	1 trimestre	2 trimestre
	5. Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT	Estudio con recurso interno de la ANE	1 trimestre	2 trimestre
ACTIVIDADES Y COMPROMISOS ADQUIRIDOS DE LOS DOCUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA	*Modernizar procesos y procedimientos de gestión de espectro*			

		Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	Actividades En Curso
	Depuración de la información	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Integrar datos IMT, TV, satelitales, uso compartido y vigilancia y control	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Implementación herramientas de simulación análisis de viabilidad técnica	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Digitalización y automatización de procesos de vigilancia y control	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Digitalización y automatización de procesos de asignación	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Definir e implementar estrategia de datos (Desarrollar capacidades, Definición de insumos y reportes)	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Análisis nuevas tecnologías para conectar zonas rurales y apartadas	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Divulgación sobre despliegue de infraestructura con entidades territoriales y ciudadanía	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Circular para facilitar despliegue de infraestructura	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Elaborar y adoptar un nuevo Plan Técnico de Televisión (PTTV) con las frecuencias a ser utilizadas posteriores al apagón analógico	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Diseñar y adoptar un plan de implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Diseñar las estrategias y herramientas para promover la gestión del conocimiento con todos los grupos de interés	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	Implementación de agenda de	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	

	investigación alineada con planeación		
	Desarrollo de capacidades en analítica de datos y estudios económicos y de bienestar	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	El Mintic en conjunto con la ANE, identificará las nuevas tecnologías inalámbricas que permitan el despliegue de cobertura y la masificación de conexiones en el territorio colombiano. Este estudio deberá incluir un análisis prospectivo económico, financiero y técnico del espectro, así como los procedimientos de gestión y asignación con un horizonte de 10 años	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	El Mintic en conjunto con la ANE, definirán la flexibilización de las condiciones técnicas, como bandas, potencias, servicios, entre otros, así como la asignación ágil en el marco de los procesos de selección objetiva.	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	El Mintic en conjunto con la ANE identificará y clasificará según las necesidades de diferentes sectores de la economía, las condiciones de los casos de uso particulares, identificando los factores técnicos más relevantes a considerar como latencia, velocidad, cobertura, intermitencia, y factores económicos como costos, ahorro, beneficios y otros, con el fin de identificar bandas de frecuencia disponibles de acuerdo con las necesidades	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	

	la ANE, basada en el documento sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en Colombia y los estudios que se adelanten respecto a otras bandas, establecerá el Plan donde se determinen las acciones necesarias para garantizar la disponibilidad de las bandas y así establecer junto con el MinTIC la hoja de ruta para los procesos de asignación de permisos en todas las bandas identificadas para IMT, el mencionado plan estará publicado en el sitio web unificado. Esta actividad estará terminada en el cuarto trimestre de 2021, y se actualizará cada año de acuerdo con los resultados de los estudios pertinentes y las necesidades del sector.	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	El Mintic en conjunto con la ANE, promoverá mecanismos de participación y capacitación en gestión del espectro en Colombia para los usuarios del espectro y diferentes grupos de interés, teniendo como insumo la normatividad actual, los cambios normativos que surjan y los análisis de tecnologías de telecomunicaciones que el Mintic desarrolle. Esta actividad será realizada anualmente.	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	El Mintic en conjunto con la ANE, realizarán mejoras continuas y	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	

	actualizaciones de los procesos, procedimientos administrativos, procesos técnicos y tiempos de ejecución con el fin de establecer planes de mejora que permitan agilizar la asignación de permisos de uso del espectro, la concesión de servicios, e ingresar o retirar bandas de frecuencias en los procesos de selección. Para esto utilizará, entre otros, el análisis de datos de las herramientas de gestión de espectro, reportes de información de los usuarios de espectro, análisis de barreras y necesidades del sector TIC		
	La ANE desarrollará una base de datos de interferencias perjudiciales detectadas, que incluirá, entre otros, bandas de frecuencias con interferencias, procesos y trámites administrativos de la interferencia, fechas de detección, como insumo para los demás procesos de gestión de espectro. Dicha base de datos será integrada al Sistema de Gestión de Espectro del Mintic.	Actividades desarrolladas con presupuesto y recurso interno de la ANE	
	La ANE adelantará estrategias de educación dirigidas a las autoridades locales y la ciudadanía en general, relacionadas con el espectro radioeléctrico, sus emisiones y sus efectos en la salud.	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	
	Realizar acciones de capacitación a los mandatarios del orden local, priorizando aquellos municipios donde persistan barreras al	Actividades desarrolladas con recurso interno de la ANE	

	despliegue, así como aquellos que puedan ser beneficiados por Obligaciones de Hacer.		

Referencias

ACMA. (2019). *Five-year spectrum outlook 2019-23: The ACMA´s spectrum management work program.* Australian Communication and media Authority ACMA. Obtenido de https://www.acma.gov.au/publications/2019-09/plan/five-year-spectrum-outlook-2019-23

ANATEL. (2020). *Ato 4776 de 1 septiembre de 2020.* ANATEL. Obtenido de Disponible en: httpwww.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-certificacao-de-produtos/2020/1467-ato-4776

ANE. (2017). *Documento definitivo Definiciones, Experiencias Internacionales, Necesidades/Oportunidades y propuestas de aplicación. Esquemas de compartición de espectro – Segundo entregable.* Agencia Nacional del Espectro.

