



PROPUESTA TÉCNICA

REDES MÓVILES Y FIJAS DE ACCESO PARA SECTORES PRODUCTIVOS

Mayo 2026



TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
1 ANTECEDENTES.....	11
1.1 TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS.....	11
1.2 RESULTADO DEL ESTUDIO OBLIGACIONES DE HACER MASIFICACIÓN DE APLICACIONES IOT.....	13
1.3 REDES MÓVILES DE ACCESO DE BANDA ANCHA.....	14
2 REDES PRIVADAS.....	17
2.1 CONSIDERACIONES JURÍDICAS.....	20
2.2 CASOS INTERNACIONALES DE USO.....	21
2.2.1 Alemania.....	21
2.2.2 Argentina.....	23
2.2.3 Bahrein.....	23
2.2.4 Bélgica.....	23
2.2.5 Brasil.....	24
2.2.6 Estados Unidos.....	25
2.2.7 Francia.....	25
2.2.8 Grecia.....	26
2.2.9 Irlanda.....	26
2.2.10 Noruega.....	26
2.2.11 Polonia.....	28
2.2.12 Suecia.....	28
2.2.13 Reino Unido.....	30
2.2.14 República Checa.....	32
2.2.1 Países Bajos.....	32
2.2.2 Canadá.....	33
2.2.3 Suiza.....	33



2.3	BANDAS DE FRECUENCIAS	34
2.3.1	410 MHz	34
2.3.1.1	Atribución y planificación	35
2.3.1.2	Sistemas incumbentes	38
2.3.1.3	Convivencia	41
2.3.1.4	Plan de banda.....	43
2.3.2	900 MHz	44
2.3.2.1	Atribución y planificación	44
2.3.2.2	Sistemas incumbentes	47
2.3.2.3	Convivencia	49
2.3.2.4	Plan de banda.....	50
2.3.3	3.5 GHz.....	50
2.3.3.1	Atribución y planificación	51
2.3.3.2	Sistemas incumbentes	53
2.3.3.3	Convivencia	54
2.3.3.4	Plan de banda.....	58
2.3.4	26 GHz.....	59
2.3.4.1	Atribución y planificación	59
2.3.4.2	Sistemas incumbentes	60
2.3.4.3	Convivencia	61
2.3.4.4	Plan de banda.....	61
2.4	OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR	61
2.5	PROPUESTA TÉCNICA	62
2.5.1	Tipos de permisos	65
2.5.1.1	Permiso de baja cobertura (Bandas de 3500 MHz y 26 GHz) 66	
2.5.1.2	Permiso de cobertura estándar (Bandas de 410 MHz, 900 MHz y 3500 MHz)	67
2.5.2	Condiciones técnicas.....	68
2.5.2.1	Banda de 410 MHz	69
2.5.2.2	Banda de 900 MHz	69
2.5.2.3	Banda de 3.5 GHz	70
2.5.2.4	Banda de 26 GHz	71



REFERENCIAS.....	73
------------------	----



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Bandas 3GPP para LTE en banda de frecuencias de 410 MHz.	34
Tabla 2. Planes de distribución de frecuencias del CNABF en la banda de frecuencias de 410 MHz.	36
Tabla 3. Aplicaciones permitidas para funcionar bajo la modalidad de uso libre del espectro en la banda de frecuencias de 410 MHz.	37
Tabla 4. Banda 3GPP para LTE en la banda de frecuencias de 900 MHz.	44
Tabla 5 Plan de banda establecido para la banda de frecuencias de 900 MHz	46
Tabla 6. Aplicaciones permitidas para funcionar bajo la modalidad de uso libre del espectro en la banda de frecuencias de 915 - 960 MHz.....	47
Tabla 7. Bandas 3GPP para LTE en banda de frecuencias de 3.5 GHz.	51
Tabla 8. Bandas 3GPP para NR en banda de frecuencias de 3.5 GHz.	51
Tabla 9. Bandas 3GPP para NR en banda de frecuencias de 26 GHz.	59
Tabla 10. Casos internacionales de uso de espectro para redes privadas.	85



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de redes privadas implementadas por banda de frecuencias en el mundo.....	18
Figura 2. Atribución de la banda de frecuencias de 410 MHz en Colombia.	36
Figura 3. Distribución de asignaciones en 410 MHz por PRST.....	39
Figura 4. Mapa de calor de ubicación de estaciones LMR en 410 MHz.....	40
Figura 5. Vencimiento de los permisos de LMR en 410 MHz.....	41
Figura 6. Distribución espectral de asignaciones en 410 MHz.....	43
Figura 7. Comparación entre la banda 8 del 3GPP y la distribución actual para esta en Colombia.....	44
Figura 8. Atribución de la banda de frecuencias de 900 MHz en Colombia.	45
Figura 9. Banda de guarda requerida entre las bandas de 850 MHz y 900 MHz de acuerdo con las tecnologías desplegadas.....	50
Figura 10. Atribución de la banda de frecuencias de 3.5 GHz.....	52
Figura 11. Distribución espectral de estaciones de recepción de radioenlaces fijos por satélite con derecho a protección en 3.5 GHz.....	54
Figura 12. Zonas de mitigación de interferencias sobre radioaltímetros en banda de frecuencias de 4200 - 4400 MHz.....	57
Figura 13. Mitigaciones sobre sistemas IMT en 3.5 GHz alrededor de los aeródromos.....	58
Figura 14. Atribución de la banda de frecuencias de 26 GHz.....	60
Figura 15. Esquema de permiso de baja cobertura.....	67



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

3GPP	Proyecto Asociación de Tercera Generación (por sus siglas en inglés)
AIN	Análisis de Impacto Normativo
ANE	Agencia Nacional del Espectro
ARCEP	Autoridad Reguladora de Comunicaciones Electrónicas, Correos y Distribución de Prensa (por sus siglas en francés), de Francia
BIPT	Instituto Belga de Correos y Telecomunicaciones (por sus siglas en inglés)
CBRS	Servicio de Radio de Banda ancha para Ciudadanos (por sus siglas en inglés)
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código (por sus siglas en inglés)
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
ComReg	Comisión de Regulación de Comunicaciones de Irlanda
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Pesos colombianos
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
DFPA	Densidad de Flujo de Potencia Agregada
EETT	Comisión Nacional de Telecomunicaciones y Correos de Grecia (por sus siglas en griego)
EPM	Empresas Públicas de Medellín
E-UTRA	Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada (por sus siglas en inglés)
EWA	Autoridad de Electricidad y Agua (por sus siglas en inglés), de Bahrein
FDD	Duplexación por División de Frecuencia (por sus siglas en inglés)
FWA	Acceso Fijo Inalámbrico (por sus siglas en inglés)
GSA	Asociación Mundial de Proveedores de telefonía móvil (por sus siglas en inglés)
GSM	Sistema Global de comunicaciones Móviles (por sus siglas en inglés)
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales (por sus siglas en inglés)
IoT	Internet de las Cosas (por sus siglas en inglés)
LMR	Radio Móvil Terrestre (por sus siglas en inglés)
LTE	Evolución a Largo Plazo (por sus siglas en inglés)



LTE-M	Comunicación Tipo Máquina de Evolución a Largo Plazo (por sus siglas en inglés)
M2M	Máquina a Máquina (por sus siglas en inglés)
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NB-IoT	Internet de las Cosas de Banda Estrecha (por sus siglas en inglés)
Nkom	Autoridad de Comunicaciones (por sus siglas en noruego), de Noruega
NOK	Coronas Noruegas
NR	Nueva Radio (por sus siglas en inglés)
Ofcom	Oficina de comunicaciones, del Reino Unido
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
PMGE	Plan Maestro de Gestión de Espectro
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PRSTM	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones Móviles
PSO	Proceso de Selección Objetiva
PTS	Agencia de Correos y Telecomunicaciones (por sus siglas en sueco), de Suecia
RAN	Roaming Automático Nacional
SMLMV	Salarios Mínimos Legales Mensuales Vigentes
SEK	Coronas Suecas
SGE	Sistema de Gestión de Espectro
TDD	Duplexación por División de Tiempo (por sus siglas en inglés)
TRP	Potencia Radiada Total (por sus siglas en inglés)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UKE	Oficina de Comunicaciones Electrónicas (por sus siglas en polaco), de Polonia
UTC	Tiempo Universal Coordinado (por sus siglas en inglés)
VAC	Valor Anual de Contraprestación



INTRODUCCIÓN

El Plan Maestro de Gestión de Espectro (PMGE) 2020- 2024 con visión a 5 años identificó la necesidad de hacer disponible el espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de los sectores productivos del país, así como la exigencia de identificar espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés).

En consideración a lo anterior, la Agencia Nacional del Espectro (ANE), haciendo uso de la Metodología de análisis de Impacto Normativo (AIN), llevó a cabo dos (2) proyectos titulados “Espectro para soportar la *Transformación Digital de Sectores Productivos*”¹ y “*Espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT*”². Así, en los años 2022 y 2023 se desarrollaron para estos dos proyectos las etapas de identificación del problema, formulación de alternativas de solución y la evaluación de las mismas, con el fin de seleccionar la alternativa más adecuada para atender los desafíos identificados.

Habiendo surtido las etapas a las que se hace referencia en el párrafo anterior, en el presente documento se consolida la propuesta técnica orientada a dar cumplimiento a la implementación parcial de las alternativas planteadas en los documentos que contienen los AIN antes mencionados.

Para tal fin, el documento se organiza en tres (3) capítulos. En el primero se presentan los antecedentes y resultados de los estudios realizados en el marco de los AIN en cita, incluyendo la identificación del problema, la definición de objetivos, la formulación de alternativas y la selección de la alternativa recomendada.

El segundo capítulo presenta un análisis técnico sobre la habilitación de espectro para redes privadas, a partir de un recuento de experiencias internacionales relevantes y de la revisión del estado actual de las bandas de frecuencia disponibles o potencialmente hábiles en Colombia para este propósito.

Finalmente, el tercer capítulo desarrolla la propuesta técnica para la habilitación de espectro radioeléctrico orientado al despliegue de redes privadas, como mecanismo para reducir barreras en la adopción de soluciones avanzadas de

¹ Estudio disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gestion-Tecnica/index.aspx?p=3850>

² Estudio disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gestion-Tecnica/index.aspx?p=3891>



comunicaciones inalámbricas, incluyendo tecnologías IoT, requeridas por los sectores productivos en el marco de su transformación digital.





1 ANTECEDENTES

La transformación digital de los sectores productivos ha puesto de relieve el papel crítico de la conectividad como insumo habilitante para la adopción de nuevas tecnologías y modelos operativos, particularmente en el marco de desarrollos como el Internet de las Cosas (IoT) y la Industria 4.0. En este contexto, el espectro radioeléctrico adquiere una relevancia estratégica, no solo como recurso limitado, sino como habilitador fundamental para el despliegue de soluciones de conectividad avanzadas, como redes privadas basadas en sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) bajo estándares de cuarta generación (4G) o quinta generación (5G). Estas tecnologías ofrecen mayor ancho de banda, menor latencia y velocidades superiores frente a sistemas tradicionales como el trunking o radio convencional. Gracias a esto, sería posible habilitar en Colombia casos de uso como fábricas inteligentes, mantenimiento predictivo, gemelos digitales, conexión masiva de sensores, entre otras.

En línea con lo anterior, durante los años 2022 y 2023 la Agencia Nacional del Espectro (ANE) desarrolló una serie de estudios orientados a analizar las condiciones de conectividad requeridas para la transformación digital de los sectores productivos y la masificación de aplicaciones IoT en Colombia, cuyos resultados evidencian la persistencia de brechas entre las características de la oferta de servicios de conectividad y los requerimientos específicos de dichos sectores, así como limitaciones en los mecanismos de acceso al espectro que limitan el desarrollo de este tipo de soluciones. A partir de estos análisis, la presente sección expone los principales antecedentes técnicos, económicos y regulatorios que sustentan la necesidad de avanzar hacia esquemas más flexibles y diferenciados de acceso al espectro, abordando, en primer lugar, las barreras para la transformación digital de los sectores productivos, posteriormente, las restricciones para la masificación de aplicaciones IoT, y finalmente, las características tecnológicas y tendencias asociadas a las redes móviles de banda ancha y su evolución hacia redes privadas IMT.

1.1 TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS

A partir del análisis desarrollado en el estudio "Espectro para soportar la transformación digital de los sectores productivos"³, se identificó que en Colombia persisten barreras estructurales para la adopción de soluciones de

³ Documentación histórica del estudio disponible en el enlace: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3849>



comunicaciones inalámbricas por parte de los sectores productivos, las cuales limitan el desarrollo de procesos de transformación digital. Estas barreras se manifiestan, entre otros aspectos, en la dificultad para acceder a infraestructuras de conectividad adaptadas a requerimientos específicos de sectores como industria, logística, minería o agroindustria, cuyas necesidades en términos de latencia, confiabilidad, seguridad y control difieren de las soluciones ofrecidas por redes móviles comerciales para el mercado masivo.

Desde una perspectiva económica, esta situación refleja un desajuste entre la oferta de servicios de conectividad disponible y la demanda heterogénea de los sectores productivos, así como la existencia de restricciones en el acceso a insumos esenciales como el espectro radioeléctrico, lo cual limita el desarrollo de soluciones como redes privadas. En ese orden de ideas, la ausencia de mecanismos flexibles de acceso al espectro por parte de sectores productivos y de esquemas de compartición en bandas identificadas para Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés) constituye una restricción relevante para la innovación y la adopción tecnológica en dichos sectores.

Como parte de las acciones orientadas a atender esta problemática, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) identificó la necesidad de definir condiciones de compartición para el uso del espectro por parte de los sectores productivos en bandas de frecuencias con usuarios incumbentes no IMT, así como de promover instrumentos que incentiven el despliegue de infraestructura de conectividad. En particular, se ha considerado la inclusión de Obligaciones de Hacer en los procesos de asignación de espectro IMT como un mecanismo para fomentar el cierre de brechas de conectividad [1]. No obstante, la implementación de este instrumento, en el marco de la Ley 1341 de 2009 y su reglamentación, se ha orientado principalmente a objetivos de conectividad social y universal, priorizando la atención a instituciones públicas como establecimientos educativos, centros de salud y redes de emergencia [2] [3]. En consecuencia, su diseño actual no contempla explícitamente su utilización como herramienta para fortalecer la conectividad en sectores productivos o industriales.

En ese sentido, se planteó la necesidad de evaluar la pertinencia de ampliar y diversificar los instrumentos regulatorios disponibles para fortalecer la conectividad de los sectores productivos, de manera que contribuyan al mejoramiento de la calidad, capacidad y cobertura de las redes de comunicación inalámbricas bajo un enfoque orientado a sus necesidades específicas. En particular, es posible identificar al menos tres mecanismos complementarios de intervención. En primer lugar, la definición de esquemas de compartición de espectro en bandas identificadas para IMT, línea en la cual ya vienen avanzando la ANE y el MinTIC, y que permitirá habilitar el acceso a este recurso en entornos con presencia de usuarios incumbentes. En segundo lugar, la eventual



ampliación del alcance de las Obligaciones de Hacer para incorporar explícitamente objetivos asociados al fortalecimiento de la conectividad en sectores productivos, lo cual implica evaluar ajustes al marco legal vigente, en particular el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009 y su reglamentación, dado el enfoque actual de este instrumento hacia fines de conectividad social. Finalmente, el diseño de mecanismos específicos de asignación de espectro radioeléctrico para sistemas IMT dirigidos directamente a los sectores productivos, lo cual supondría la adopción de esquemas innovadores de acceso al espectro, alineados con tendencias internacionales como los permisos de uso local o compartido.

1.2 RESULTADO DEL ESTUDIO OBLIGACIONES DE HACER MASIFICACIÓN DE APLICACIONES IOT

A partir del análisis desarrollado en el estudio "Espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT"⁴, se identificó que en Colombia persisten restricciones técnicas y normativas que limitan el desarrollo y la adopción a gran escala de aplicaciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT). En particular, estas aplicaciones requieren condiciones específicas de conectividad, tales como baja latencia, alta confiabilidad, cobertura en entornos industriales y capacidad para soportar una alta densidad de dispositivos, las cuales no siempre son plenamente satisfechas por la oferta masiva de las redes móviles comerciales existentes. Esta situación evidencia, desde una perspectiva económica, un desajuste entre las características de la oferta de servicios de conectividad y los requerimientos específicos de los sectores productivos, así como limitaciones en el acceso a insumos críticos como el espectro radioeléctrico, necesario para el despliegue de soluciones dedicadas o especializadas.

En respuesta a esta problemática, la ANE identificó la necesidad de avanzar en la determinación de bandas de frecuencias que podrían ser utilizadas para habilitar el despliegue de redes privadas por parte de los sectores productivos, particularmente aquellas que, con independencia de su condición de identificación internacional, son técnicamente aptas para el despliegue de sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Este enfoque reconoce el papel del espectro radioeléctrico como un insumo esencial para el desarrollo de nuevas arquitecturas de red, incluyendo redes privadas, que permiten atender requerimientos específicos de aplicaciones como IoT en términos de latencia, confiabilidad, seguridad y control operativo. Si bien la oferta de las redes móviles comerciales tradicionales puede, en determinados

⁴ Documentación histórica del estudio disponible en el enlace: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3890>



casos, satisfacer algunas de las necesidades de conectividad de los sectores productivos, esta no siempre se ajusta plenamente a sus requerimientos particulares, especialmente en entornos donde se demandan soluciones altamente especializadas o con condiciones de desempeño diferenciadas.