ANE. (2020). *Análisis de canales disponibles TVWS Colombia (Método 2-BDEB de la ANE).*

ANFR. (2018). *Contrat d'objectifs et de performance 2018-2020.* ANFR. Obtenido de https://www.anfr.fr/publications/contrat-objectifs-et-performance/

ARCOTEL. (2020). *Norma Técnica Para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica.* Obtenido de https://www.oficial.ec/resolucion-2020-0145-expidese-norma-tecnica-servicio-radiodifusion-sonora-en-frecuencia-modulada

Arcwave Inc. (2004). Wireless DOCSIS cable extension practical considerations. Campbell, California, Estados Unidos de América.

Carlos Baca, L. B. (2018). *Redes Comunitarias en América Latina: Desafios, regulaciones y soluciones* . Internet Society. Obtenido de https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2018/11/2018-Redes-Comunitarias-ES.pdf

CINTEL. (2020). *Entregable No. 4 Oferta Tecnológica de los principales PRST y proveedores de soluciones.*

CISCO. (2018). *Cisco Annual Internet Report.* Obtenido de https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html

CITEL. (2020). *CCP.II/REC. 63 (XXXVI-20).* Obtenido de https://www.citel.oas.org/es/collaborative/Paginas/default.aspx

Code of Federal Regulations. (2021). *Electronic Code of Federal Regulations.* Obtenido de https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=bbf1c618734f2ff0b01ad9d5945d1a5c&mc=true&node=sp47.1.15.g&rgn=div6

CULLEN. (2020). *Satellite Service.* CULLEN INTERNATIONAL.

CULLEN. (2020). *Spectrum Trading.* CULLEN INTERNATIONAL. Obtenido de https://www.cullen-international.com/client/site/documents/CTSPLN20200028

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.*

ECFR. (2021). *Electronic Code of Federal Regulations.* Obtenido de www.ecfr.gov

Ericsson. (2015). *Microwave towards 2020 Delivering high-capacity and cost-efficient backhaul for broadband networks today and in the future.*

Ericsson. (2020). *Ericsson Mobility Report.* Obtenido de https://www.ericsson.com/en/mobility-report

FCC. (2004). *FCC ADOPTS RULES FOR BROADBAND OVER POWER LINES TO INCREASE COMPETITION*. (F. C. FCC, Ed.) Obtenido de https://www.fcc.gov/document/fcc-adopts-rules-broadband-over-power-lines-increase-competition-and

FCC. (2020). *Federal Communications Commission*. Obtenido de https://www.fcc.gov/35-ghz-band-overview

FCC. (2021). *Electronic Code of Federal Regulations, Part 15 Sub Part H: White Spaces Devices*. Obtenido de https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=04bb63adbbafbdec919d06da460fa52f&mc=true&node=pt47.1.15&rgn=div5#sp47.1.15.h

FCC 20-22. (2020). *Expanding Flexible Use of the 3.7 to 4.2 GHz.*

Foro Global de VSAT GVF. (2021). Proyecto de recomendación sobre principios de licencia para estaciones terrestres en movimiento (ESIM) ubiquitamente desplegadas que funcionan dentro del servicio de satélite fijo. Organización de Estados Americanos - Comité Consultivo Permanente II - Radiocomunicaciones. Obtenido de https://www.citel.oas.org/es/collaborative/Paginas/default.aspx

Gabriel, B. (2017). *Private LTE Networks.* Qualcomm. Obtenido de https://www.qualcomm.com/media/documents/files/private-lte-networks.pdf

GSA. (2018). *Fixed Wireless Access: economic potencial and best practices.* Obtenido de https://www.gsma.com/futurenetworks/5g/fixed-wireless-access-economic-potential-and-best-practices/

GSA. (2020). *Fixed Wireless Access-Global Status update.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/fwa-update-november-2020-global-status/

GSA. (2021). *5G Ecosystem report- Executive Summary.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/5g-ecosystem-january-2021-executive-summary/#:~:text=The%20number%20of%20announced%205G,understood%20to%20be%20commercially%20available.

GSA. (2021). *5G Ecosystem Report Executive Summary.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/5g-ecosystem-january-2021-executive-summary/#:~:text=The%20number%20of%20announced%205G,understood%20to%20be%20commercially%20available.

GSA. (2021). *5G: Ecosystem Report Executive Summary.*

GSA. (2021). *National Spectrum Positions.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/national-spectrum-positions-april-2021/

GSA. (2021). *Private Mobile Networks: Executive Sumary.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/private-mobile-networks-executive-summary-may-2021/

GSA-How administrations can exploit its potential. (2020). *3300-4200 MHz: A key Frequency band for 5G.* Obtenido de https://gsacom.com/paper/3300-4200-mhz-a-key-frequency-band-for-5g/

GSMA . (2019). *Posicion de Política Pública GSMA Espectro 5G.*

GSMA - ABI Research. (2021). *Wireless Backhaul Evolution Delivering next-generation connectivity.*

GSMA. (2019). *The 5G Guide - A reference for Operators.*

GSMA. (2021). *5G Spectrum Public Policy Position.* Obtenido de https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2021/04/5G-Spectrum-Positions.pdf

GSMA Espectro 5G. (2019). *Posicion de Política Pública.* Obtenido de https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf

GSMA Latinoamérica. (2020). *5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina.* Obtenido de https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam-Spanish.pdf

IFT. (s.f.). Obtenido de http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdoliga/vppift180919464.pdf

IFT. (2016). *ACUERDO MEDIANTE EL CUAL EL PLENO DEL -INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES APRUEBA EL PLAN DE LA BANDA 806-824/851-869 M.Hz Y APRUEBA LA PROPUESTA DE CAMBIO DE BANDAS DE FRECUENCIAS A LAS PERSONAS FÍSICAS O MORALES, QUE SEAN TITULARES DE DERECHOS SOBR.*

IFT. (2019). *ACUERDO MEDIANTE EL CUAL EL PLENO DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES APRUEBA LOS ELEMENTOS A INCLUIRSE EN EL PROGRAMA NACIONAL DE ESPECTRO RADIOELiCTRICO 2019-2024.* Instituto Federal de Telecomunicaciones.

Intelligence, GSMA. (2020). *La Economía Móvil en América Latina.* Obtenido de https://www.gsma.com/mobileeconomy/latam-es/

ISED. (2018). *Spectrum Outlook 2018-2022 Spectrum management and telecommunications.* Innovation Science and Economic Development Canada ISED. Obtenido de https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11403.html

ISED. (2020). *Consultation on the Technical and Policy Framework for the 3650-4200 MHz Band and Changes to the Frequency Allocation of the 3500-3650 MHz Band.* Obtenido de https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11627.html

ISED. (2020). *White Space Database Specifications DBS 01 ISSUE 2.*

ISED-Departamento del gobierno de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico. (2020). *Consultation on the Technical and Policy Framework for the 3650-4200 MHz Band and Changes to the Frequency Allocation of the 3500-3650 MHz Band.*

ITU. (2019). Resultados clave de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019. *ITU NEWS MAGAZINE*. Obtenido de https://www.itu.int/en/myitu/Publications/2020/03/24/09/44/ITU-News-Magazine-No-6-2019

MINTIC. (2020). *Plan de Transición a Nuevas Tecnologías.* Obtenido de https://MINTIC.gov.co/portal/715/articles-145550_plan_transicion_nuevas_tecnologias_20200624a.pdf

OCDE. (2014). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en Colombia.* OCDE. Obtenido de https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-

technology/estudio-de-la-ocde-sobre-politicas-y-regulacion-de-telecomunicaciones-en-colombia_9789264209558-es

OCDE. (2015). *Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015.* OCDE. Obtenido de https://www.oecd.org/sti/ieconomy/DigitalEconomyOutlook2015_SP_WEB.pdf

OFCOM. (2019). *Enabling wireless innovation through local licensing.* Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

OFCOM. (2019). *Local Access licence Guideance document.* OFCOM. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0037/157888/local-access-licence-guidance.pdf

OFCOM. (2019). *Shared access licence guidance document.* OFCOM. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0035/157886/shared-access-licence-guidance.pdf

OFCOM. (2020). *Ofcom's Plan of Work 2020/21. Making communications work for everyone.* OFCOM. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0029/194753/statement-ofcom-plan-of-work-2020-21.pdf

OFCOM. (s.f.). *OFCOM.* Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0030/84927/guidance_note_for_in building_systems.pdf

RSM. (2017). *Five year spectrum outlook.* Ministry of business innovation and employment - Radio Spectrum Management. Obtenido de https://www.rsm.govt.nz/about/publications/spectrum-outlook-and-annual-reports/

RSPG. (2013). *Opinion on licensed shared access RSPG13-538.* Bruselas: European Commission Radio Spectrum Policy Group.

SpaceX. (2020). *Autorización general de terminales de usuario en el servicio fijo por satélite.* Organización de los Estados Americanos - Comisión Interamericana de Telecomunicaciones - Comité Consultivo Permanente II - Radiocomunicaciones.

SPECTRUM MANAGEMENT AGENCY. (1996). ACMA. *Management of bi-directional amplifiers in the land mobile service in the frequency range 29.7 MHz to 520 MHz.* (A. C. ACMA, Ed.) Obtenido de https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2019-11/Rali-LM06.pdf

UIT. (2013). *Trends in broadcasting - An overview of developments.*

UIT. (2014). *Recomendación UIT-R BS. 774-4.* Obtenido de https://www.itu.int/rec/R-REC-BS/en

UIT. (2016). Internet de las Cosas podría ser la clave de conectividad de bajo costo que transforme la vida en los países en desarrollo. *Centro de Prensa de la UIT*.

UIT. (2017). *Recomendación UIT-R SM.1046-3: Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones.* Ginebra, Suiza. Obtenido de https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en

UIT. (2017). *Report ITU-R M.2417-0: Technical and operational characteristics of land-mobile service applications in the frequency range 275-450 GHz.* Obtenido de https://www.itu.int/pub/R-REP-M/en

UIT. (2018). *UIT-WP1B, 1B/341-E, Annex 3: Elements for a working document towards a preliminary draft new report ITU-R SM.[WPT-Regulation].* UIT.