No obstante, si bien la identificación de bandas potenciales constituye un avance necesario en la planificación del uso del espectro, esta medida, por sí sola, no resulta suficiente para materializar el despliegue efectivo de este tipo de soluciones. En particular, persisten limitaciones asociadas a la ausencia de mecanismos claros, flexibles y diferenciados de acceso al espectro por parte de actores distintos a los operadores móviles tradicionales, lo cual restringe la posibilidad de que los sectores productivos implementen directamente redes privadas basadas en tecnologías IMT o accedan a esquemas de uso compartido bajo condiciones adecuadas. Esta situación pone de manifiesto que el desafío no se limita a la disponibilidad del espectro, sino que se extiende a las condiciones institucionales y regulatorias que determinan su asignación y uso.

En este contexto, el presente documento se enmarca en la necesidad de avanzar de manera estructurada en la identificación de bandas de espectro que puedan ser utilizadas para facilitar el acceso directo o diferenciado a este recurso por parte de los sectores productivos, como condición habilitante para el despliegue de redes privadas de banda ancha. Este ejercicio constituye un primer paso dentro de una agenda regulatoria más amplia orientada al diseño de instrumentos que permitan materializar dicho acceso, incluyendo esquemas de asignación, compartición o licenciamiento adaptados a las características de estos nuevos usos. Lo anterior resulta consistente con el objetivo de promover un uso más intensivo, eficiente y productivo del espectro radioeléctrico, en línea con los procesos de transformación digital, el fortalecimiento de la competitividad sectorial y la maximización del bienestar social.

1.3 REDES MÓVILES DE ACCESO DE BANDA ANCHA

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha definido los sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) como una familia de sistemas de radiocomunicaciones capaces de proporcionar acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, incluyendo servicios avanzados de banda ancha móvil, con altos niveles de calidad, interoperabilidad y eficiencia espectral [4]. En particular, los sistemas IMT han sido concebidos para soportar múltiples escenarios de uso, abarcando aplicaciones de baja y alta movilidad, así como una amplia variedad de velocidades de transmisión de datos, latencias y capacidades de conexión, en función de los requerimientos de los usuarios y de las aplicaciones [5]. Esta evolución ha permitido que los sistemas IMT transiten



desde IMT-2000 hasta IMT-2020, incorporando mejoras sustanciales en términos de rendimiento, flexibilidad y soporte para nuevos casos de uso, tales como comunicaciones ultra confiables y de baja latencia, así como comunicaciones masivas entre dispositivos, características fundamentales para el desarrollo de aplicaciones como IoT [6] [7] [8].

Históricamente, el despliegue y operación de sistemas IMT ha estado asociado principalmente a operadores móviles comerciales, quienes, a través de sus redes, han ofrecido servicios de telecomunicaciones a usuarios residenciales, empresariales e institucionales. En ese sentido, el espectro radioeléctrico identificado para IMT ha sido asignado predominantemente a este tipo de operadores bajo esquemas de licenciamiento exclusivo, lo cual ha favorecido el desarrollo de economías de escala y la masificación de los servicios móviles. No obstante, en los últimos años se ha observado una tendencia creciente a nivel internacional hacia la habilitación de modelos alternativos de acceso al espectro IMT, en los cuales actores distintos a los operadores móviles tradicionales, incluyendo sectores industriales, logísticos, energéticos y mineros, acceden a este recurso para el despliegue de redes privadas [9] [10] [11] [12] [13]. Estas redes, comúnmente denominadas redes privadas IMT o redes para usos verticales, buscan atender requerimientos específicos de conectividad que no siempre son plenamente satisfechos por la oferta de las redes móviles tradicionales, especialmente en entornos que demandan altos niveles de control, seguridad, confiabilidad y desempeño adaptado a procesos productivos críticos.

Bajo este enfoque, las tecnologías que habilitan el despliegue de redes privadas basadas en IMT corresponden principalmente a la Evolución a Largo Plazo (LTE) y a Nueva Radio (NR), las cuales representan, respectivamente, las generaciones 4G (IMT-Advanced) y 5G (IMT-2020) de los sistemas móviles [13]. En particular, la tecnología 5G basada en NR constituye la base de las redes privadas de nueva generación, al ofrecer capacidades avanzadas orientadas a aplicaciones industriales y empresariales [9]. Estas tecnologías han sido desarrolladas y estandarizadas en el marco del 3rd Generation Partnership Project (3GPP)⁵, cuyas especificaciones definen las capacidades técnicas, arquitecturas de red y funcionalidades que permiten soportar una amplia diversidad de servicios y escenarios de uso. La evolución hacia IMT-2020 ha implicado, además, una transformación hacia arquitecturas más flexibles y programables, que amplían significativamente el rango de aplicaciones soportadas.

Sobre esta arquitectura, los sistemas IMT han sido diseñados con un enfoque basado en casos de uso, permitiendo atender requerimientos heterogéneos mediante categorías como banda ancha móvil mejorada (eMBB),

⁵ Para más información consultar: <<https://www.3gpp.org/>>



comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (URLLC) y comunicaciones masivas entre dispositivos (mMTC) [9] [13]. Estas funcionalidades habilitan aplicaciones que van desde servicios de alto consumo de datos hasta escenarios de control crítico y automatización industrial, lo cual resulta fundamental para sectores productivos que demandan niveles estrictos de desempeño en términos de latencia, disponibilidad y densidad de conexión [13]. Este carácter flexible y modular constituye un elemento diferenciador frente a tecnologías inalámbricas tradicionales, al permitir la adaptación de la red a necesidades específicas de cada vertical [12].

En virtud de esta base tecnológica, las redes privadas IMT han emergido como una solución clave para habilitar la transformación digital de sectores industriales y empresariales, particularmente en el marco de iniciativas como Industria 4.0. En efecto, diversos estudios documentan que industrias como la minería, la energía, la manufactura y la logística están adoptando redes privadas basadas en IMT para soportar aplicaciones como automatización de procesos, monitoreo en tiempo real, operación remota de equipos y despliegue masivo de sensores IoT [9] [11] [13]. Estas redes permiten un mayor grado de control sobre los recursos de red, así como configuraciones adaptadas a entornos operativos específicos, lo que resulta crítico en escenarios donde las redes públicas no logran satisfacer plenamente los requerimientos particulares de los sectores productivos [13].

En el ámbito local, las redes privadas de telecomunicaciones fueron, en su momento, definidas como el conjunto de elementos de red implementados por personas naturales o jurídicas para su uso particular y exclusivo, sin prestación de servicios a terceros y sin conexión a la red de telecomunicaciones del Estado o a otras redes privadas, conforme a lo establecido en el Decreto 930 de 1992 [5]. No obstante, en el marco de la evolución normativa del sector, particularmente a partir de la expedición de la Ley 1341 de 2009 y sus modificaciones, no resulta claro el alcance actual de dicha definición dentro del ordenamiento jurídico vigente, ni su aplicabilidad frente a los desarrollos tecnológicos y regulatorios posteriores.

En ese orden de ideas, y teniendo en cuenta la creciente relevancia de las redes privadas basadas en tecnologías IMT en entornos productivos, el término “redes privadas” se emplea en el presente documento exclusivamente como una referencia conceptual de carácter técnico, orientada a describir configuraciones de red dedicadas a usos específicos, sin que ello implique una categorización formal desde el punto de vista regulatorio. Así, la eventual definición jurídica y el tratamiento regulatorio de estas redes serán objeto de análisis en desarrollos posteriores.



2 REDES PRIVADAS

Los sectores productivos demandan cada vez más aplicaciones de telecomunicaciones que no es posible soportar a través de sus redes convencionales, por lo que las redes privadas basadas en tecnologías IMT han comenzado en algunos casos a reemplazar redes de Radio Móvil Terrestre (LMR, por sus siglas en inglés) convencional, sistemas de acceso troncalizado, Sistema Global de comunicaciones Móviles (GSM, por sus siglas en inglés) y Wi-Fi, entre otras; eso, sumado a aquellas empresas que buscan implementar sus propias redes de comunicaciones por primera vez y ven en las tecnologías IMT la oportunidad de satisfacer sus necesidades, ha originado una tendencia de asignar espectro IMT a sectores productivos como lo demuestran los reportes de redes móviles privadas elaborados por la Asociación Mundial de Proveedores de telefonía móvil (GSA, por sus siglas en inglés), asociación líder de proveedores de la industria que promueve las tecnologías móviles del 3GPP [14].

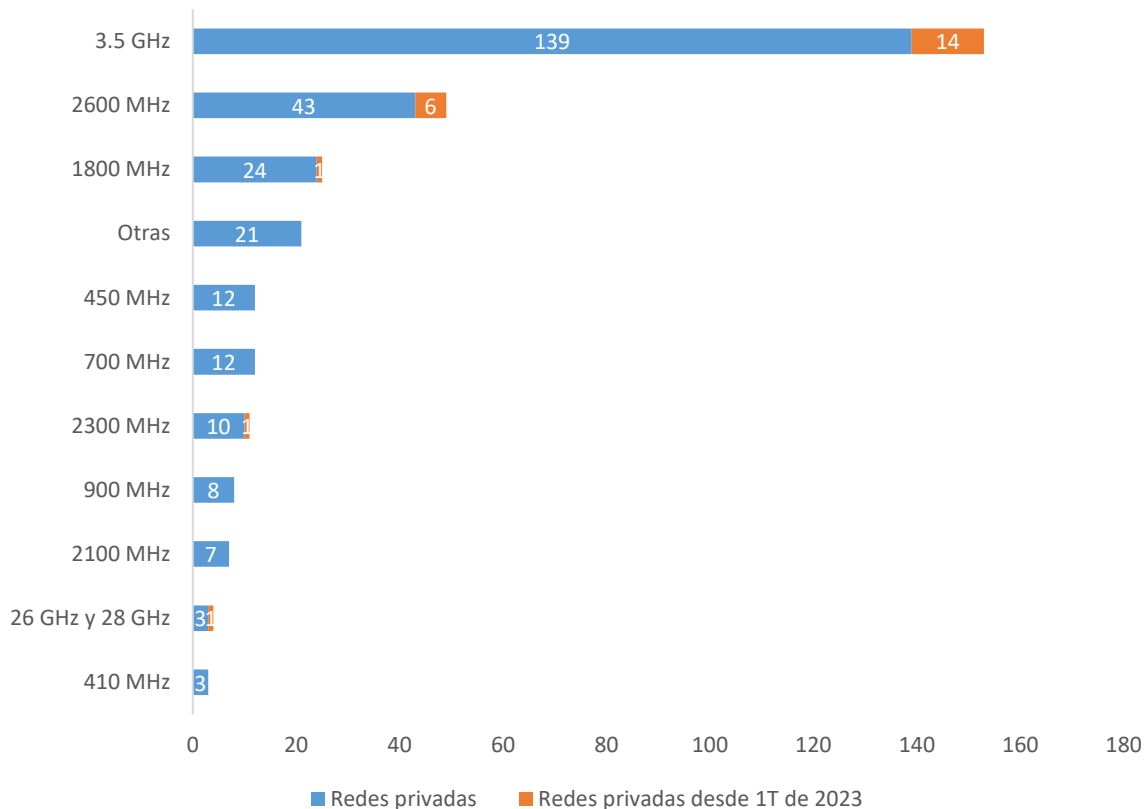
Según datos de la GSA, a septiembre de 2025 se identificaban 1846 empresas que han implementado redes privadas con tecnologías IMT, distribuidas en 78 países. De estas implementaciones, el 51.1% utiliza tecnología 4G, el 28.5% utiliza tecnología 5G y el 19% utiliza tanto 4G como 5G [14].

GSA también identificó que las bandas de frecuencias principalmente utilizadas para redes privadas a nivel mundial son 3.5 GHz, 2600 MHz, 1800 MHz, 700 MHz, 450 MHz, 2.3 GHz, 900 MHz, 2100 MHz, 410 MHz, 26 GHz y 28 GHz. Incluso, datos recientes muestran las frecuencias de 3.5 GHz y 2600 MHz son las que concentran el mayor número de despliegues de redes privadas (ver Figura 1).

Respecto del abanico de oportunidades de bandas de frecuencias, es importante mencionar que, debido a la condición de implementación de las alternativas de solución de los AIN de Transformación digital de los sectores productivos y masificación de aplicaciones IoT, las bandas de frecuencias de 2600 MHz, 1800 MHz, 700 MHz, 2300 MHz, 2100 MHz y 28 GHz no serán objeto de estudio en el presente proyecto para la habilitación de redes privadas, sin perjuicio de que las mismas puedan ser tenidas en cuenta en futuros análisis de gestión del espectro que realice la ANE; lo anterior por cuanto estas bandas han sido planeadas para la prestación de servicios móviles por parte de operadores móviles comerciales (i.e. 2600 MHz, 700 MHz y 2300 MHz), no existe disponibilidad de canalización IMT en Colombia (i.e. 1800 MHz y 2100 MHz) o no tienen usuarios incumbentes no IMT para reusar el espectro como se planteó en las alternativas de solución al problema de los AIN (i.e. 2600 MHz, 700 MHz, 2300 MHz, y 28 GHz).

Por otro lado, cabe mencionar que la banda de frecuencias de 450 MHz está siendo usada en Colombia para sistemas LMR convencionales, y su demanda y alta ocupación no permiten a corto plazo tener disponibilidad a través de reúso del espectro para implementar redes privadas⁶.

Figura 1. Número de redes privadas implementadas por banda de frecuencias en el mundo.



Fuente: Adaptado de [14].

Con base en lo mencionado anteriormente, la ANE observa en principio que las bandas de frecuencias de 410 MHz, 900 MHz, 3.5 GHz y 26 GHz representan una oportunidad para la implementación de redes privadas en Colombia.

⁶ Conclusión a la que llegó la ANE a través del estudio de gestión del espectro realizado en la banda de frecuencias de 450 MHz en el año 2020, disponible en: <https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/Estudios%20de%20gesti%C3%B3n%20y%20planeaci%C3%B3n/Banda%20450%20MHz/1.%20Documentos%20para%20consulta/Estudio%20450%20MHz.pdf>



Respecto de la banda de 900 MHz en específico, es pertinente señalar que la ANE, mediante la Resolución 28 de 2026, actualizó el CNABF eliminando la reserva exclusiva de la banda de 900 MHz para las IMT. Esta modificación armonizó el tratamiento de este segmento del espectro con lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), habilitando un esquema de uso flexible que fortalece la planificación estratégica, el control técnico y la coexistencia eficiente de los distintos servicios.

Dicha actualización se fundamentó en lo previsto en el numeral 3 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, que establece como deber del Estado promover el despliegue y el uso eficiente de la infraestructura destinada a la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones, así como garantizar el aprovechamiento óptimo de los recursos escasos, con el propósito de fomentar la competencia, la calidad y la eficiencia en beneficio de los usuarios.

De igual manera, el numeral 7 del artículo 4 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 4 de la Ley 1978 de 2019, dispone que uno de los fines de la intervención estatal en el sector TIC consiste en asegurar el uso adecuado y eficiente del espectro radioeléctrico, de manera que se maximice el bienestar social derivado de este recurso escaso, así como facilitar su reorganización cuando resulte necesario.

Además, esta decisión regulatoria se enmarcó en los lineamientos de política pública contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026, “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, particularmente en el artículo 142 —Conectividad para Cambiar Vidas—, el cual establece que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones deberá promover la conectividad digital como generadora de oportunidades, riqueza, igualdad y productividad. En ese sentido, se prevé, entre otros, promover la eliminación de barreras para el despliegue de redes de telecomunicaciones y adelantar procesos de asignación de espectro bajo esquemas que maximicen el bienestar social y fomenten su uso eficiente y compartido.

Asimismo, la actualización respondió a los lineamientos del Plan Integral de Expansión de Conectividad Digital del Ministerio TIC, así como a necesidades identificadas en las consultas públicas de la actualización del Plan Maestro de Gestión del Espectro 2024⁷, así como en el documento soporte de la misma Resolución 28 de 2026 de la ANE⁸. En dichos escenarios se evidenció que los requerimientos de las comunidades, las empresas de servicios públicos y otros

⁷ Enlace a los comentarios del PMGE <https://ane.gov.co/SitePages/Gestion-Tecnica/index.aspx?p=3105>

⁸ Enlace el documento de respuesta a comentarios: <https://ane.gov.co/SitePages/det-noticias.aspx?p=762>



sectores económicos, en el marco de sus procesos de transformación digital, demandaban superar el modelo de uso exclusivo del espectro.

En consecuencia, la flexibilización de la banda de esta banda permitió habilitar la implementación de diversos casos de uso, tales como redes de baja potencia (LPWAN), soluciones de Internet de las Cosas (IoT), redes comunitarias y redes privadas. Es por tal motivo, que la ANE considera apropiado incluir la banda de 900 MHz en el presente estudio, en la medida que facilita la entrada de nuevos actores y tecnologías, y a la vez promueve un uso más eficiente e innovador del espectro radioeléctrico, en concordancia con los objetivos de conectividad universal y transformación digital del país.

2.1 CONSIDERACIONES JURÍDICAS

De acuerdo con el artículo 25 de la Ley 1341 de 2009, la ANE es la entidad encargada de brindar el soporte técnico para la gestión y planeación del espectro radioeléctrico, así como la vigilancia y control del mismo, en coordinación con las diferentes autoridades que tengan funciones o actividades relacionadas con el mismo, entre otras.