UIT. (2019). Recomendación UIT-D 19. Telecomunicaciones para las zonas rurales y distantes. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT. Obtenido de https://www.itu.int/rec/D-REC-D.19/es

UIT. (2019). *Resolución 173.* Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0c/0a/R0C0A00000D0016PDFE.pdf

UIT. (2021). *Sistemas de Transporte Inteligente. Manual sobre Comunicaciones Móviles Terrestres (incluido el acceso inalambrico).* Obtenido de file:///C:/Users/jose.lozano/Downloads/ES%20-%20Handbook%20on%20Land%20Mobile%202021%20(1).pdf

UIT. (s.f.). *ITU-R SM.2451-0 (WPT_EV_IMPACT) - Assessment of impact of wireless power transmission for electric vehicle charging (WPT-EV) on radiocommunication services.* UIT.

UIT-R. (2017). *Recomendación UIT-R SM.1046-3: Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones.* Obtenido de https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en

UIT-R. (2019). *Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos.*

World 5G Convention. (2020). *USE CASES OF 5G BROADCAST TECHNOLOGY.* Obtenido de http://www.future-forum.org/dl/201126/whitepaper/70O1.pdf

Anexo 1. Resultados Taller con el Sector Eléctrico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
ELÉCTRICO	Empresas Generadoras, Comercializadoras y Distribuidoras del país	TELEMETRÍA (DATOS) AUTOMATIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (ADA) INTERNET DE LAS COSAS (IOT) COMUNICACIONES MACHINE TO MACHINE (M2M) INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI) TELEMEDIDA/TELE GESTIÓN/TELECONTROL OPERACIÓN REMOTA SCADA (MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN) LOCALIZACIÓN DE FALLAS RECONFIGURACIÓN AUTOMÁTICA COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISIÓN CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) MONITOREO DE ACTIVOS INSPECCIÓN POR DRONES PLC	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS CONCENTRADOR DE DATOS GESTOR ALUMBRADO PÚBLICO MEDIDOR INTEGRADOR MEDIDORES INTELIGENTES (MEDIDOR USUARIO FINAL) SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE MEDIDA SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES IOT M2M	MISIÓN CRÍTICA: PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS OPERARIOS Y LA OPERACIÓN EFICIENTE Y SEGURA DE LA INDUSTRIA. REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QOS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRÍTICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES BANDAS DE FRECUENCIAS EXCLUSIVAS PARA LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS. IMPLEMENTACIÓN DE	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PÚBLICAS DE	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales: Altos costos por la tercerización de servicios,	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico de utilizar las bandas de frecuencias de los

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		PPDR		UN USO DEDICADO DE LAS TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA: SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS			PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP
					SISTEMAS PLC- Power Line Carrier (30 - 526.5 kHz, exceptuando 90-110 kHz, 190-415 kHz, 490 kHz, 495-505 kHz)			NA	En Colombia no se ha habilitado el uso de la banda de 30-526,5 kHz para PLC.	Se requiere de parte de la ANE establecer las condiciones técnicas de emisiones fuera de banda para proteger servicios de radiocomunicaciones.
					Bandas PPDR dedicadas para servicios públicos de misión crítica	USO DE LA BANDA DE 4940 - 4990 MHz (CASO EE. UU)		4940 - 4990 MHz	BANDA DE 4800 - 4900 MHz EN ESTUDIO PARA IMT	Se requiere definir en Colombia si esta banda es adecuada para IMT o por el contrario se puede destinar para comunicaciones de PPDR

Anexo 2. Resultados Taller con el Sector Minería

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
MINERÍA	Empresas pequeñas, medianas y grandes del sector minero	TELEMETRIA (DATOS): SENSORES DE VENTILACIÓN, CONTROL DE EXPLOSION, TEMPERATURA, EMISIONES DE GASES, CALIDAD DE AIRE EQUIPOS SEMIAUTÓNOMOS/AUTÓNOMOS (TRANSPORTE) DISPOSITIVOS VESTIBLES PARA MANTENIMIENTO EN CAMPO Y SEGURIDAD DE OPERADORES (SENSORES DE DIAGNOSTICO DE SALUD, MEDIDORES DE FATIGA, ETC) IMÁGENES DE ALTA DEFINICIÓN MINERIA NO TRIPULADA OPERACIÓN REMOTA GEOLOCALIZACIÓN: DATOS GEOLÓGICOS DIGITALIZADOS AUTOMATIZACIÓN DE MAQUINARIA BIG DATA: ANÁLISIS DE DATOS COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS DISPOSITIVOS "VESTIBLES" PARA MANTENIMIENTO EN CAMPO Y SEGURIDAD DE OPERADORES GPS SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE MEDIDA SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES M2M	MISION CRÍTICA: PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS OPERARIOS Y LA OPERACIÓN EFICIENTE Y SEGURA DE LA INDUSTRIA. REDES DEDICADAS ZONAS DE EXPLOTACIÓN EN ZONAS MUY ALEJADAS MINERÍA 5.0 (TECNOLOGIA MÓVIL CELULAR 5G) CABLES RADIANTES DE BAJA POTENCIA Y EN FRECUENCIAS POR DEBAJO DE 1 GHZ PARA MINERÍA UNDERGROUND NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QOS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER SE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz		
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PÚBLICAS DE	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales: Altos costos por la tercerización de servicios,	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico de utilizar las bandas de frecuencias de los