En línea con lo anterior, el artículo 26 de la Ley 1341 de 2009 asigna diferentes funciones a la ANE, las cuales, para efectos del presente documento, se exponen las siguientes:

- I. Organismo asesor para el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con la administración del Espectro Radioeléctrico, incluyendo, el diseño y formulación de políticas, planes y programas relativos a esquemas óptimos aplicables a la vigilancia y control del Espectro Radioeléctrico, atendiendo las tendencias y evoluciones tecnológicas como las políticas nacionales y sectoriales, y aquellas propuestas y recomendaciones de organismos internacionales competentes en temas de radiocomunicaciones.
- II. Realizar la gestión técnica del espectro radioeléctrico y adelantar los estudios y propuestas de valoración en relación con su derecho al uso y esquema técnico y económico de contraprestaciones.
- III. Adelantar, con base en sus prerrogativas legales de vigilancia y control, las investigaciones administrativas sancionatorias a que haya lugar, por posibles infracciones al régimen de sanciones contemplado en la Ley del sector TIC.

Ahora bien, de conformidad con lo establecido en el Decreto - Ley 4169 de 2011, se modificó la naturaleza jurídica de la ANE y se reasignaron funciones entre



esta agencia y el MinTIC. Para efectos del presente documento, se destaca en particular lo dispuesto en los numerales 1 y 3 del artículo 3, así:

I. Realizar la planeación y atribución del espectro radioeléctrico, estableciendo como consecuencia la actualización del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas y Frecuencias (CNABF), de acuerdo con las necesidades del país, el interés público y planes técnicos que establezca el MinTIC y

II. Formular y ejecutar programas de investigación, conocimiento y divulgación del espectro radioeléctrico.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la ANE es competente para adelantar la planeación y atribución del espectro radioeléctrico, realizar la gestión técnica del mismo, así como asesorar al MinTIC en el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con la administración del Espectro Radioeléctrico, para lo cual resulta necesario adelantar estudios como el contenido en el presente documento, que busca contribuir a soportar la transformación digital de los sectores productivos, al igual que atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT.

2.2 CASOS INTERNACIONALES DE USO

A partir del contexto local expuesto en la sección previa, a continuación, se presentan casos internacionales de uso identificados sobre redes privadas en las bandas de frecuencias de 410 MHz, 900 MHz, 3.5 GHz y 26 GHz (ver resumen en la Tabla 10).

2.2.1 Alemania

La Agencia Federal de Redes de Electricidad, Gas, Telecomunicaciones, Correos y Ferrocarriles de Alemania designó porciones de las bandas de frecuencias de 3.5 y 26 GHz para la implementación de redes privadas de cobertura local, teniendo en cuenta que algunos modelos de negocio necesitan espectro para redes de telecomunicaciones propias y autosuficientes, por ejemplo, para la automatización industrial [15]. Las condiciones de uso de este espectro son [16] [17]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- Los rangos de frecuencias permitidos son 3700 - 3800 MHz y 24.25 - 27.5 GHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 MHz para el rango de frecuencias de 3700 - 3800

- MHz y de 50, 100, 150, 200, 400, 600 y 800 MHz para el rango de frecuencias de 24.25 - 27.5 GHz.
- Uso del espectro en canalizaciones Duplexación por División de Tiempo (TDD, por sus siglas en inglés).
 - No se establece una configuración de sincronización entre enlaces.
 - Los permisos son de cobertura local (e.g. parques industriales, centros de exposiciones, zonas agrícolas y zonas forestales, entre otros).
 - Emisiones fuera de banda limitadas a una densidad espectral de potencia especificada en la actualización de 2019 de la Decisión 411 de 2008 de la Comisión de las Comunidades Europeas, es decir, 53 dBm/MHz y 25 dBm/MHz para estaciones base y equipos terminales respectivamente.
 - Pueden realizarse acuerdos entre los usuarios para garantizar el uso eficiente del espectro sin interferencias perjudiciales, sin embargo, la Agencia Federal de Redes puede intervenir para asegurar el correcto uso del espectro.
 - Revocación del permiso si no se inicia el uso del espectro dentro del año siguiente a su asignación o si no se usa durante más de un año.
 - No se debe interferir las estaciones del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias de 3700 - 3800 MHz.
 - Restricción de uso en zonas de frontera debido a la necesidad de coordinación de frecuencias con países vecinos.
 - Permisos de uso del espectro de hasta 10 años y máximo hasta el 31 de diciembre de 2040 para la banda de frecuencias de 3.5 GHz, esto para garantizar decisión sobre la totalidad de la banda de frecuencias de 3400 - 3800 MHz a partir de 2041.
 - El cobro de la contraprestación por el uso del espectro tiene una base de 1000 euros y se incrementa con base en el ancho de banda asignado en MHz, el plazo del permiso en años y la superficie cubierta en km². Se realiza distinción entre zonas urbanas y rurales y entre zonas congestionadas y descongestionadas para promover el uso eficiente del espectro (i.e. el permiso de uso del espectro es más barato en zonas rurales o despobladas y en zonas descongestionadas).

A diciembre de 2025, Alemania había otorgado 484 asignaciones de espectro para redes privadas en el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz, distribuidas especialmente en los sectores de Investigación y Desarrollo, Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información, Metales y Electrónica [18]. Respecto de la banda de frecuencias de 26 GHz, el número de asignaciones es de 27 para de sectores académico, aeroespacial, defensa, electrónica y telecomunicaciones [19].



2.2.2 Argentina

En octubre de 2021 Nokia anunció que se encontraba instalando una red LTE en la banda de 450 MHz para el operador Alvis, con la cual este último prestaría servicio de conectividad en zonas rurales y con esto promoverá casos de uso en agricultura, energía eléctrica, seguridad y servicios de ubicación principalmente [20] [21]. Adicionalmente, se está complementando esta red con despliegues LTE en la banda de frecuencias 410 MHz en modo experimental con el fin de aprovechar el espectro y la gran cobertura de esta banda y así apoyar los casos de uso que se generen en el futuro en las diferentes industrias [20] [21].

2.2.3 Bahreín

En Bahreín la banda de frecuencias de 410 MHz está destinada al funcionamiento de redes de banda ancha inalámbrica bajo la distribución de frecuencias especificada para la banda 87 del 3GPP [22]. La Autoridad de Electricidad y Agua (EWA, por sus siglas en inglés) posee una licencia en esta banda de frecuencias y construirá una red LTE para modernizar su red de distribución de servicios públicos, con lo cual espera mejorar la eficiencia y rendimiento de su red y así mejorar el servicio de cara a sus clientes [22].

2.2.4 Bélgica

Bélgica designó porciones de la banda de frecuencias de 3.5 GHz para la implementación de redes privadas de cobertura local para transformar su industria [23]. Las condiciones de uso de este espectro establecidas por el Instituto Belga de Correos y Telecomunicaciones (BIPT, por sus siglas en inglés) son [23] [24]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- Los rangos de frecuencias permitidos son 3800 - 3840 y 3880 - 3960 MHz.
- Se establece una configuración de sincronización entre enlaces con proporción de 3,25 con prioridad para el enlace descendente en el rango de frecuencias de 3800 - 3840 MHz, la cual corresponde a la establecida para las redes de los operadores móviles comerciales en el rango de frecuencias de 3400 - 3800 MHz. Adicionalmente, no se establece una configuración de sincronización entre enlaces para la banda de 3880 - 3960 MHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 20 y 40 MHz.
- Canalizaciones TDD.
- La altura de la antena de las estaciones base está limitada a 10 m para redes exteriores.

- La densidad espectral de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) de las estaciones base está limitada a 30 dBm por cada 5 MHz en el rango de frecuencias de 3800 - 3840 MHz, mientras que para el rango de frecuencias de 3880 - 3960 MHz este valor está limitado a 18 dBm por cada 5 MHz en exteriores y a 24 dBm por cada 5 MHz en interiores.
- Permisos de uso del espectro de hasta 10 años.
- El cobro de la contraprestación anual por el uso del espectro es de 400 euros por MHz asignado y por km², válido para 2023, el cual será ajustado anualmente de acuerdo con el índice de precios al consumidor.
- Se realizan cálculos de interferencias contra radioenlaces fijos y radioenlaces fijos por satélite segmento espacio-Tierra.
- No se realizan cálculos de compatibilidad contra radioaltímetros.

2.2.5 Brasil

La Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel, por sus siglas en portugués) de Brasil designó en mayo de 2019 el rango de frecuencias de 3300 - 3800 MHz para la implementación de redes privadas para satisfacer las necesidades locales de usuarios particulares [25] [26]. Sin perjuicio de lo anterior, Anatel subastó en noviembre de 2021 el espectro comprendido entre 3300 y 3680 MHz otorgando licencias nacionales y regionales para la prestación de servicios de telecomunicaciones [27], con lo cual el espectro destinado para redes privadas quedó reducido a la banda de frecuencias de 3680 - 3800 MHz. Las condiciones de uso de este espectro son [28], [29], [30]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- El rango de frecuencias permitido es 3680 - 3800 MHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 MHz.
- Uso del espectro en canalizaciones TDD.
- Los sistemas que funcionan en la banda de frecuencias tienen libertad para elegir la configuración de sincronización que consideren más conveniente, siempre que no interfieran perjudicialmente otras redes. Los operadores públicos nacionales deben estar sincronizadas con base en la misma referencia de reloj y respetar un valor de error de sincronización de tiempo absoluto de extremo a extremo de máximo +/- 1,5 µs.
- Los sistemas terrestres que operen en el rango de frecuencias de 3700 a 3800 MHz deben, preferiblemente, estar confinados en interiores o tener áreas de cobertura local delimitada si operan en exteriores.
- Las estaciones base en exteriores en el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz no pueden usar alturas superiores a 6 m del suelo.
- Las estaciones base en exteriores en el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz no pueden usar anchos de banda de más de 50 MHz.

- La densidad espectral de PIRE de las estaciones base debe ser de máximo 65 dBm/10 MHz para el rango de frecuencias de 3680 - 3700 MHz.
- Los terminales de usuario deben transmitir a una PIRE de máximo 43 dBm en el rango de frecuencias de 3680 - 3700 MHz.
- La densidad espectral de PIRE de las estaciones base debe ser de máximo 30 dBm/10 MHz en interiores y 26 dBm/10 MHz en exteriores para el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz.
- Los terminales de usuario deben transmitir a una PIRE de máximo 26 dBm en el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz y deben usar control automático de potencia.
- En el rango de frecuencias de 3700 - 3800 MHz está prohibido el uso de amplificadores de señal o repetidores.

2.2.6 Estados Unidos

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América designó el rango de frecuencias de 3550 - 3700 MHz para la implementación de redes privadas, Para ello, estableció el Servicio de Radio de Banda ancha para Ciudadanos (CBRS, por sus siglas en inglés) y creó un marco de acceso y autorización de tres niveles: i) Acceso Incumbente, ii) Acceso Prioritario y iii) Acceso Autorizado General. El acceso es administrado por un coordinador automático de frecuencia que se encarga de prevenir interferencias perjudiciales entre los usuarios de la banda y proteger sistemas de radar del Departamento de Defensa de ese país [31]. En 2026, la FCC habilitó el uso de parte de la banda de 900 MHz para servicios inalámbricos privados de banda ancha, ampliando la cantidad de espectro para uso privado para empresas, servicios públicos y otros sectores bajo licencias específicas. Es importante resaltar que dicha porción de espectro era destinada tradicionalmente para comunicaciones de banda estrecha.

2.2.7 Francia

La Autoridad Reguladora de Comunicaciones Electrónicas, Correos y Distribución de Prensa (ARCEP, por sus siglas en francés) de Francia designó porciones de las bandas de frecuencias de 3.5 y 26 GHz para que la industria pueda realizar pruebas de redes privadas con el fin de apropiar tecnologías IMT y promover la innovación [32].

El rango de frecuencias autorizado en la banda de frecuencias de 3.5 GHz es de 3800 - 4000 MHz, se pueden solicitar anchos de banda de hasta 100 MHz y los permisos de uso del espectro se otorgan hasta por 3 años [33]. El rango autorizado en la banda de 26 GHz corresponde a 26.5 - 27.5 GHz, se pueden solicitar anchos de banda de hasta 800 MHz y los permisos de uso del espectro

se otorgan hasta por 3 años [34]. Este uso del espectro ha tenido gran acogida ya que hasta agosto de 2025 se habían otorgado 116⁹ permisos de uso del espectro para pruebas [35].

2.2.8 Grecia

La Comisión Nacional de Telecomunicaciones y Correos de Grecia (EETT, por sus siglas en griego) realizó una subasta de espectro en la banda de frecuencias de 410 MHz, en la cual participó un único postor. Un espectro de 2x2 MHz fue otorgado a la empresa Cosmote por un precio de 1.15 millones de euros [36]. En este país la banda de frecuencias de 410 MHz está destinada a redes privadas para conectividad empresarial e IoT [36].

2.2.9 Irlanda

La Comisión de Regulación de Comunicaciones (ComReg) de Irlanda realizó una subasta en la banda de frecuencias de 410 MHz en el año 2019. La subasta resultó en la asignación de 2x4 MHz de espectro a la empresa Electricity Supply Board Networks [37]. Los bloques de espectro asignados están divididos de la siguiente manera [37]:

- Parte A: bloque de 2x3 MHz para la provisión de comunicaciones inalámbricas para redes inteligentes (i.e. Smart Grids). El bloque consiste en los rangos de frecuencias de 410 - 413 MHz y 420 - 423 MHz, los cuales corresponden con la banda 87 del 3GPP para una portadora LTE de 3 MHz.
- Parte B: 10 bloques de 2x100 kHz sobre una base neutra en cuanto a servicios y tecnología.

2.2.10 Noruega

La Autoridad de Comunicaciones (Nkom, por sus siglas en noruego) de Noruega designó el rango de frecuencias de 3800 - 4200 MHz para la implementación de redes privadas para satisfacer las necesidades locales de la industria y soportar redes locales de los proveedores de acceso inalámbrico fijo [38]. Las condiciones de uso de este espectro son [38]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- No se establece una configuración de sincronización entre enlaces, sin embargo, para evitar interferencias con las redes de los operadores móviles comerciales por debajo de 3800 MHz, se requiere de una banda de guarda de 40 MHz.

⁹ 80 en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, 33 en la banda de frecuencia de 2600 MHz y 3 en la banda de frecuencias de 26 GHz.

- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 20, 40, 60 y 80 MHz.
- No se establece una configuración de sincronización entre enlaces, sin embargo, se podrá requerir de una configuración específica de ser necesario para mejorar el uso del espectro.
- Los permisos son de cobertura local delimitada y se distingue entre permiso de sitio y permiso de transmisor. El primero corresponde a una ubicación geográfica delimitada a un radio de 50 m en donde se pueden instalar diferentes estaciones, mientras que el segundo corresponde a una ubicación geográfica en donde puede funcionar una única estación base.
- Permisos de uso del espectro de hasta 10 años.
- Revocación del permiso de uso del espectro si no se inicia el uso dentro del año siguiente a su asignación.
- La densidad espectral de PIRE de las estaciones base está limitada a 18 dBm por cada 5 MHz para permisos de sitio y a 36 dBm por cada 5 MHz para permisos de transmisor.
- Los dispositivos conectados pueden usar una PIRE de máximo 28 dBm.
- La altura de la antena de las estaciones de los permisos de sitio está limitada a 10 m sobre el nivel del suelo.
- Los permisos de transmisor están limitados a zonas situadas a más de 10 km de núcleos urbanos con población de 10.000 o más habitantes. Se pueden realizar excepciones para sitios como puertos y áreas industriales amplias, entre otros.
- Se realizan cálculos de interferencias contra radioenlaces fijos por satélite segmento espacio-Tierra, altímetros aeronáuticos por encima de 4200 MHz y redes móviles de los operadores móviles comerciales por debajo de 3800 MHz.
- Se establecen áreas de protección particular para las estaciones del servicio fijo por satélite.
- Para proteger los radioaltímetros de posibles interferencias desde las redes privadas no se otorgan permisos de transmisor en la banda de frecuencias de 4000 - 4200 MHz y se realizan análisis particulares en cercanías a aeropuertos.
- El cobro de la contraprestación por el uso del espectro tiene un valor anual fijo y depende del ancho de banda y el tipo de permiso. Para los permisos de sitio este valor es de 200, 400, 800 y 1600 Coronas Noruegas (NOK) para 20, 40, 60 y 80 MHz respectivamente; mientras que para los permisos de transmisor estos valores son de 1000, 1400, 2200 y 3800 NOK.

Posterior al establecimiento de las condiciones de uso de banda de frecuencias en mención, se fijó una fecha límite de los permisos de hasta 31 de mayo de 2025 para alinearse con las condiciones técnicas de uso definidas por la CEPT. Esto ha hecho que no se soliciten permisos en la banda de frecuencias [39].

2.2.11 Polonia

La Oficina de Comunicaciones Electrónicas (UKE, por sus siglas en polaco) de Polonia otorgó el 23 de diciembre de 2020 una licencia de espectro en la banda de frecuencias de 410 MHz a la empresa Polkomtel para la implementación de servicios móviles y fijos [40]. La licencia consiste en el rango de frecuencias de 412.5 - 415 MHz pareado con 422.5 - 425 MHz en configuración de Duplexación por División de Frecuencia (FDD, por sus siglas en inglés) para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2035 [40]. La licencia obliga a Polkomtel a proporcionar servicios como voz, transmisión de paquetes de datos, mensajes de texto directos o difundidos, llamadas grupales, creación de grupos de usuarios cerrados, acceso a llamadas de emergencia, conexiones directas a redes públicas y priorización de llamadas, entre otros [40]; lo cual muestra que se trata de comunicaciones enfocadas en seguridad pública y misión crítica.

El uso de la banda de frecuencias de 410 MHz en Polonia es tecnológicamente neutral, razón por la cual el regulador ha establecido que se pueden utilizar señales radioeléctricas principalmente de las tecnologías TETRA, Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, por sus siglas en inglés), LTE e Internet de las Cosas de Banda Estrecha (NB-IoT, por sus siglas en inglés). No obstante, se pueden utilizar otro tipo de señales radioeléctricas siempre y cuando sean compatibles con las 4 tecnologías mencionadas anteriormente [41]. Adicionalmente, se ha establecido que la PRA máxima para las estaciones base que funcionen con hasta 25 kHz de ancho de banda no puede superar los 44 dBm y para las estaciones base que funcionen con más de 200 kHz de ancho de banda no se pueden superar los 63 dBm aplicando un factor de corrección de $10 \times \log(AB^{10}/5)$ [41].

2.2.12 Suecia

La Agencia de Correos y Telecomunicaciones (PTS, por sus siglas en sueco) de Suecia designó porciones de las bandas de frecuencias de 3.5 y 26 GHz para la implementación de redes privadas de cobertura local [42]. Las condiciones de uso del espectro de la banda de frecuencias de 3.5 GHz son [42] [43] [44]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- El rango de frecuencias permitido es 3720 - 3800 MHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 MHz.
- Uso del espectro en canalizaciones TDD.

¹⁰ Ancho de banda en MHz.

- Las redes privadas deben usar la configuración de sincronización entre enlaces seleccionada por los asignatarios del rango de frecuencias de 3400 - 3720 MHz. Se pueden seleccionar otras configuraciones de sincronización, sin embargo, las redes privadas deben adoptar medidas para prevenir interferencias perjudiciales sobre el rango de frecuencias de 3400 - 3800 MHz (e.g. bandas de guarda, atenuación de paredes y techos, etc).
- Los permisos son de cobertura local claramente definida (i.e. polígono de cobertura).
- La Potencia Radiada Total (TRP, por sus siglas en inglés) de las estaciones base no debe exceder 38 dBm por celda o sector.
- La TRP de las estaciones terminales está limitada a 28 dBm
- Emisiones fuera de banda limitadas a una densidad espectral de PIRE de -40 dBm por cada 5 MHz desde el borde hasta 5 MHz por fuera del canal, a -43 dBm por cada 5 MHz desde 5 MHz hasta 10 MHz por fuera del canal y a -43 dBm por cada 5 MHz a más de 10 MHz por fuera del canal.
- Revocación del permiso de uso del espectro si no se inicia y mantiene el uso dentro de los 6 meses siguientes a su asignación.
- No se toma una medida respecto a las posibles interferencias sobre los radioaltímetros, sin embargo, se advierte sobre el riesgo y los estudios que se encuentra realizando el ECC de la CEPT.
- Los permisos de uso del espectro se otorgan hasta por cinco años con fecha máxima de 31 de diciembre de 2032.
- El cobro de la contraprestación anual por el uso del espectro corresponde a 570 Coronas Suecas (SEK) por cada 10 MHz.

Las condiciones de uso del espectro de la banda de frecuencias de 26 GHz son [42] [44] [45]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- El rango de frecuencias permitido es 24.25 - 25.25 GHz.
- En la banda de frecuencias de 24.25 - 24.7 GHz solo está permitido el uso en interiores.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 MHz.
- Uso del espectro en canalizaciones TDD.
- Las redes privadas deben usar la configuración de sincronización entre enlaces seleccionada por los asignatarios futuros de la banda de frecuencias de 25.1 - 27.5 GHz.
- Los permisos son de cobertura local claramente definida (i.e. polígono de cobertura).
- La densidad espectral de TRP de las estaciones base no debe exceder 23 dBm por cada 200 MHz en cada celda o sector.

- La TRP de las estaciones terminales está limitada a 28 dBm
- Emisiones fuera de banda limitadas a una densidad espectral de TRP de 12 dBm por cada 50 MHz desde el borde hasta 50 MHz por fuera del canal y a 4 dBm por cada 50 MHz a más de 50 MHz por fuera del canal.
- Revocación del permiso de uso del espectro si no se inicia y mantiene el uso dentro de los 6 meses siguientes a su asignación.
- Los permisos de uso del espectro se otorgan hasta por cinco años con fecha máxima de 31 de diciembre de 2032.
- El cobro de la contraprestación anual por el uso del espectro corresponde a 285 SEK por cada 50 MHz.

2.2.13 Reino Unido

La Oficina de Comunicaciones del Reino Unido (Ofcom) designó porciones de las bandas de frecuencias de 3.5 y 26 GHz para el uso de redes privadas con el fin de fomentar la innovación de los sectores productivos, permitir nuevos usos del espectro y satisfacer las necesidades locales de conectividad inalámbrica debidas al creciente interés de uso de tecnologías móviles de última generación por parte de usuarios no convencionales [46].

Las condiciones de uso de la banda de frecuencias de 3.5 GHz son [46] [47]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- El rango de frecuencias permitido es 3805 - 4195 MHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 MHz.
- Uso del espectro en canalizaciones TDD.
- Los permisos son de cobertura local delimitada y se distingue entre permiso de baja potencia y permiso de media potencia. El primero corresponde a una ubicación geográfica delimitada a un radio de 50 m en donde se pueden instalar diferentes estaciones, mientras que el segundo corresponde a una ubicación geográfica en donde puede funcionar una única estación base.
- La altura de la antena de las estaciones de los permisos de baja potencia, ubicadas en exteriores, y de los permisos de media potencia en áreas urbanas está limitada a 10 m sobre el nivel del suelo, sin embargo, Ofcom puede estudiar casos especiales para los permisos de media potencia.
- La PIRE de las estaciones de los permisos de baja potencia y de media potencia está limitada a 24 y 42 dBm respectivamente para anchos de banda de 10 y 20 MHz; mientras que para anchos de banda mayores a 20 MHz la densidad espectral de PIRE está limitada a 18 y 36 dBm por cada 5 MHz respectivamente.

- La TRP de las estaciones terminales móviles está limitada a 28 dBm. La PIRE de las estaciones terminales fijas está limitada a 28 dBm para los permisos de baja potencia y a 35 dBm por cada 5 MHz para los permisos de media potencia.
- No se establece una configuración de sincronización entre enlaces, los usuarios de redes privadas deben tomar medidas para resolver los conflictos de interferencias.
- Emisiones fuera de banda limitadas a una densidad espectral de PIRE de -40 dBm por cada 5 MHz desde el borde hasta 5 MHz por fuera del canal, a -43 dBm por cada 5 MHz desde 5 MHz hasta 10 MHz por fuera del canal y a -43 dBm por cada 5 MHz a más de 10 MHz por fuera del canal.
- Los permisos de media potencia no se permiten en Londres, sin embargo, Ofcom puede estudiar casos especiales.
- El cobro de la contraprestación anual por el uso del espectro corresponde a 80 libras esterlinas por cada 10 MHz y se planea incrementar este valor a 160 libras cuando se trate de permisos de media potencia en áreas urbanas.
- La banda de frecuencias es utilizada además por estaciones de sistemas fijos por satélite, enlaces fijos punto a punto y sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (FWA, por sus siglas en inglés). En general todos los despliegues en la banda son coordinados técnicamente por Ofcom por orden de llegada para no causar interferencias indebidas entre usuarios.

Las condiciones de uso de la banda de frecuencias de 26 GHz son [46] [47]:

- El mecanismo de asignación es primer llegado primer servido.
- El rango de frecuencias permitido es 24.25 - 26.5 GHz.
- Las asignaciones se otorgan con anchos de banda de 50, 100 y 200 MHz.
- Uso del espectro en canalizaciones TDD.
- Los permisos son de cobertura local delimitada con permiso de baja potencia, el cual corresponde a una ubicación geográfica delimitada a un radio de 50 m en donde se pueden instalar diferentes estaciones.
- Solo se permite el uso en interiores.
- La densidad espectral de TRP de las estaciones base está limitada a 23 dBm por cada 200 MHz.
- La TRP de las estaciones terminales móviles y la PIRE de las estaciones terminales fijas están limitadas a 23 dBm.
- Emisiones fuera de banda limitadas a una densidad espectral de TRP de 12 dBm por cada 50 MHz desde el borde hasta 50 MHz por fuera del canal y a 4 dBm por cada 50 MHz a más de 50 MHz por fuera del canal.
- No se establece una configuración de sincronización entre enlaces.
- El cobro de la contraprestación anual por el uso del espectro corresponde a 320 libras esterlinas sin importar el ancho de banda asignado.



- Los permisos de uso del espectro se otorgan indefinidamente siempre y cuando se paguen las tarifas anuales y no se incumplan los términos. Ofcom puede revocar los permisos si no se inicia y mantiene su uso después de 6 meses de otorgados, por razones de gestión del espectro con intención de destinar la banda para otros usos o si se causan interferencias a otros usuarios y no se coopera para resolverlas.

A abril de 2025 el Reino Unido había otorgado 809 permisos de uso del espectro para redes privadas en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, distribuidas especialmente en los sectores de Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información, Automotriz y la Academia [48]. Respecto a la banda de frecuencias de 26 GHz, se han otorgado 8 permisos para varias empresas del sector de telecomunicaciones [48].

2.2.14 República Checa

Nordic Telecom System, operador móvil que provee servicios de telecomunicaciones en la República Checa, posee una licencia de espectro en la banda de frecuencias de 410 MHz a través de la cual ha implementado una red LTE enfocada en comunicaciones críticas, banda de frecuencias que la misma empresa utilizaba anteriormente en tecnología CDMA2000 entre los años 2007 y 2017 [49]. A pesar de que Nordic Telecom System opera principalmente redes comerciales, la red LTE de 410 MHz se centra en cobertura geográfica y no en cobertura de población ya que ofrece servicios de comunicaciones IoT y Máquina a Máquina (M2M, por sus siglas en inglés) de alto nivel de disponibilidad y capacidad dedicada para usuarios de misión crítica como organizaciones de seguridad pública (e.g. policía, bomberos y servicios médicos de emergencia, entre otros) y empresas de servicios públicos (e.g. energía eléctrica, agua y transporte, entre otros) [49].

Actualmente Nordic Telecom System tiene un espectro asignado de 2x4.25 MHz en el cual se tiene implementada una portadora FDD de 3 MHz bajo la distribución de frecuencias de la Banda 87 del 3GPP [49]. Sin embargo, se planea realizar una extensión de la licencia a un espectro de 2x5 MHz [49].

2.2.1 Países Bajos

La Autoridad Nacional de Infraestructura Digital de los Países Bajos, habilitó desde el 1 de diciembre de 2023 la asignación de licencias locales para redes privadas 5G en la banda de frecuencias de 3.5 GHz [60]. El mecanismo de asignación para dichos permisos consiste en primer llegado, primer servido. Los rangos de frecuencias habilitados corresponden a 3.400–3.450 MHz y 3.750–3.800 MHz, correspondientes a dos bloques de 50 MHz reservados para uso local



por empresas e instituciones, separados del bloque de 300 MHz destinado a los operadores móviles nacionales.

La vigencia de los permisos otorgados es hasta el 31 de diciembre de 2040, así mismo, las empresas pueden aplicar de forma individual o conjunta a los permisos y están sujetas a una obligación de cooperación mutua para evitar interferencias con licenciarios adyacentes. La contraprestación anual se determina conforme a la Regeling vergoedingen Telecommunicatiewet (Reglamento de tarifas de la Ley de Telecomunicaciones), cuyos montos se verifican directamente con la RDI en el momento de la solicitud.

2.2.2 Canadá

Innovation, Science and Economic Development Canada (ISED) publicó en mayo de 2023 la decisión SPB-001-23, que establece el marco de Licencias Locales No Competitivas (NCL — Non-Competitive Local Licensing) para redes privadas 5G [61]. El mecanismo de asignación es primer llegado, primer servido, gestionado mediante un sistema de licenciamiento automatizado. El rango de frecuencias iniciales destinada para redes privadas es 3.900–3.980 MHz, ofrecida en ocho bloques no pareados de 10 MHz, compatible con la banda n77 del 3GPP.

Las asignaciones se otorgan para áreas geográficas definidas por polígonos vectoriales. Se contemplan dos tipos de permiso: baja potencia, con área máxima de 15 km², disponible en todas las geografías; y potencia media, con área entre 75 y 165 km², disponible únicamente en zonas rurales y remotas. El límite de espectro por licenciario es de 20 MHz en cualquier área geográfica, y los grandes operadores con más de 100.000 suscriptores no pueden operar en los 40 MHz superiores de la banda (3.940–3.980 MHz).

El cobro de la contraprestación anual sigue la fórmula: tarifa base (CAD\$/MHz/km²) multiplicada por los MHz asignados y el área de la licencia en km². Las tarifas base aprobadas mediante el Orden SPB-003-23 son de CAD \$1,80/MHz/km² para áreas metropolitanas y urbanas, CAD \$0,45/MHz/km² para áreas rurales y CAD \$0,01/MHz/km² para áreas remotas, con una tarifa mínima de CAD \$48 por licencia al año. Las licencias se otorgan por un año con renovación anual el 31 de marzo, sujeta a demostración de despliegue [62].

2.2.3 Suiza

La Oficina Federal de Comunicaciones (BAKOM — Bundesamt für Kommunikation) de Suiza habilitó desde el 1 de enero de 2024 el rango de frecuencias de 3.400–3.500 MHz para redes privadas 5G de campus, denominadas internamente 'campus networks' [63]. El mecanismo de

asignación es primer llegado, primer servido; si se presentan múltiples solicitudes para la misma área, los recursos de frecuencias pueden dividirse entre los solicitantes. Las asignaciones se otorgan en bloques mínimos de 10 MHz en canalizaciones TDD para áreas limitadas y claramente definidas, sin posibilidad de despliegues de cobertura metropolitana y la PIRE de las estaciones base está limitada a 6 W.

La contraprestación por el uso del espectro es de CHF 48 por MHz al año, con un mínimo de 480 francos suizos (CHF) por campus, correspondiente al bloque mínimo de 10 MHz. La tarifa es plana y no varía según el área ni la densidad poblacional de la zona. Las frecuencias de campus únicamente pueden utilizarse para redes terrestres; no se permite su uso para comunicaciones por satélite.

En la Tabla 10 anexa al presente documento se presenta un resumen con los aspectos más relevantes de cada uno de los países analizados en la presente numeral.

2.3 BANDAS DE FRECUENCIAS

A continuación, se presenta una descripción de las bandas de frecuencias de 410 MHz, 900 MHz, 3.5 GHz y 26 GHz; así como sus atribuciones, planificaciones, sistemas incumbentes, condiciones de convivencia y plan de banda recomendado para habilitar el uso de redes privadas.

2.3.1 410 MHz

El 3GPP ha definido dos arreglos de frecuencias en la banda de frecuencias de 410 MHz para la tecnología LTE [50], los cuales se pueden observar en la Tabla 1, las dos en configuración FDD.

Tabla 1. Bandas 3GPP para LTE en banda de frecuencias de 410 MHz.

Banda de operación E-UTRA	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	F _{UL_baja} - F _{UL_alta}	F _{DL_baja} - F _{DL_alta}	
87	410 - 415 MHz	420 - 425 MHz	FDD
88	412 - 417 MHz	422 - 427 MHz	FDD

Fuente: adaptado de [50].



Adicionalmente, el 3GPP ha establecido que las tecnologías inalámbricas de baja potencia denominadas como NB-IoT, también conocida como LTE categorías NB1 y NB2, y Comunicación Tipo Máquina de Evolución a Largo Plazo (LTE-M, por sus siglas en inglés), específicamente para sus categorías M1 y M2, pueden operar en las bandas 87 y 88 del 3GPP [50].

Por otro lado, la Alianza 450 MHz es una asociación de la industria de telecomunicaciones que representa a los actores interesados en la banda de frecuencias de 380 - 470 MHz. Los miembros de esta asociación incluyen empresas tradicionales de la industria inalámbrica, operadores de servicios de telecomunicaciones y fabricantes de equipos. Esta alianza apoya la implementación de LTE en configuración FDD en las bandas de frecuencias de 410 MHz, es decir, Bandas 87 y 88 del 3GPP; esto en razón a que permite menores costos de implementación al requerir menos estaciones base para proveer cobertura, mayor penetración en edificios que hacen las redes más robustas en zonas urbanas y mejor cobertura en bosques densos que la hacen óptima para prestar servicios en zonas rurales [51].

2.3.1.1 Atribución y planificación

El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) atribuye a título primario para los servicios de radiocomunicación fijo y móvil, salvo móvil aeronáutico, el rango de frecuencias comprendido entre 410 y 430 MHz. Adicionalmente, existe una atribución a título primario al servicio de investigación espacial (segmento espacio - espacio) para el rango de frecuencias de 410 - 420 MHz y una atribución a título secundario al servicio de radiolocalización en el rango de frecuencias de 420 - 430 MHz.

Figura 2. Atribución de la banda de frecuencias de 410 MHz en Colombia.