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) CONTROL DE LA PRODUCCIÓN (INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL) INSPECCIÓN POR DRONES SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS EN TIEMPO REAL ANM MINERÍA (SERVICIOS GEOGRÁFICOS, GPS PARA IDENTIFICACIÓN DE UBICACIÓN DE EQUIPOS Y TRABAJADORES)		REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES BANDAS DE FRECUENCIAS EXCLUSIVAS PARA LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS. REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA: SEGURIDAD DE COMUNICACIONES OPERATIVAS: BANDAS DE PPDR PARA SEGURIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DE MISIÓN CRÍTICA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS			PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
						REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
						REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
					REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
						ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES		OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		REALIDAD VIRTUAL/REALIDAD AUMENTADA COMUNICACIONES UNDERGROUND/ OPEN FIELD INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ROBÓTICA COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL DENTRO DE TUNELES (UNDERGROUND) O CIELO ABIERTO PARA COMUNICACIÓN DE PERSONAS Y MAQUINAS A UN CENTRO DE CONTROL Y TRANSMISION DE VIDEO CON BAJA LATENCIA. PERFORACIÓN REMOTA			MINERIA UNDERGROUND	CABLES RADIANTES (BAJA POTENCIA Y EN FRECUENCIAS POR DEBAJO DE 1 GHz	NA	No hay un uso definido en Colombia para el uso de este tipo de tecnologías	Se requiere revisar a nivel internacional cuales son las bandas de frecuencias en las que operan estos cables radiantes, su alcance, potencia y el mecanismos bajo el cual se va a establecer en Colombia (Licenciado/No licenciado)

Anexo 3. Resultados Taller con el Sector Petróleo y Gas

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
PETRÓLEO Y GAS	Empresas que operan en la cadena Valor: •Asociación Colombiana del Petróleo, ACP •Asociación Colombiana de Gas Natural (NATURGAS) •ANDESCO, Gas natural	TELEMETRIA (DATOS) AUTOMATIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (ADA) INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI) TELEMEDIDA/TELEGESTIÓN/TELECONTROL OPERACIÓN REMOTA: CONTROL REMOTO A CORTA DISTANCIA DE PLATAFORMAS EXCAVADORAS Y VEHÍCULOS SCADA (MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN) LOCALIZACIÓN DE FALLAS MONITOREO DE VALVULAS Y TUBERIAS COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) MONITOREO DE OLEODUCTOS INSPECCIÓN POR DRONES	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS DISPOSITIVOS "VESTIBLES" PARA MANTENIMIENTO EN CAMPO Y SEGURIDAD DE OPERADORES MEDIDORES INTELIGENTES (MEDIDOR USUARIO FINAL) SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE MEDIDA SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES M2M	MISION CRÍTICA: Para garantizar la seguridad de los operarios y la operación eficiente y segura de la industria. REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES. Especialmente donde se ubican los oleoductos, gaseoductos y poliductos	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz		
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PÚBLICAS DE	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales: Altos costos por la tercerización de servicios,	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico de utilizar las bandas de frecuencias de los

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		GEOLOCALIZACIÓN MONITOREO GEOLÓGICO, METEOROLÓGICO Y AMBIENTAL OPERACIÓN NO TRIPULADA CONTROL DE MÁQUINAS ROBÓTICA DRONES COMUNICACIONES ENTRE PLATAFORMAS Y EMBARCACIONES EN MOVIMIENTO CONECTIVIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE CABEZA DE POZO INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISPOSITIVOS VESTIBLES PARA MANTENIMIENTO EN CAMPO Y SEGURIDAD DE OPERADORES (SENSORES DE DIAGNOSTICO DE SALUD, MEDIDORES DE FATIGA, ETC) MONITOREO EN TIEMPO REAL BIG DATA Y ANALITICA DE DATOS TANQUES INTELIGENTES		Redes privadas o locativas de banda ancha: . SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS			PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		VIDEO VIGILANCIA								

Anexo 4. Resultados Taller con el Sector Agua y Acueducto

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
AGUA Y ACUEDUCTO	Empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de agua y alcantarillado. Estos potenciales usuarios se encuentran agremiados en: •ANDESCO Acueducto y Alcantarillado	TELEMETRIA (DATOS) AUTOMATIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (ADA) INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI): Macro y Micro medición de Agua TELEMEDIDA/TELEGESTIÓN/TELECONTROL TELEMEDIDA/TELEGESTIÓN/TELECONTROL OPERACIÓN REMOTA SCADA (MONITOREO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN) CONTROL Y MONITOREO DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES VIDEO ANALÍTICA COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) MONITOREO DE ACTIVOS	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS MEDIDORES INTELIGENTES (MEDIDOR USUARIO FINAL) SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE MEDIDA SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES M2M	MISION CRÍTICA: Para garantizar la seguridad de los operarios y la operación eficiente y segura de la industria. REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES BANDAS DE FRECUENCIAS EXCLUSIVAS PARA LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz		
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PÚBLICAS DE	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales: Altos costos por la tercerización de servicios,	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico de utilizar las bandas de frecuencias de los

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		INSPECCIÓN POR DRONES: Imágenes para estudio de campo y Monitoreo CONTROL Y MONITOREO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (PRESIÓN, CAUDAL, VÁLVULAS, BOMBAS) CONTROL DE PÉRDIDAS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA MONITOREO Y CONTROL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS MONITOREO DE NIVEL DE EMBALSES CONTROL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO CONTROL Y MONITOREO DE LA RED DE CONDUCCIÓN (PRESIÓN, CAUDAL, VÁLVULAS, BOMBAS)		IMPLEMENTACION DE UN USO DEDICADO DE LAS TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS			PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