406,1-410 MHz	FUJO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	RADIOASTRONOMÍA
410-420 MHz	FUJO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-espacio)
420-430 MHz	FUJO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	Radiolocalización
430-432 MHz	AFICIONADOS		RADIOLOCALIZACIÓN

Fuente: Extraído del aplicativo web del CNABF de la ANE.

En cuanto a la planificación del espectro, en Colombia la banda de frecuencias de 410 MHz se encuentra destinada al funcionamiento de sistemas LMR y sistemas inalámbricos fijos digitales. El CNABF establece 5 planes de distribución de canales y un plan de banda para la implementación de sistemas de radiocomunicaciones de los servicios fijo y móvil, expresados en las tablas 5 a la 11 de dicho cuadro, las cuales pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Planes de distribución de frecuencias del CNABF en la banda de frecuencias de 410 MHz.

Tabla CNABF	Rango de frecuencias bajo (MHz)		Rango de frecuencias alto (MHz)		Ancho de banda (MHz)	Canales	Uso
5	406.1	412.75	423.05	429.7	0.05	133	Sistemas inalámbricos fijos digitales
6	406.1	412.7	423.05	429.65	0.1	66	Sistemas inalámbricos fijos digitales
7	406.1	412.75	423.05	429.65	0.15	44	Sistemas inalámbricos fijos digitales
8	406.1	412.7	423.05	429.65	0.2	33	Sistemas inalámbricos fijos digitales

Tabla CNABF	Rango de frecuencias bajo (MHz)		Rango de frecuencias alto (MHz)		Ancho de banda (MHz)	Canales	Uso
9	406.105	412.605	423.055	429.555	0.25	26	Sistemas inalámbricos fijos digitales
10	406.1	412.7	423.1	429.7	0.6	11	Sistemas inalámbricos fijos digitales
11	412	420	422	430	-	-	Sistemas de acceso troncalizado

Fuente: Elaboración propia con información del CNABF.

Por otro lado, la Resolución 105 de 2020 de la ANE establece que algunas porciones de la banda de frecuencias de 410 MHz pueden ser usadas por aplicaciones de radiocomunicaciones que funcionen bajo la modalidad de uso libre del espectro radioeléctrico. Estas aplicaciones son: Dispositivos de telemetría biomédica, señales intermitentes de control, telemetría y telecontrol inalámbricos y transmisiones periódicas. El resumen de las aplicaciones, los rangos de frecuencias y las condiciones técnicas y operativas se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Aplicaciones permitidas para funcionar bajo la modalidad de uso libre del espectro en la banda de frecuencias de 410 MHz.

Aplicación permitida	Rangos de frecuencias (MHz)	Condiciones técnicas y operativas
Dispositivos de telemetría biomédica	420.05 - 421.0375 424.4875 - 425.975 429.25 - 429.7375	PIRE de máximo 1.6 mW
Señales intermitentes de control	410 - 470	Intensidad de campo eléctrico de máximo 3750 a 12500 uV/m (interpolado linealmente con el rango de frecuencias de 260 - 470 MHz), medida a 3 m.
Telemetría y telecontrol inalámbricos	426.025 - 426.1125 429.175 - 429.7375 429.8125 - 429.925	PIRE de máximo 16 mW
Transmisiones periódicas	410 - 470	Intensidad de campo eléctrico de máximo 1500 a 5000 uV/m (interpolado linealmente con el rango de frecuencias de 260 - 470 MHz), medida a 3 m.

Fuente: adaptado de [52].

Finalmente, es importante recalcar a manera de referencia que el espectro de la banda de frecuencias de 410 MHz no se encuentra incluido en la normatividad colombiana para la operación de las IMT.



2.3.1.2 Sistemas incumbentes

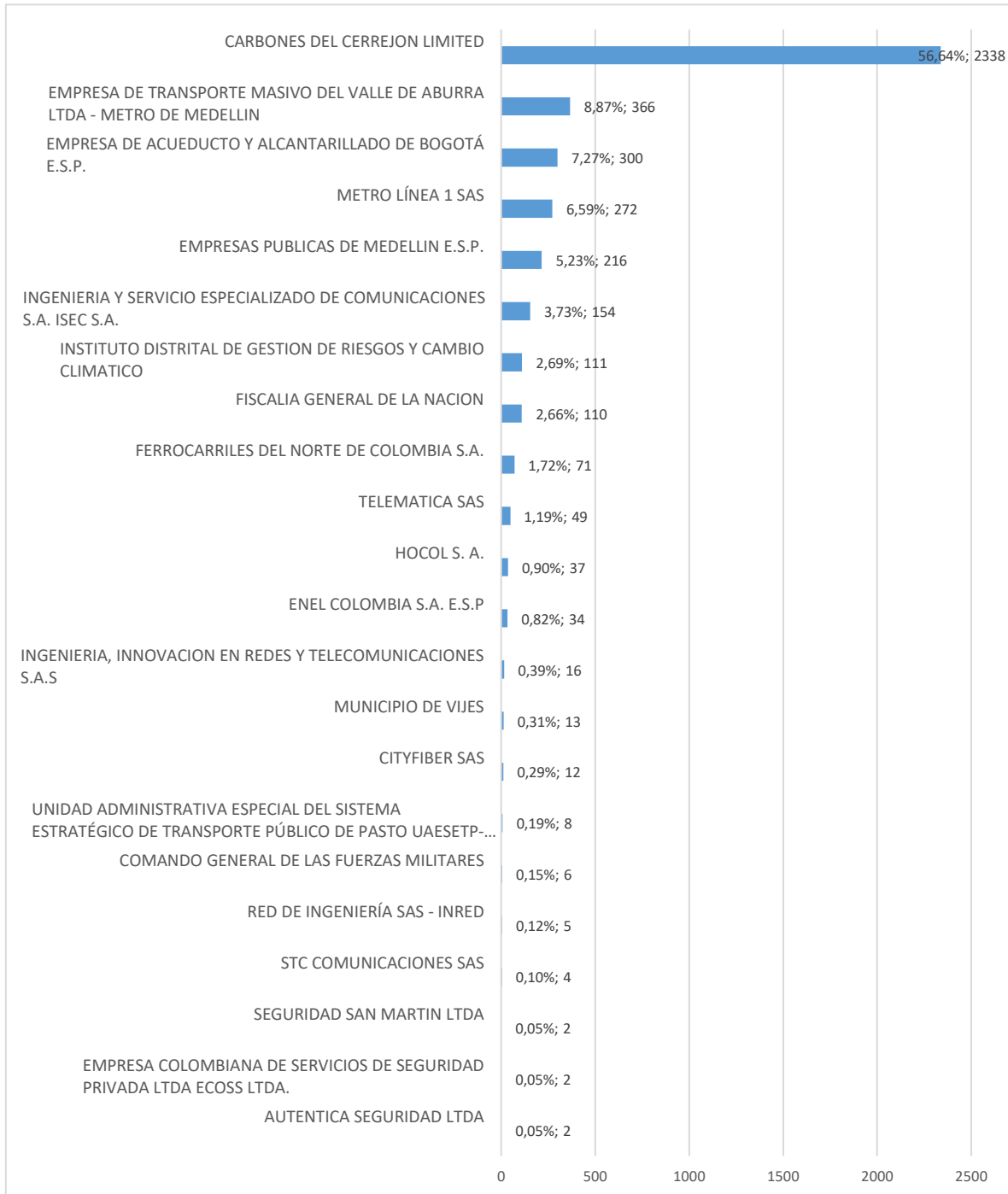
Si bien existe atribución a diferentes servicios de radiocomunicación en la banda de frecuencias de 410 MHz, así como la posibilidad de implementar distintos usos del espectro como se mencionó anteriormente, la ocupación de esta banda de frecuencias está representada solo por sistemas LMR, principalmente de acceso troncalizado.

La ANE evidenció la presencia de 25 Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) y un total de 4128¹¹ asignaciones a estaciones de LMR en el territorio nacional colombiano. Entre estos PRST se destacan: Carbones del Cerrejón con 51.08%, el Metro de Medellín con 8%, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá con 6.55% y las Empresas Públicas de Medellín (EPM) con 4.83% de las asignaciones vigentes. La distribución completa de las asignaciones por PRST en la banda de frecuencias de 410 MHz puede observarse en la Figura 3, mientras que su distribución geográfica se expone en la Figura 4. Con dicha distribución, se evidencia que la mayor ocupación de la banda se encuentra en el departamento de La Guajira, lugar en el que se encuentra localizada la operación de Carbones del Cerrejón; otras concentraciones importantes de asignaciones de la banda se observan en Bogotá D.C., Medellín y Cali.

Respecto de la vigencia de los permisos de uso del espectro en esta banda de frecuencias, es importante mencionar que, la mayoría tienen fecha de vencimiento a finales de 2040, representados por el PRST con mayor número de asignaciones, y se observa un vencimiento de cerca del 20% hacia 2028 y del 30% hacia 2032 (ver Figura 5).

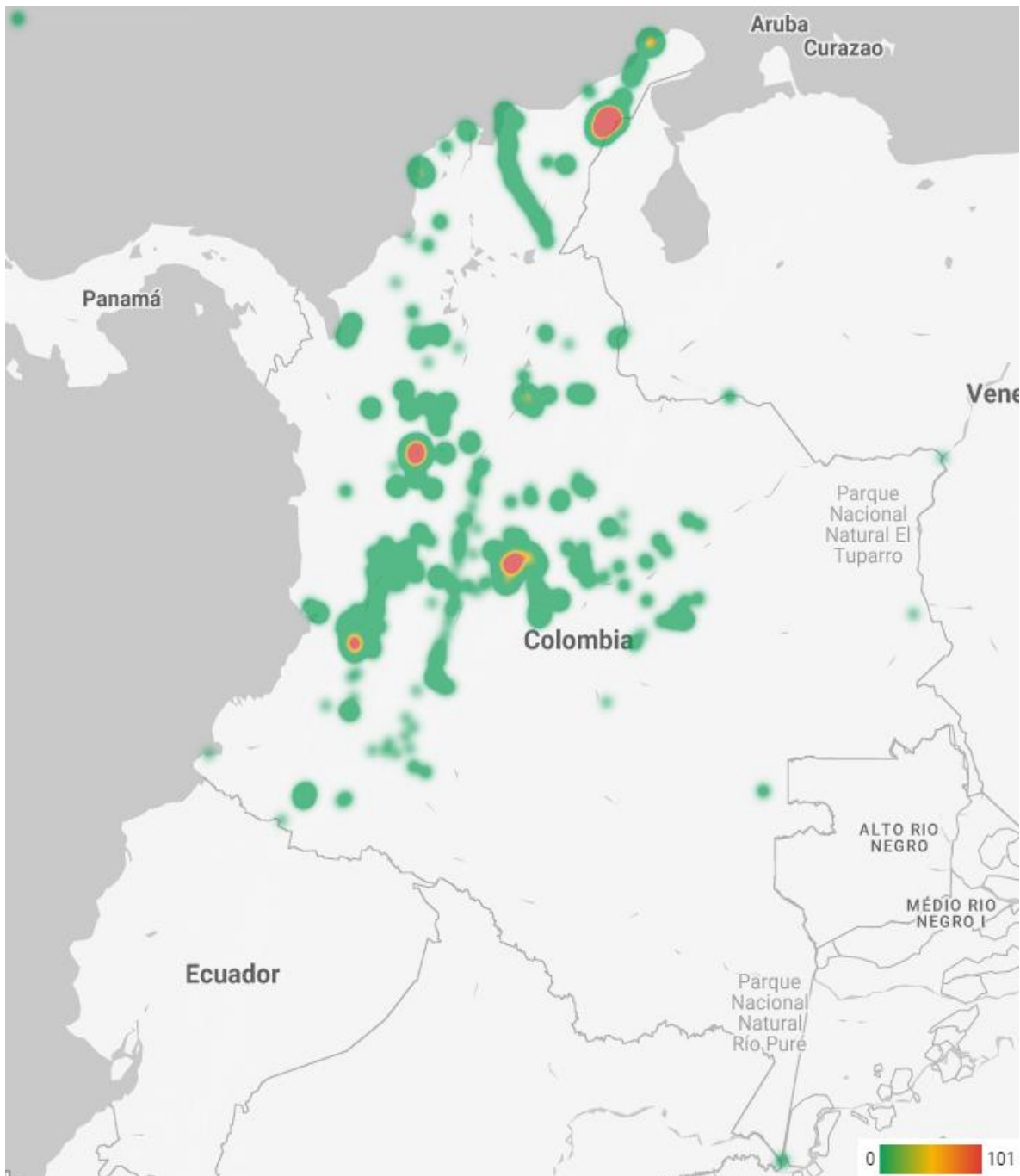
¹¹ Información consultada el 24/03/2026 en la base de datos del Visor de Espectro.

Figura 3. Distribución de asignaciones en 410 MHz por PRST.



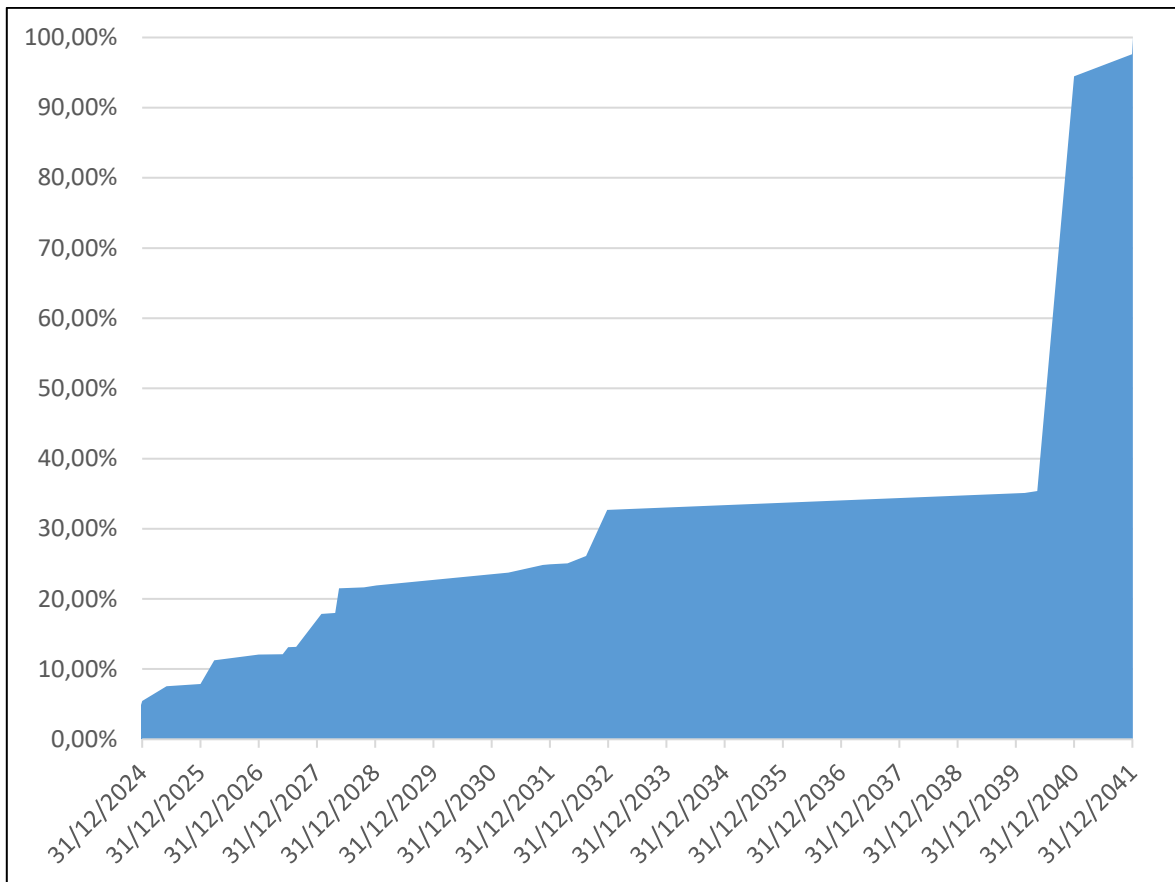
Fuente: Elaboración propia con información del Visor de espectro - marzo de 2026.

Figura 4. Mapa de calor de ubicación de estaciones LMR en 410 MHz.



Fuente: Elaboración propia con información del SGE.

Figura 5. Vencimiento de los permisos de LMR en 410 MHz.



Fuente: Elaboración propia con información del SGE.

Finalmente, cabe mencionar que el uso de la banda de frecuencias de 410 MHz para LMR se encuentra actualmente bloqueado, es decir, no se incluyó este espectro dentro de los PSO periódicos del 2024, 2025 y 2026 para otorgar nuevos permisos, esto debido a que no se presentaron solicitudes en años anteriores y como medida de prevención hasta no definir su uso futuro, toda vez que se evidenció su potencial nuevo uso para tecnologías IMT.

2.3.1.3 Convivencia

En el año 2023 la ANE realizó un estudio de convivencia en la banda de frecuencias de 410 MHz con el apoyo de la Universidad ICESI¹². Dicho estudio

¹² Convenio especial de cooperación 119 de 2023 de la ANE, Contratista: Universidad ICESI, Objeto: Desarrollar el proyecto de investigación denominado "Análisis técnicos para la operación sin interferencias perjudiciales entre las redes de banda ancha inalámbrica y los sistemas de acceso troncalizado en tecnología TETRA en la banda de frecuencias de 420 MHz".



analizó los diferentes escenarios de interferencia entre sistemas LTE y sistemas LMR, especialmente de acceso troncalizado, y realizó simulaciones y pruebas de laboratorio para identificar las condiciones de coexistencia entre ambos sistemas de radiocomunicaciones.

Los resultados del estudio mostraron que para poder introducir tecnologías de IMT en la banda de frecuencias de 410 MHz sin que se produzcan interferencias perjudiciales hacia y desde los sistemas incumbentes, se requiere de una separación espectral de 2 MHz o una separación geográfica de 5 km entre las estaciones. Con estos resultados, sería posible lograr disponibilidad de espectro para los sistemas IMT en ciertas zonas del país y utilizar la banda con un acceso compartido manteniendo los permisos de los sistemas incumbentes.

Sin embargo, el mismo estudio concluye que, estas condiciones permitirían la introducción de los sistemas IMT en la banda de frecuencias y que los mismos usuarios incumbentes podrían estar interesados en implementar estos sistemas para satisfacer sus nuevos requerimientos de comunicaciones, por lo cual podría irse presentando una migración paulatina de los sistemas de acceso troncalizado hacia sistemas IMT por iniciativa propia de los usuarios. Un ejemplo de ello es EPM, quien posee permisos de acceso troncalizado en la banda de frecuencias de 410 MHz y al mismo tiempo durante el año 2025 realizó pruebas de sistemas LTE en esta banda de frecuencias a través de un permiso de uso del espectro para pruebas basado en la Resolución 467 de 2020 del MinTIC, modificada por la Resolución 2328 de 2022.

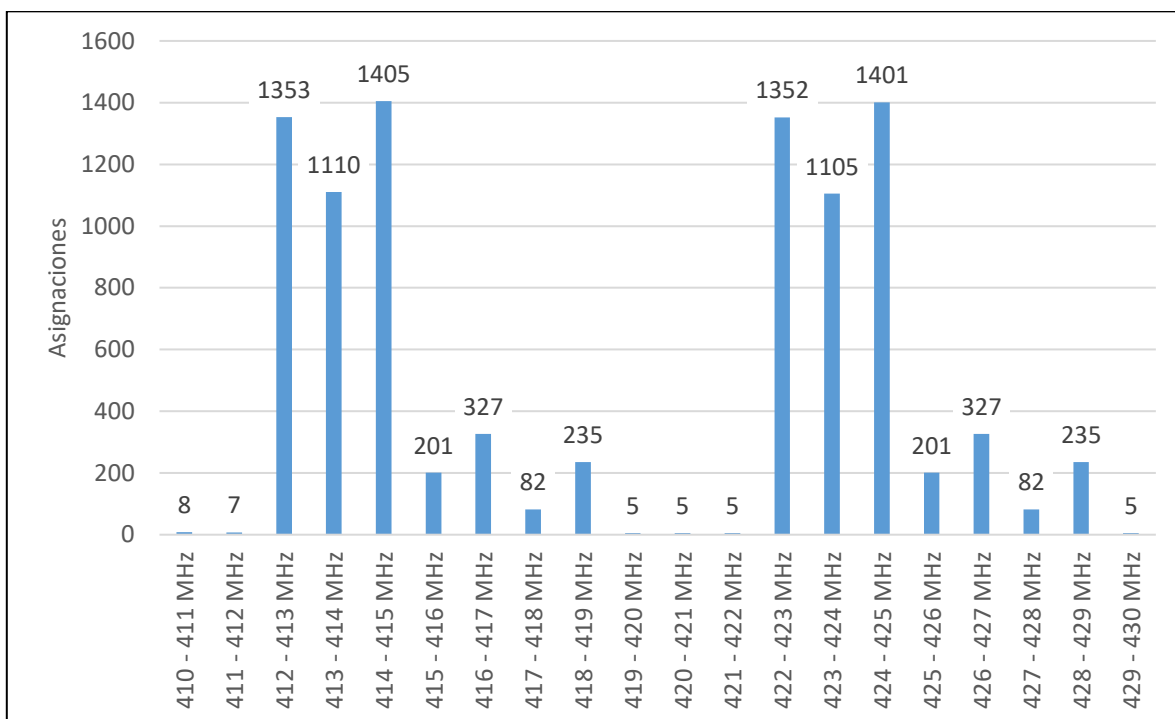
En línea con lo anterior, se considera viable y conveniente permitir la operación simultánea de los sistemas LMR e IMT en la banda de 410 MHz, de conformidad con las condiciones técnicas definidas por el estudio de convivencia realizado para dicha banda. Asimismo, se estima pertinente establecer un período prudencial que permita la migración gradual de los sistemas de acceso troncalizado hacia sistemas IMT en esta banda de frecuencias, sin afectar los permisos vigentes. Esto con el fin de que los usuarios puedan aprovechar las inversiones realizadas en sus sistemas de comunicaciones, evitando incurrir en costos adicionales de migración.

En este sentido, y con base en la información presentada en la Figura 5, se propone como fecha límite el 31 de diciembre de 2041 para la renovación o el otorgamiento de nuevos permisos para sistemas LMR en la banda de 410 MHz, fecha hasta la cual operarían de manera simultánea las asignaciones para redes privadas y los sistemas LMR.

2.3.1.4 Plan de banda

La distribución espectral de los permisos de uso de la banda de 410 MHz muestra un uso alto de los rangos de frecuencias de 412 - 415 MHz y 422 - 425 MHz; un uso moderado de los rangos de frecuencias de 415 - 419 MHz y 425 - 429 MHz; y un uso bajo de los rangos de frecuencias de 410 - 412 MHz, 419 - 422 MHz y 429 - 430 MHz (ver Figura 6). Tanto la banda 87 como la 88 del 3GPP utilizan los rangos de frecuencias con altos números de asignaciones, sin embargo, solo la banda 87 incluye los rangos de frecuencias donde se observa un bajo número de asignaciones, lo cual implicaría menor riesgo de producir interferencias perjudiciales entre sistemas LMR e IMT. Esto significa que, para obtener mayor disponibilidad del espectro para redes privadas es conveniente seleccionar la banda 87 del 3GPP como plan de banda para habilitar este nuevo uso del espectro. Esta distribución se puede observar en la Figura 6).

Figura 6. Distribución espectral de asignaciones en 410 MHz.



Fuente: Elaboración propia con información del SGE.

2.3.2 900 MHz

A nivel internacional los rangos de frecuencias comprendido entre 880 - 915 y 925 - 960 MHz, son conocidos como banda de 900 MHz o banda 8 del 3GPP. Para dicha banda, este organismo ha definido un solo arreglo de frecuencias para la tecnología LTE [50] en configuración FDD, el cual se pueden observar en la Tabla 4.

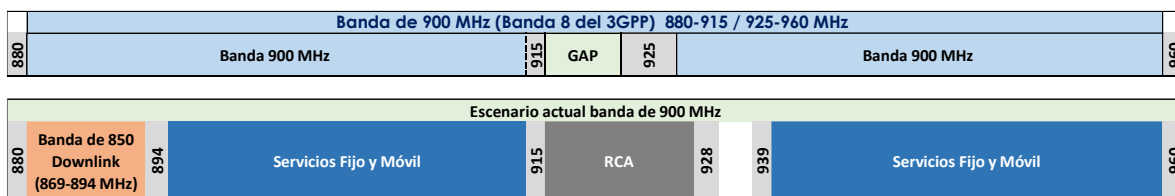
Tabla 4. Banda 3GPP para LTE en la banda de frecuencias de 900 MHz.

Banda de operación E-UTRA	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	$F_{UL_baja} - F_{UL_alta}$	$F_{DL_baja} - F_{DL_alta}$	
8	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz	FDD

Fuente: Adaptado de [53].

En lo que respecta a Colombia, la banda de 900 MHz presenta un escenario distinto, ya que parte de esta se solapa con la banda 5 del 3GPP que comprende los rangos de frecuencia de 824 - 849 y de 869 -894 MHz. En la Figura 7 se observa una comparación entre la banda de 900 MHz del 3GPP y su actual atribución en Colombia.

Figura 7. Comparación entre la banda 8 del 3GPP y la distribución actual para esta en Colombia.



Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1 Atribución y planificación

En el CNABF el rango 894 - 960 MHz ha sido segmentado en siete rangos de frecuencias atribuidos de la siguiente manera:

- Los rangos de 894 - 902 MHz y 928 - 942 MHz se encuentran atribuidos a título primario a los servicios Fijo y Móvil, salvo móvil aeronáutico y a título secundario a Radiolocalización

- De 942 - 960 MHz se encuentra atribuido a título primario a los servicios Fijo y Móvil
- Los rangos de 902 - 905 MHz y 908 - 915 MHz están atribuidos a título primario a los servicios Fijo y Móvil Terrestre y a título secundario a Aficionados
- De 915 - 928 MHz se encuentra atribuido a título primario al servicio Fijo y a título secundario a Móvil, salvo móvil aeronáutico, Aficionados y Radiolocalización.
- Y el rango de 905 - 908 MHz se encuentra atribuido a título primario al servicio Fijo y Móvil Terrestre y a título secundario a Aficionados y Radiolocalización

La atribución completa de los rangos de frecuencias de 894 - 960 MHz puede observarse en la Figura 8.

Figura 8. Atribución de la banda de frecuencias de 900 MHz en Colombia.

890-902 MHz	FUJO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	Radiolocalización
902-905 MHz	FUJO	MÓVIL TERRESTRE	Aficionados
905-908 MHz	FUJO	MÓVIL TERRESTRE	Aficionados
908-915 MHz	FUJO	MÓVIL TERRESTRE	Aficionados
915-928 MHz	FUJO	Aficionados	Móvil salvo móvil aeronáutico
928-942 MHz	FUJO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	Radiolocalización
942-960 MHz	FUJO	MÓVIL	

Fuente: Extraído del aplicativo web del CNABF de la ANE

En relación con la planificación del espectro, en Colombia los rangos de frecuencia 896 - 915 y 941 - 960 de la banda de 900 MHz se encuentran destinados al funcionamiento de sistemas de radiocomunicaciones para los servicios Fijos y Móviles. Para ello, se estableció en el CNABF un plan de banda, reflejado en la tabla 15 A, el cual se transcribe en la Tabla 5.

Tabla 5 Plan de banda establecido para la banda de frecuencias de 900 MHz

TABLA 15A. PLAN DE BANDA PARA SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES Y FIJOS BANDA DE 900 MHz

Rango de frecuencias		Ancho de banda permitido	Modo de uso
"Up-link"	"Down-link"	1.4,3,5,10 y 15 MHz	Configuración FDD
896 - 915 MHz	941 - 960 MHz		

Fuente: Adaptado del aplicativo web del CNABF de la ANE.

Así mismo, la canalización para estos rangos de frecuencia establece en su parágrafo 1 que, *"en caso de presentarse interferencias perjudiciales producidas por sistemas de radiocomunicaciones que operan en la banda de 850 MHz, el asignatario de espectro en la banda de 900 MHz deberá implementar todas las medidas de protección necesarias para minimizar el impacto de dichas emisiones"*.

Por otro lado, la UIT en el reglamento de radiocomunicaciones, mediante la nota 5.150, adoptada en el CNABF, establece una porción de la banda de frecuencias de 900 MHz (902 - 928 MHz) para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) para la Región 2.

"(...)5.150 Las bandas:

*13 553-13 567 kHz (frecuencia central 13 560 kHz),
26 957-27 283 kHz (frecuencia central 27 120 kHz),
40,66-40,70 MHz (frecuencia central 40,68 MHz),
902-928 MHz en la Región 2 (frecuencia central 915 MHz),
2 400-2 500 MHz (frecuencia central 2 450 MHz),
5 725-5 875 MHz (frecuencia central 5 800 MHz) y
24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz)*

están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Los equipos ICM que funcionen en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones del número 15.13(...)"

Finalmente, la Resolución 105 de 2020 de la ANE establece el funcionamiento de aplicaciones de radiocomunicación bajo la modalidad de uso libre del espectro en el rango de frecuencias comprendido entre 915 - 960 MHz, bajo las condiciones técnicas específicas definidas en el Título 4 y en el Anexo 1 de la citada resolución. El resumen de las aplicaciones, los rangos de frecuencias y algunas de las condiciones técnicas y operativas se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Aplicaciones permitidas para funcionar bajo la modalidad de uso libre del espectro en la banda de frecuencias de 915 - 960 MHz.

Aplicación permitida	Rangos de frecuencias (MHz)	Condiciones técnicas y operativas
Aplicaciones de radiocomunicaciones de corto alcance no específicas	915 - 928 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 50 mV/m, medida a 3 m
Dispositivos de salto en frecuencia, modulación digital o híbridos	915 - 928 MHz	Potencia máxima de salida conducida: • 1 W para dispositivos que emplean por lo menos 25 canales de saltos de frecuencia • 0.25 W para dispositivos que emplean menos de 25 y por lo menos 13 canales de saltos de frecuencia • 1 W para dispositivos que utilicen modulación digital
RFID	915 - 928 MHz	Potencia máxima de salida conducida: • 1 W para dispositivos que emplean por lo menos 25 canales de saltos de frecuencia. • 0.25 W para dispositivos que emplean menos de 25 y por lo menos 13 canales de saltos de frecuencia. • 1 W para dispositivos que utilicen modulación digital.
Sensores de perturbación de campo	915 - 928 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 500 mV/m, medida a 3 m
Teléfonos fijos inalámbricos	915 - 928 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 50 mV/m, medida a 3 m
Medición de características de materiales	915 - 939 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 500 μ V/m, medida a 30 m
Señales intermitentes de control	915 - 939 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 12.5 mV/m, medida a 3 m
Transmisiones periódicas	915 - 939 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 5000 μ V/m, medida a 3 m
Aplicaciones de radiocomunicaciones de corto alcance no específicas	928 - 960 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 200 μ V/m, medida a 3 m

Fuente: adaptado de [52].

2.3.2.2 Sistemas incumbentes

En relación con los usuarios incumbentes para la banda de 900 MHz, el MinTIC dentro de las recientes iniciativas planteó la asignación de permisos de uso del



espectro a comunidades organizadas y proveedores de internet residencial minorista en esta banda. Estas iniciativas fueron publicadas el 10 de abril de 2026¹³ para manifestación de interés de los diferentes actores.

En los citados borradores de los actos administrativos, se ordena dar inicio a dos tipos de PSO para otorgar permisos locales de uso del espectro en la banda de 900 MHz, el primero de ellos dirigido a Comunidades Organizadas de Conectividad, las cuales, para efectos del proceso, serían entidades sin ánimo de lucro, compuestas por grupos de personas que habitan en zonas rurales, apartadas o con necesidades sociales de conectividad; donde la oferta comercial de los operadores tradicionales es inexistente o deficiente, funcionando bajo un modelo de autogestión enfocado en cerrar la brecha digital en territorios vulnerables.

Para este propósito, el Ministerio planteó un segmento de frecuencia específico, que va de 897 a 902 MHz (subida) pareado con 942 a 947 MHz (bajada);, donde la comunidad podrá acceder a un bloque de 2x5 MHz, permitiendo implementar servicios de banda ancha, hasta para un máximo de 3000 accesos.

El segundo PSO está dirigido a los proveedores (ISPs), que prestan el servicio de internet fijo residencial minorista, estableciendo un umbral de participación exclusivo para proveedores que, al 30 de junio de 2025, contaran con menos de 30.000 accesos, buscando fortalecer a los pequeños y medianos prestadores locales.

Para tal fin, el MinTIC plantea destinar un bloque de 2x10 MHz por proveedor en los rangos de 902–912 MHz (subida) y 947–957 MHz (bajada), espectro que estaría disponible solo para municipios con niveles de desempeño "Incipiente", "Bajo" y "Limitado" según la clasificación que estableció la CRC mediante el anexo 4.9 de la Resolución 5050 de 2016, adicionado por la Resolución 7242 de 2023. En municipios de desempeño "Moderado", el uso se restringe exclusivamente a áreas rurales y centros poblados, excluyendo las cabeceras municipales. Las zonas con desempeño "Alto" quedan totalmente excluidas.

De acuerdo con lo expuesto en este numeral, las redes privadas en la banda de 900 MHz podrían tener como usuarios incumbentes, de acuerdo con su ubicación geográfica, a las Comunidades Organizadas de Conectividad y a los proveedores (ISPs) que prestan el servicio de internet fijo residencial minorista, situación que

¹³ Disponible en <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/433753:Interesados-en-prestar-el-servicio-de-telecomunicaciones-comunitario-pueden-manifestar-su-interes-en-permisos-de-uso-de-la-banda-de-900-MHz>



permitiría reusar el espectro para redes privadas como se planteó en las alternativas de solución al problema de los AIN.

Por otra parte, dentro de la consulta realizada en el aplicativo SGE¹⁴ se encontró un total de dieciséis permisos otorgados por el MinTIC a dos compañías para la realización de pruebas técnicas en la banda de 900 MHz. Dichos permisos tienen como objetivo verificar el despliegue y funcionamiento de sistemas de radiocomunicación para diferentes usos, entre ellos se destaca uno destinado a la implementación de redes privadas; respecto a la cobertura, dichos permisos tienen permitido funcionar en parte de los departamentos de Antioquia, Cauca y Valle del Cauca.