Anexo 5. Resultados Taller con el Sector Agricultura

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
AGRICULTURA	Unidades de producción agropecuaria (UPA) TRABAJADORES DEL CAMPO	TELEMETRIA (DATOS) GUIA REMOTA DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS ROBOTS AGRÍCOLAS INVERNADERO INTELIGENTE OPERACIÓN REMOTA CONTROL RIEGO INTELIGENTE PREDICCION DE CONDICIONES CLIMÁTICAS INSPECCIÓN POR DRONES: Imágenes para estudio de campo y Monitoreo SIEMBRA INTELIGENTE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE REFRIGERACIÓN VIGILANCIA DE MÁQUINAS E INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO)	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE MEDIDA DE VARIABLES TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES IoT M2M	NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES IMPLEMENTACION DE UN USO DEDICADO DE LAS TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
							ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

Anexo 6. Resultados Taller con el Sector Transporte

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
TRANSPORTE	Concesionarios de terminales de transporte, como aeropuertos, puertos marítimos y fluviales, terminales de transporte terrestre de carga y pasajeros, estaciones de tren y terminales y estaciones de transporte masivo. Concesionarios de vías terrestres, fluviales y férreas. Concesionarios de transporte masivo como: Metro línea de Barranquilla, Transmilenio de Bogotá, MIO Cali, Megabus Pereira, Transmetro Barranquilla, Transcaribe Cartagena, Metroplus Medellín, Metro de Medellín y Metro de Bogotá, entre otros.	TELEMETRIA (DATOS) ITS (SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE) MONITOREO DE FATIGA Y SEGURIDAD DE TRABAJADORES TELEMEDIDA/TELEGESTIÓN/TELECONTROL MONITOREO REMOTO CONTENEDORES REFRIGERADOS CONTROL REMOTO PARA OPERACIONES SEMI Y COMPLETAMENTE AUTOMATIZADAS CONECTIVIDAD SENSORES REMOTOS SEGUIMIENTO DE CARGA COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) MONITOREO DE ACTIVOS INSPECCIÓN POR DRONES VIDEO ANALÍTICA: CCTV	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS PIEZÓMETROS E INCLINÓMETROS RADARES CONCENTRADOR DE DATOS GPS SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO TABLEROS INFORMATIVOS DRONES IoT M2M	MISION CRÍTICA: Para garantizar la seguridad de los operarios y la operación eficiente y segura de la industria. REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS, RURALES, CARRETERAS, AEROPUERTOS Y PUERTOS MARÍTIMOS IMPLEMENTACION DE UN USO DEDICADO DE LAS	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		AUTOPARQUEO AUTOMÓVILES BLOQUEO DE TERMINAL DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCIDENTES MONITOREO DE VELOCIDADES (RADARES) PESAJE DINÁMICO RECONOCIMIENTO DE PLACAS PEAJES ELECTRÓNICOS RECONOCIMIENTO FACIAL CONTROL ACCESO		TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS			ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES		OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
		MANEJO AUTOMATIZADO DE CARGA, CONTENEDORES Y EQUIPAJE TABLEROS INFORMATIVOS CONTEOS PARA DETERMINAR VOLUMEN DE TRÁFICO SISTEMAS BIOMÉTRICOS ALARMAS AUTOMÁTICAS Y EN TIEMPO REAL INSPECCION NO INTRUSIVA EN VEHÍCULOS GÁLIBOS: DETECCIÓN DE ALTURAS DE VEHÍCULOS MONITOREO DE INFRAESTRUCTURAS CONSTRUÍDAS (VIAS)			SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE (ITS)	ITS: CASOS EUROPA, AUSTRALIA Y BRASIL: BANDA DE 5855-5925 MHz	NA	No hay un uso definido en Colombia para el uso de este tipo de tecnologías	Se requiere evaluar la viabilidad técnica de la adopción del Sistema de Transporte Inteligente (ITS) en la banda de 5,9 GHz (5.855-5.925 MHz). El estudio deberá contemplar las condiciones técnicas, operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.

Anexo 7. Resultados Taller con el Sector Educación

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
EDUCACIÓN	Ministerio de Educación Nacional Secretarías de Educación Territoriales Instituciones de Educación Superior públicas y privadas Instituciones de Educación Técnica y Tecnológica Instituciones de Educación básica y media públicos y privados Educadores Ciudadanía en General	ACCESO REMOTO A ESCUELAS TVWS INTERNET eLearning REALIDAD AUMENTADA (AR) REALIDAD VIRTUAL (VR) EDUCACIÓN HOLOGRÁFICA CLASES DE DOBLE PROFESOR AULA INTELIGENTE VIDEO VIGILANCIA LABORATORIOS VIRTUALES	WIFI DE BANDA ANCHA Computadores Portátiles y de Escritorio Tabletas Smart Phones GAFAS DE Realidad Virtual CAMARAS DE ALTA DEFINICIÓN TVWS ENLACES PP-PM NO LICENCIADOS	REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS, RURALES IMPLEMENTACION DE UN USO DEDICADO DE LAS TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
							ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