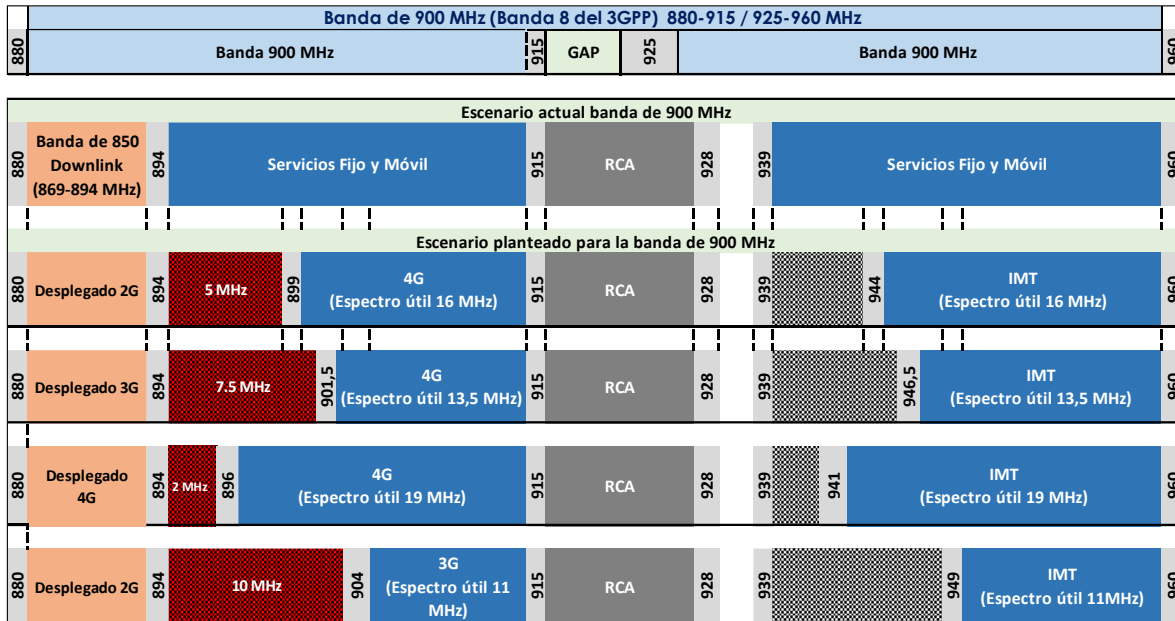
2.3.2.3 Convivencia

En 2021 la ANE contrató con la Universidad Pontificia Bolivariana, la realización de un estudio de convivencia que permitió determinar las medidas técnicas necesarias para la operación sin interferencias entre los sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha a desplegar en la banda de 900 MHz (894 - 915MHz), respecto a los sistemas de comunicaciones móviles actualmente desplegados en la banda de 850 MHz (869 - 894 MHz) y las aplicaciones de uso libre que operan en la banda 915 - 928 MHz.

Sobre las aplicaciones desplegadas en la banda adyacente de 850 MHz, el estudio determinó la necesidad de establecer respecto a la banda de 900 MHz, el empleo de una banda de guarda (que varía según las tecnologías involucradas) y la instalación de filtros. En la Figura 9 se plantean diferentes escenarios de banda de guarda en función de la tecnología, encontrándose que para el caso de un posible escenario de colocalización de una estación base LTE (uplink 894 MHz a 915 MHz) con una base LTE (downlink 881.5 MHz a 894 MHz) se tendría como resultado el establecimiento de una banda de guarda mínima de 2 MHz y la instalación de filtros.

¹⁴ Consulta realizada en Sistema de Gestión de Espectro el 3 de marzo de 2026

Figura 9. Banda de guarda requerida entre las bandas de 850 MHz y 900 MHz de acuerdo con las tecnologías desplegadas.



Fuente: ANE con información del estudio de convivencia elaborado por la UPB

Por otra parte, el estudio adelantado por la UPB determinó que las aplicaciones de uso libre desplegadas en el rango de frecuencias comprendido entre 915 y 928 MHz no generan ningún tipo de interferencia sobre las aplicaciones IMT de cuarta generación (4G) que pudiesen ser desplegadas en la banda de 900 MHz, siempre y cuando las emisiones de los dispositivos de uso libre cumplan con los parámetros técnicos establecidos en el Anexo 1 de la Resolución 105 expedida por la ANE.

2.3.2.4 Plan de banda

De acuerdo con la situación actual de la banda de frecuencias de 900 MHz en Colombia, la ANE considera apropiado permitir el uso de redes privadas en la parte de la banda 8 del 3GPP, es decir, en el rango de frecuencias de 896 – 915 y 941 - 960 MHz en configuración FDD, tal como se planteó en la Tabla 5.

2.3.3 3.5 GHz

El 3GPP ha definido cinco arreglos de frecuencias en la banda de frecuencias de 3.5 GHz para la tecnología LTE [50]. Adicionalmente, este organismo ha definido tres arreglos de frecuencias en la banda de frecuencias de 3.5 GHz para la tecnología NR [53]. Los arreglos de frecuencias se describen a continuación en la Tabla 7 y la Tabla 8. Por otro lado, el 3GPP ha establecido que las tecnologías

inalámbricas de baja potencia NB-IoT y LTE-M pueden operar en las bandas 42, 43, 48 del 3GPP [50].

Tabla 7. Bandas 3GPP para LTE en banda de frecuencias de 3.5 GHz.

Banda de operación E-UTRA	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	$F_{UL_baja} - F_{UL_alta}$	$F_{DL_baja} - F_{DL_alta}$	
22	3410 - 3490 MHz	3510 - 3590 MHz	FDD
42	3400 - 3600 MHz	3400 - 3600 MHz	TDD
43	3600 - 3800 MHz	3600 - 3800 MHz	TDD
48	3550 - 3700 MHz	3550 - 3700 MHz	TDD
52	3300 - 3400 MHz	3300 - 3400 MHz	TDD

Fuente: Adaptado de [50].

Tabla 8. Bandas 3GPP para NR en banda de frecuencias de 3.5 GHz.

Banda de operación NR	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	$F_{UL_baja} - F_{UL_alta}$	$F_{DL_baja} - F_{DL_alta}$	
48	3550 - 3700 MHz	3550 - 3700 MHz	TDD
77	3300 - 4200 MHz	3300 - 4200 MHz	TDD
78	3300 - 3800 MHz	3300 - 3800 MHz	TDD

Fuente: Adaptado de [53].

2.3.3.1 Atribución y planificación

El CNABF atribuye a título primario para los servicios de radiocomunicación fijo y móvil, salvo móvil aeronáutico, el rango de frecuencias comprendido entre 3300 y 4200 MHz, excepto para el rango de frecuencias de 3300 - 3400 MHz en el que la atribución al servicio fijo es a título secundario. Adicionalmente, existe atribución a título primario al servicio de radiolocalización para el rango de frecuencias de 3300 - 3400 MHz y al servicio fijo por satélite (espacio-Tierra)

para el rango de frecuencias de 3700 - 4200 MHz; y a título secundario al servicio de aficionados para el rango de frecuencias de 3300 - 3500 MHz.

Ahora bien, en adyacencia superior a la banda de frecuencias de 3.5 GHz existe atribución a título primario a los servicios móvil aeronáutico en ruta y radionavegación aeronáutica para el rango de frecuencias de 4200 - 4400 MHz. Toda la atribución de la banda se expone en la Figura 10.

Figura 10. Atribución de la banda de frecuencias de 3.5 GHz.

3100-3300 MHz	RADIOLOCALIZACIÓN	Exploración de la Tierra por satélite (activo)	Investigación espacial (activo)
3300-3400 MHz	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	RADIOLOCALIZACIÓN	Aficionados
3400-3500 MHz	FUO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	Aficionados
3500-3600 MHz	FUO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
3600-3700 MHz	FUO	MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
3700-4200 MHz	FUO	FUO POR SATELITE (espacio-Tierra)	MÓVIL salvo móvil aeronáutico
4200-4400 MHz	MÓVIL AERONÁUTICO (R)	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA	

Fuente: Extraído del aplicativo web del CNABF de la ANE

Respecto de la planificación del espectro, es importante recalcar que el rango de 3300 - 3700 MHz se encuentra incluido en la normatividad colombiana como banda de frecuencias establecida para la operación de las IMT en el artículo 1.7.1. de la Resolución 105 de 2020 de la ANE [52], lo cual fue plasmado también en el CNABF por medio de la nota nacional CLM 21 con base en las notas internacionales de atribución de la UIT 5.429D, 5.431B y 5.434. Adicionalmente, los más recientes estudios de proyección de disponibilidad futura de espectro para IMT¹⁵ han determinado que la banda de frecuencias de 3700 - 3800 MHz se destine para la futura operación de redes de cobertura nacional de los operadores móviles comerciales a partir del 2041.

¹⁵ Documento de consulta pública sobre las bandas identificadas en Colombia para el futuro desarrollo de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), ANE, septiembre de 2024, disponible en: https://www.ane.gov.co/Sliders/ANE%202024/Documento%20de%20Consulta%202024_%20Bandas%20IMT.pdf



Por otro lado, el rango de frecuencias de 3720 - 4200 MHz se encuentra destinado a la operación de radioenlaces fijos punto a punto, los cuales deben funcionar de acuerdo con los planes de distribución de canales contemplados en las tablas 19, 20 y 21 del CNABF.

2.3.3.2 Sistemas incumbentes

La ocupación de la banda de frecuencias de 3.5 GHz está representada por sistemas IMT de cobertura nacional, radioenlaces fijos punto a punto y radioenlaces fijos por satélite segmento espacio-Tierra.

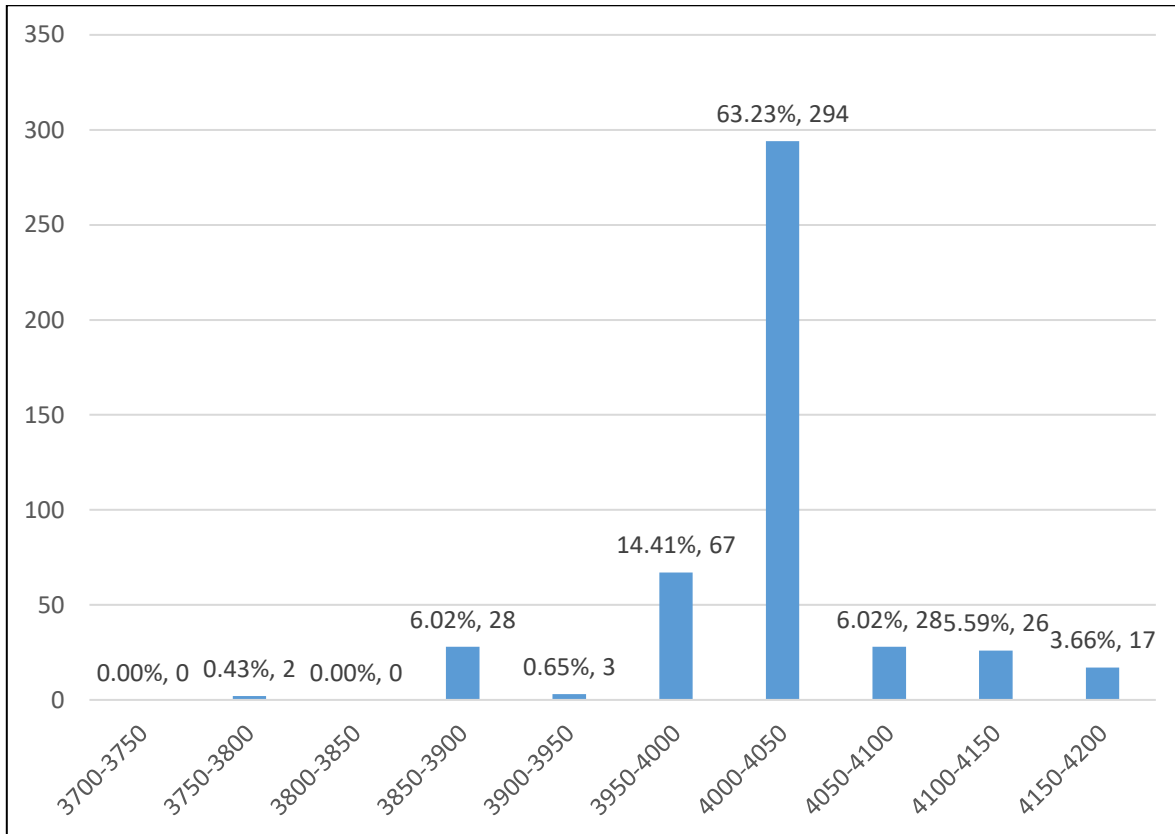
Los sistemas IMT de cobertura nacional asignados en la banda de frecuencias corresponden a redes de operadores móviles comerciales en la banda de frecuencias de 3300 - 3620 MHz. Estos sistemas funcionan en canalizaciones TDD con una configuración de estructura de marco B (DDDSUDDDD) para NR dispuesta en la Recomendación ECC26 (20)03 sincronizada con una referencia de reloj común de Tiempo Universal Coordinado (UTC, por sus siglas en inglés) -5 con una precisión de $\pm 1.5 \mu s$ [54], la cual permite prevenir interferencias entre sistemas IMT en adyacencia. Adicionalmente, los asignatarios del espectro de 3300 - 3620 MHz deben cumplir con un límite de Densidad de Flujo de Potencia Agregada (DFPA), calculados y/o medidos en la antena de la estación terrena satelital, de -16 dBW/m²/MHz para las emisiones de las estaciones base IMT en la banda de 3300 - 3620 MHz y de -124 dBW/m²/MHz para las emisiones de las estaciones base IMT en la banda de 3740 - 4200 MHz, para proteger las estaciones terrenas de los radioenlaces fijos por satélite [54].

Por otro lado, se evidenció la presencia de 3 asignatarios y un total de 7 permisos de uso del espectro para radioenlaces fijos en la banda de frecuencias de 3.5 GHz¹⁶, cuyas estaciones se encuentran ubicadas en zonas rurales de los departamentos de Antioquia, Caldas, Casanare, Córdoba y Risaralda. De estos permisos, 6 se vencen en 2027 y uno en 2040.

Finalmente, la ANE evidenció la presencia de 30 operadores satelitales y un total de 7211 estaciones registradas con frecuencias de recepción en la banda de frecuencias de 3.5 GHz. De estas estaciones, solo una es de baja potencia y 6745 de solo recepción reportadas como cercanas a bandas IMT, las cuales no tienen derecho a protección; 27 son de condiciones técnicas particulares y 438 de solo recepción, las cuales sí tendrían derecho a protección, y se encuentran distribuidas espectralmente como se muestra en la Figura 11.

¹⁶ Información consultada el 24/03/2026 en la base de datos del Visor de espectro.

Figura 11. Distribución espectral de estaciones de recepción de radioenlaces fijos por satélite con derecho a protección en 3.5 GHz.



Fuente: Elaboración propia con información del SGE.

Respecto de las estaciones satelitales de solo recepción sin derecho a protección y que fueron reportadas al MinTIC a 31 de octubre de 2023, es importante mencionar que su posible afectación por parte de sistemas IMT fue advertida en la subasta de espectro de la banda de 3500 MHz, realizada en ese mismo año. En su momento, se aseguró la provisión de filtros RF para estas estaciones, así como para las demás que tienen derecho a protección, con el fin de mitigar posibles interferencias perjudiciales desde las estaciones IMT [54].

2.3.3.3 Convivencia

Para desplegar sistemas IMT en configuración TDD en la banda de frecuencias de 3.5 GHz sin afectar su desempeño debido a interferencias en adyacencia se requieren dos condiciones: i) utilizar una referencia de reloj de fase común, e.g. UTC, y su precisión y ii) una estructura de marco común definida por el 3GPP para sincronizar los enlaces [55]. En ese sentido, para desplegar redes privadas



IMT a partir de 3620 MHz (i.e. en adyacencia con sistemas IMT asignados con cobertura nacional), se requiere que estas redes usen la misma configuración de estructura de marco B (DDDSUDDDD) para NR sincronizados a UTC-5 con una precisión de $\pm 1.5 \mu s$ usados por los sistemas IMT que fueron asignados en la banda de frecuencias de 3300 - 3620 MHz.

Ahora bien, para la correcta convivencia de las redes privadas con los radioenlaces fijos en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, es necesario realizar análisis particulares de interferencia para cada solicitud de uso del espectro para redes privadas. El número de radioenlaces asignados en esta banda de frecuencias es bajo, lo cual implica que la disponibilidad del espectro para redes privadas previsiblemente sería alta y la carga administrativa debida a análisis de viabilidad sería baja.

Por otro lado, respecto de la convivencia de las redes privadas con los radioenlaces fijos por satélite, es importante recalcar que, el riesgo de interferencia sobre estos sistemas corresponde a la recepción de los radioenlaces fijos, los cuales son muy sensibles en razón a que reciben señales a una distancia de alrededor de 36000 Km de la tierra, y en consecuencia su potencia es muy baja. Adicionalmente, solo las estaciones terrenas de recepción que han sido registradas y las estaciones terrenas con condiciones técnicas particulares tienen derecho a protección contra interferencias.

En línea con esto, el 3GPP ha definido un límite máximo de emisiones fuera de banda para la tecnología NR de -13 dBm/MHz para frecuencias mayores a 1 GHz, el cual aplica a partir de 10 MHz desde el borde del canal [56]; mientras que la Comisión Europea ha definido este límite de emisiones fuera de banda en -21 dBm/MHz para la banda de frecuencias de 3400 - 3800 MHz, el cual aplica a partir de 40 MHz desde el borde del canal [57]; con esto es previsible asumir que, estas separaciones espectrales asegurarán que los transmisores IMT logren su máxima atenuación de emisiones fuera de banda y por ende se minimice el riesgo de interferencias perjudiciales sobre las estaciones terrenas de los radioenlaces fijos por satélite en esta banda.