Anexo 8. Resultados Taller con el Sector Salud

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
SALUD	Ministerio de Salud y Protección Social Secretarias de Salud Departamentales y Municipales EPS IPS Ciudadanía en General	MONITOREO REMOTO DE PACIENTES SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) ANALITICA BIG DATA INTELIGENCIA ARTIFICIAL TELESALUD TELECONSULTA TELEASISTENCIA TELEMEDICINA AMBULANCIAS CON ASISTENCIA DIRIGIDA PREDICCION TRATAMIENTOS Y SEGUIMIENTO CIRUGIAS REMOTAS CÁMARAS DE TEMPERATURA DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO JERARQUICO	DISPOSITIVOS IOT DE MONITOREO SENSORES SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO	REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS, RURALES IMPLEMENTACION DE UN USO DEDICADO DE LAS TELECOMUNICACIONES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
							ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

Anexo 9. Resultados Taller con el Sector de Ciudades Inteligentes

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
CIUDADES INTELIGENTES	Autoridades locales Entes cabezas del sector educativo y sus actores Entes cabezas del sector salud y sus actores Entes cabezas del sector seguridad y sus actores Las empresas de servicios públicos de energía eléctrica Las empresas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado Las empresas de servicios públicos de gas Las empresas de servicios públicos de aseo Entes cabeza del sector del transporte y la movilidad y sus actores Entes cabezas del sector del medio ambiente y sus actores La banca y el comercio Ciudadanía en General	SEGURIDAD PÚBLICA SMART GRID: ENERGÍA INTELIGENTE, MEDICIÓN INTELIGENTE, CONTROL Y MONITOREO DE REDES SALUD INTELIGENTE TRANSPORTE INTELIGENTE COMERCIO INTELIGENTE EDUCACIÓN INTELIGENTE GOBIERNO INTELIGENTE MEDIO AMBIENTE INTELIGENTE MONITOREO EMISIONES ELECTROMAGNÉTICAS EDIFICIOS Y HOGARES INTELIGENTES ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE PARQUEO INTELIGENTE MOVILIDAD INTELIGENTE	DISPOSITIVOS IOT DE MONITOREO DRONES SENSORES SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO	MISIÓN CRÍTICA REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS, RURALES, CARRETERAS, AEROPUERTOS Y PUERTOS MARÍTIMOS REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVAS	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/ NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
							ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP

Anexo 10. Resultados Taller con el Sector de Seguridad

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
SEGURIDAD	Comando General de la Fuerzas Militares Ejército Nacional de Colombia Armada Nacional de Colombia Dirección General Marítima- Autoridad Marítima de Colombia Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla Fuerza Aérea Colombiana Dirección Policía Nacional Dirección de Policía Judicial e Investigación-DIJIN	TELEMETRIA (DATOS) ANÁLISIS BIG DATA INTELIGENCIA ARTIFICIAL TELEMEDIDA/TELEGESTIÓN/TELECONTROL ASISTENCIA REMOTA-TAREAS DE RESCATE REALIDAD VIRTUAL GEOLOCALIZACIÓN DE FUERZA Y ACTIVOS DESPLEGADOS COMUNICACIONES DE VOZ (PTT), AUDIO Y VIDEO PARA MISION CRÍTICA (TRABAJO EN CAMPO) CAI VIRTUAL INSPECCIÓN POR DRONES CAMARAS UNIPERSONALES PPDR	SENSORES IoT PARA CAPTURA DE DATOS CONCENTRADOR DE DATOS SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS SISTEMAS DE VIDEO- CCTV TERMINALES DE DATOS, AUDIO Y VIDEO DRONES IoT M2M	MISION CRÍTICA: Para garantizar la seguridad de los operarios y la operación eficiente y segura de la industria. REDES DEDICADAS NIVELES DE LATENCIA: BAJA (COMUNICACIONES EN TIEMPO REAL), MEDIA Y ALTA LATENCIA NIVELES DE QoS REQUERIDOS PARA ACTIVOS CRÍTICOS NIVELES DE BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMEN DE DATOS SENSORES DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA CONFIABILIDAD: ESTABILIDAD DE LAS COMUNICACIONES POR SER DE MISIÓN CRITICA FIABILIDAD: BUENA PROBABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO COBERTURA: DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO EN ZONAS URBANAS, SUBURBANAS Y RURALES REDES PRIVADAS O LOCATIVAS DE BANDA ANCHA	USO NO LICENCIADO	Redes PAN/LAN/NAN/WAN no licenciadas: RFID NFC ZIGBEE Z-WAVE WIFI WI-SUN LORA SIGFOX BUS-M INALAMBRICO 6LOWPAN y Tecnologías propietarias	REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M	**USO LIBRE DEL ERE:** 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz), 433 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	**Banda Uso Libre:** En la banda de 900 MHz únicamente se permite operación en el rango recortado de 915-928 MHz (Banda Australiana) Adicionalmente, por ser una banda no licenciada es susceptible a presentar problemas de degradación por saturación o interferencias. Altos costos por la tercerización de servicios. Limitaciones de potencia en la normatividad de uso libre, lo que restringe la calidad y cobertura. En el caso de Espacios en Blanco de TV, la normatividad colombiana sólo permite TVWS a partir del canal 14 y hasta el 51, no obstante en un futuro es posible que TVWS no pueda usar los canales del 38 al 51 debido a que esta banda se va a asignar para servicios móviles IMT.	Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias de uso libre para aumentar la oferta de espectro. Se requiere ampliar la disponibilidad de canales TVWS. Para esto se debe adelantar un estudio técnico para determinar la viabilidad de permitir esta tecnología en otras bandas de frecuencias, como, por ejemplo, entre los canales 2 (54 MHz) al 13 (216 MHz) de TV o partes de la banda de 600 MHz. Se requiere evaluar y estudiar otras bandas de frecuencias para el servicio fijo no licenciado en modalidad punto a punto y punto multipunto.
							REDES DEDICADAS PARA IoT/M2M (Contratadas a Terceros)			
						Redes Fijas No Licenciadas	WHITE SPACES	**USO LIBRE DEL ERE:** 470-698 MHz		
							ENLACES FIJOS PP/PM (NO LICENCIADOS)	**USO LIBRE DEL ERE:** 2.4 GHz 5 GHz		
					USO LICENCIADO	Redes Móviles Licenciadas	REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA ANCHA PRIVADAS (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS	No hay bandas 3GPP destinadas en Colombia para Redes Privadas	Actualmente en Colombia no hay disponibilidad de bandas de frecuencias licenciadas y estandarizadas con la 3GPP para la implementación de redes privadas móviles celulares. Los conferencistas mencionaron interés en las siguientes bandas de frecuencias para redes privadas, que ya vienen siendo usadas en el mundo y que están estandarizadas por el 3GPP, tales como: 410 MHz, 450 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz y 2300 MHz. Altos costos del espectro: se requiere analizar costos de asignación del ERE para poder incentivar la transformación digital y que sean accesibles para el sector. Se deben realizar ejercicios de análisis económicos de costo-beneficio para identificar si los sectores tienen disponibilidad de recursos para desplegar, operar y mantener una infraestructura LTE propia, sumado al pago por el uso del ERE.	Se debe revisar la viabilidad técnica, económica, social y legal de establecer espectro para Redes Privadas de Comunicaciones de banda ancha en bandas del espectro (3GPP). Dentro del mismo se deberá considerar aspectos como; la cantidad de espectro necesaria, los mecanismos de acceso más apropiado para los potenciales usuarios al recurso (p.ej. licencias exclusivas, compartidas o no licenciadas); los tipos de permisos de acuerdo con el área geográfica de interés (p.ej. locales, municipales, departamentales o nacionales), los parámetros técnicos necesarios de operación, y finalmente la valoración del espectro para este tipo de redes.
							REDES MÓVILES CELULARES DE BANDA	BANDAS 2G, 3G, 4G y 5G DE COLOMBIA	Problemas mencionados con las redes comerciales:	Se requiere revisar la viabilidad desde el punto de vista legal, técnico y económico

SECTOR	POTENCIALES USUARIOS	CASOS DE USO	DISPOSITIVOS /APLICACIONES	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	OFERTA DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES			OFERTA ACTUAL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COLOMBIA	INCONVENIENTES IDENTIFICADOS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES	CONCLUSIONES IDENTIFICADAS DURANTE LOS TALLERES VIRTUALES
				SEGURIDAD DE COMUNICACIONES OPERATIVAS: BANDAS DE PPDR PARA SEGURIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DE MISION CRÍTICA SOLUCIONES COSTO-EFECTIVA			ANCHA PÚBLICAS DE PRST (BANDAS 3GPP): NB IoT LTE-M VOZ: DIGITAL/VOLTE/POC (PTT Over CELULAR) IMÁGENES VIDEO DATOS		Altos costos por la tercerización de servicios, calidad del servicio condicionada al QoS del proveedor de servicios, disponibilidad condicionada a la cobertura del proveedor de servicios sobre todo inconvenientes en zonas suburbanas y rurales.	de utilizar las bandas de frecuencias de los operadores móviles mediante mecanismos alternativos de acceso al espectro, para que puedan utilizarse en zonas remotas donde no hay despliegue de infraestructura de los PRST móviles.
							REDES MÓVILES PMR DE BANDA ESTRECHA-PTT (CONVENCIONAL, DMR, P25, TETRA)	136-174 MHz 410-430 MHz 440-470 MHz 806-824MHz/851-869 MHz	Redes de banda estrecha que no permiten comunicaciones de alta velocidad y baja latencia	NA
							REDES PRIVADAS MÓVILES DE BANDA ANCHA NO 3GPP VOZ VIDEO DATOS	380-398 MHz	Banda no estandarizada por la 3GPP, con lo cual el ecosistema de equipos es limitado	NA
						REDES FIJAS LICENCIADAS (BACKBONE/BACKHAUL)	ENLACES FIJOS P-P (LICENCIADOS)	PLANES DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE MICROONDAS (4, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 23 GHz)	NA	NA
							ENLACES FIJOS P-MP (LICENCIADOS)	10.5 GHz	El CNABF establece la posibilidad de uso de la banda de 10.5 GHz para enlaces P-MP, no obstante, se requiere identificar otras bandas del espectro para este tipo de sistemas	Identificar otras bandas del ERE en donde se podrían establecer sistemas de enlaces fijos P-MP
					BANDAS PPDR DEDICADAS PARA SERVICIOS PÚBLICOS DE MISION CRÍTICA	USO DE LA BANDA DE 4940 - 4990 MHz (CASO EE. UU)		NA	BANDA DE 4800 - 4900 MHz EN ESTUDIO PARA IMT	Se requiere definir en Colombia si esta banda es adecuada para IMT o por el contrario se puede destinar para comunicaciones de PPDR