Ahora bien, si se tiene en cuenta que la mayoría de estas estaciones terrenas que deben ser protegidas se encuentran por encima de los 3850 MHz (ver Figura 11), conviene establecer un límite superior de máximo 3810 MHz (i.e establecer una banda de guarda con el valor de 40 MHz establecido por la Comisión Europea para el límite de emisiones fuera de banda) para permitir el uso de redes privadas con el fin de minimizar el riesgo de interferencias perjudiciales sobre estas estaciones. En este sentido, si se establece un límite máximo de 3800 MHz para habilitar el uso de redes privadas, el número de estaciones terrenas de los radioenlaces fijos por satélite que deben ser protegidas sería de dos, lo cual



implica que la disponibilidad del espectro para redes privadas sería alta, y a la vez, la carga administrativa debida a análisis de viabilidad para cada solicitud de uso del espectro para redes privadas sería baja.

Si bien en la subasta de espectro IMT de la banda de frecuencias de 3500 MHz se decidió que como medida de mitigación de interferencias perjudiciales de los sistemas IMT operando con un límite superior de 3700 MHz sobre las estaciones terrenas satelitales se asegurase la provisión de filtros RF para las estaciones terrenas satelitales con características técnicas particulares, de solo recepción con permiso de uso del espectro y de solo recepción registradas a 31 de octubre de 2023, para las redes privadas es necesario considerar diferentes escenarios de despliegue urbano y periurbano, aplicando algunas medidas adicionales contempladas en la Recomendación ITU-R S.2546-0 "Medidas de mitigación entre sistemas de servicio fijo por satélite (FSS) e IMT en la banda de frecuencias 3400-3600 MHz".

Dicha recomendación no solo considera el equipamiento, sino también las condiciones específicas del entorno radioeléctrico de cada estación de recepción satelital, siendo necesario, en casos excepcionales, la definición de zonas de exclusión o restricción para el despliegue de redes 5G en la banda de 3500 MHz, con el objetivo de evitar la degradación de la relación portadora-ruido (C/N), pérdidas intermitentes de señal o interrupciones del servicio. Para lo cual, será necesario analizar si las estaciones de recepción podrán tener línea de vista con las estaciones móviles.

Además, en casos de cercanía entre estaciones, será necesaria en la estación de recepción la sustitución del bloque de bajo ruido (LNB) por modelos con filtro 5G integrado y banda de paso con rechazo efectivo de las emisiones IMT en el rango de 3300 a 3620 MHz, lo cual constituye una solución más robusta, al actuar directamente sobre el elemento más crítico del sistema de recepción.

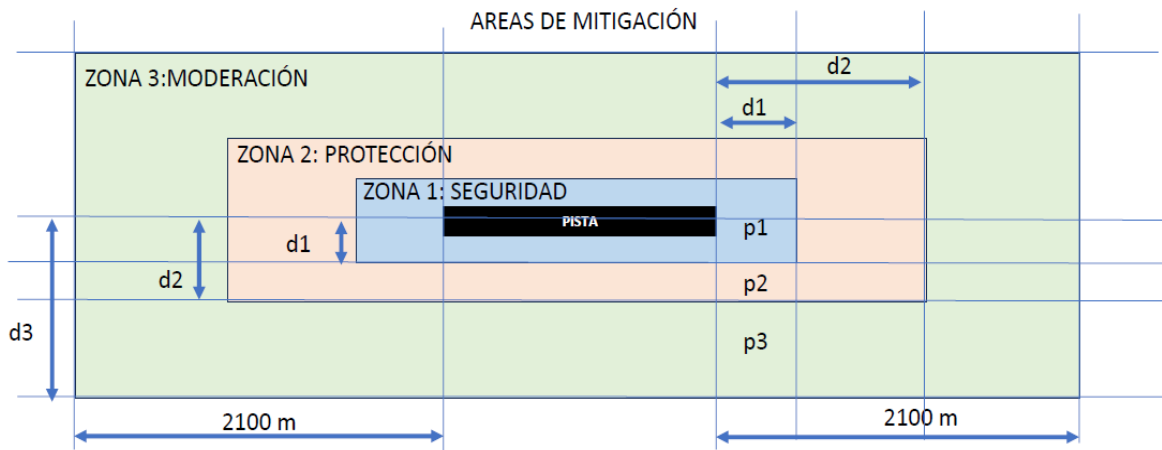
Finalmente, debido a que en el rango de frecuencias de 4200 - 4400 MHz operan dispositivos de tipo aeronáutico, particularmente los radioaltímetros usados para conocer la altitud de la aeronave y utilizar dicha lectura en maniobras de aterrizaje y despegue automático, en el año 2023 la ANE desarrolló un estudio de convivencia con el apoyo de la Universidad Pontificia Bolivariana¹⁷ para determinar las medidas restrictivas necesarias para la coexistencia sin interferencias perjudiciales entre sistemas IMT y los sistemas aeronáuticos funcionando en adyacencia en la banda de frecuencias de 3.5 GHz. En dicho

¹⁷ Convenio especial de cooperación 109 de 2023 de la ANE, Contratista: Universidad Pontificia Bolivariana, Objeto: "Aunar esfuerzos entre la Agencia Nacional del Espectro -ANE- y la Universidad Pontificia Bolivariana para llevar a cabo un estudio de coexistencia desde el ámbito técnico y jurídico entre los sistemas de radio de las redes IMT que operan en 3500 MHz (3300 MHz - 4200 MHz) y los sistemas de radio altímetros de las aeronaves que operan entre 4200 MHz a 4400 MHz".

estudio se concluyó que, es conveniente definir medidas de protección alrededor de los aeródromos y para ello se sugirió definir tres zonas de mitigación:

- Zona de seguridad: Zona interna definida alrededor de la pista de aterrizaje y despegue, incluyendo las pistas de carreteo y las áreas de parqueo de las aeronaves. En esta zona está prohibido emitir señales 5G a los usuarios que se desplazan en ella, como: mecánicos, bomberos, personal de mantenimiento de luces y corte de grama, personal de manejo y acomodación de equipajes y todos los que están autorizados a entrar a esta área.
- Zona de protección: Esta zona solo existe para los aeródromos que la autoridad de regulación aeronáutica determine. La emisión de cualquier estación base IMT que opere en la banda de 3.5 GHz y que se instale o radie señal dentro de esta zona no deberá superar, en el borde interno de la misma, los niveles máximos de potencia establecidos en la Figura 13.
- Zona de moderación: La emisión de cualquier estación base IMT que opere en la banda de 3.5 GHz y que se instale o radie señal dentro de esta zona no deberá superar, en el borde interno de la misma, los niveles máximos de potencias establecidos en la Figura 13. Las estaciones base IMT que operen por fuera de esta zona no tendrán restricción, siempre y cuando garanticen que el nivel de potencia emitido no supere en el borde exterior del área de mitigación el valor máximo establecido en la Figura 13.

Figura 12. Zonas de mitigación de interferencias sobre radioaltímetros en banda de frecuencias de 4200 - 4400 MHz.



Fuente: ANE.



Figura 13. Mitigaciones sobre sistemas IMT en 3.5 GHz alrededor de los aeródromos.

POSTERIOR TRANSICIÓN 3300 MHz a 3700 MHz					
FRECUENCIA	PARAMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	BORDE ÁREA MITIGACIÓN
3300 a 3600 MHz	Distancia Vertical	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2047 m	2047 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	37,3 en el borde interno	55,6 en el borde interno	Desde 58 en adelante
3600 a 3700 MHz	Distancia Vertical	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2047 m	2247 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	36,4 en el borde interno	54,7 en el borde interno	Desde 58 en adelante
PERIODO DE TRANSICIÓN 3300 MHz a 3700 MHz					
FRECUENCIA	PARAMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	BORDE ÁREA MITIGACIÓN
3300 a 3600 MHz	Distancia Vertical	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2047 m	2047 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	22,3 en el borde interno	40,5 en el borde interno	Desde 43 en adelante
3600 a 3700 MHz	Distancia Vertical	entre 0 y 150 mt	entre 150 y 910 mt	entre 910 y 2247	2247 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	19,7 en el borde interno	38,0 en el borde interno	Desde 41,3 en adelante
RECOMENDACIÓN 3700 MHz A 3800 MHz POSTERIOR TRANSICIÓN					
FRECUENCIA	PARÁMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	FUERA ÁREA MITIGACIÓN
3700 a 3800 MHz	Distancia Vertical	entre 0 y 150 mt	entre 150 m y 910 m	entre 910 m y 2481 m	2481
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	35,4 en el borde interno	53,7 en el borde interno	desde 58 en adelante
RECOMENDACIÓN 3700 MHz A 3800 MHz ANTES TRANSICIÓN					
FRECUENCIA	PARÁMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	FUERA ÁREA MITIGACIÓN
3700 a 3800 MHz	Distancia Vertical	entre 0 y 150 m	entre 150 m y 910 m	entre 910 m y 2482 m	2482 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	19,9 en el borde interno	38,2 en el borde interno	42,5 en adelante

Fuente: Convenio especial de cooperación 109 de 2023 de la ANE.

Como se puede observar en la Figura 13, existen dos escenarios: i) Antes de transición, en el que se mantienen valores más restrictivos mientras se realiza un proceso de recambio de radioaltímetros de las aeronaves, y ii) Posterior a transición, en el que se espera que exista una actualización de estos dispositivos a una versión que sea compatible con NR, con lo cual se podrían emitir señales de intensidad más alta. Conviene entonces utilizar estas medidas para los análisis de viabilidad de solicitudes de espectro para redes privadas en la banda de frecuencias de 3.5 GHz.

2.3.3.4 Plan de banda

De acuerdo con la situación actual de la banda de frecuencias de 3.5 GHz en Colombia, la ANE considera apropiado permitir el uso de redes privadas en una porción de esta banda de frecuencias, específicamente en el rango de frecuencias de 3620 - 3700 MHz en configuración TDD con una estructura de marco B (DDDSUDDDD) referenciada a UTC-5 con una precisión de +/- 1.5 μ s.

Cabe destacar también que, en el estudio de los casos internacionales de uso de la banda de frecuencias, se evidenciaron bloques de espectro definidos para redes privadas de entre 80 MHz (Suecia) y 400 MHz (Noruega) en la banda de frecuencias de 3.5 GHz (ver Tabla 10). Adicionalmente, se observó que países de la región como Brasil y Estados Unidos de América definieron 120 y 150 MHz respectivamente para el mencionado uso. En línea con lo anterior, la ANE considera conveniente utilizar todo el espectro disponible en Colombia en la banda de frecuencias, i.e. 80 MHz, y en caso necesario, adelantar nuevos estudios del espectro por encima de 3700 MHz para evaluar su posible uso en el futuro.

2.3.4 26 GHz

El 3GPP ha definido un arreglo de frecuencias en la banda de frecuencias de 26 GHz para la tecnología NR [58], el cual se describe en la Tabla 9. En esta banda no existe arreglo de frecuencias para la tecnología LTE por ser exclusiva de la quinta generación de sistemas IMT.

Tabla 9. Bandas 3GPP para NR en banda de frecuencias de 26 GHz.

Banda de operación NR	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	F _{UL_baja} - F _{UL_alta}	F _{DL_baja} - F _{DL_alta}	
258	24250 - 27500 MHz	24250 - 27500 MHz	TDD

Fuente: adaptado de [58].

2.3.4.1 Atribución y planificación

El CNABF atribuye a título primario para los servicios de radiocomunicación fijo y móvil el rango de frecuencias comprendido entre 24250 y 27500 MHz, excepto para el rango de frecuencias de 24250 - 25250 MHz en donde la atribución al servicio móvil no incluye el servicio móvil aeronáutico. Adicionalmente, existe atribución a título primario al servicio de radionavegación para el rango de frecuencias de 24250 - 24650 MHz, al servicio de radiolocalización por satélite segmento Tierra-espacio para el rango de frecuencias de 24650 - 24750 MHz, al servicio entre satélites para los rangos de frecuencias de 24450 - 24750 MHz y 25250 - 27500 MHz, al servicio fijo por satélite segmento Tierra-espacio para los rangos de frecuencias de 24750 - 25250 MHz y 27000 - 27500 MHz y a los servicios de exploración de la tierra por satélite segmento espacio-Tierra e investigación espacial segmento espacio-Tierra para el rango de frecuencias de 25500 - 27000 MHz; y a título secundario al servicio de frecuencias patrón y

señales horarias por satélite segmento Tierra-espacio para el rango de frecuencias de 25250 - 2700 MHz. Toda la atribución de la banda de frecuencias de 26 GHz se ilustra en la Figura 14.

Figura 14. Atribución de la banda de frecuencias de 26 GHz.

24,25-24,45 GHz	FUO		MÓVIL salvo móvil aeronáutico		RADIONAVEGACIÓN	
24,45-24,65 GHz	FUO	ENTRE SATÉLITES		MÓVIL salvo móvil aeronáutico	RADIONAVEGACIÓN	
24,65-24,75 GHz	FUO	ENTRE SATÉLITES		MÓVIL salvo móvil aeronáutico	RADIOLOCALIZACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	
24,75-25,25 GHz	FUO		FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
25,25-25,5 GHz	FUO	ENTRE SATÉLITES		MÓVIL	Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)	
25,5-27 GHz	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	FUO	ENTRE SATÉLITES	MÓVIL	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)	Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)
27-27,5 GHz	FUO		FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		ENTRE SATÉLITES	MÓVIL

Fuente: Extraído del aplicativo web del CNABF de la ANE.

Respecto de la planificación del espectro en la banda de frecuencias, cabe mencionar que los rangos de frecuencias de 25252.5 - 25445 MHz y 26260.5 - 26453 MHz se encuentran destinados al funcionamiento de radioenlaces fijos punto a punto, los cuales deben operar de acuerdo con los planes de distribución de canales contemplados en las tablas 97, 98, 99, 100, 101 y 102 del CNABF. Por otro lado, la banda de frecuencias de 24.25 - 27.5 GHz se encuentra reservada para la futura operación de las IMT a través del Artículo 1.7.2. de la Resolución 105 de 2020 de la ANE [52], lo cual fue plasmado con base en la nota internacional de atribución de la UIT 5.532AB.

2.3.4.2 Sistemas incumbentes

Si bien existe atribución a diferentes servicios de radiocomunicación en la banda de frecuencias de 26 GHz, su ocupación está representada solo por radioenlaces fijos punto a punto y por radioenlaces fijos por satélite segmento Tierra-espacio.

Respecto de la ocupación por parte de radioenlaces fijos punto a punto, se evidenció la presencia de 2 asignatarios y un total de 10 permisos de uso del espectro en la banda de frecuencias de 26 GHz¹⁸, cuyas estaciones se encuentran

¹⁸ Información consultada el 25/03/2026 en la base de datos del Visor de espectro.



ubicadas en zonas puntuales de los departamentos de Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Cundinamarca, Huila, Tolima y Valle del Cauca. Es importante aclarar que la fecha máxima de vencimiento de los mencionados permisos es el 11 de junio de 2027.

Por otro lado, se evidenció la presencia de un solo asignatario y un total de 4 estaciones terrenas registradas de radioenlaces fijos por satélite en la banda de frecuencias¹⁸. Dichas estaciones usan la banda de 26 GHz solo para transmitir señales radioeléctricas, mas no para recibirlas.

2.3.4.3 Convivencia

Para la correcta convivencia de las redes privadas con los radioenlaces fijos en la banda de frecuencias de 26 GHz, es necesario realizar análisis particulares de interferencia para cada solicitud de uso del espectro para redes privadas. El número de radioenlaces asignados en esta banda de frecuencias es bajo, lo cual implica que la disponibilidad del espectro para redes privadas previsiblemente sería alta y la carga administrativa debida a análisis de viabilidad de las solicitudes de redes privadas sería baja.

Respecto de los radioenlaces fijos por satélite, la introducción de redes privadas no representa riesgo de interferencia perjudicial para estos sistemas incumbentes, ya que usan la banda de frecuencias de 26 GHz solo para el segmento Tierra-espacio, es decir, la estación que recibiría la señal interferente desde las redes privadas es el satélite que se encuentra ubicado a una distancia de alrededor de 36000 km y por lo tanto se trataría de señales con intensidad muy baja o nula.

2.3.4.4 Plan de banda

De acuerdo con la situación actual de la banda de frecuencias de 26 GHz en Colombia, la ANE considera apropiado permitir el uso de redes privadas inicialmente en los primeros 1600 MHz de la banda 258 del 3GPP, es decir, en el rango de frecuencias de 24250 - 25850 MHz en configuración TDD, de manera tal que el espectro restante de esta banda sea reservado para otros posibles usos.

2.4 OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR

Respecto del proceso de asignación y el valor anual de la contraprestación económica por el uso del espectro, cabe reiterar que estos elementos serán objeto de análisis por parte de la ANE en la vigencia 2026, en el marco del proyecto denominado “*Propuesta de Mecanismos de Acceso y Valoración*”



Económica del Espectro Radioeléctrico para Redes Privadas”, incluido en la Agenda Regulatoria 2026–2027. Al respecto, cabe recordar que el primer documento asociado a dicho proyecto se denomina “Asignación de espectro para redes privadas - Documento de formulación del problema” y se encuentra publicado de manera conjunta con el presente documento para comentarios del sector.

El señalado proyecto, tendrá como objetivo evaluar la aplicabilidad del marco normativo y regulatorio vigente frente al desarrollo de redes privadas en el país, así como identificar posibles ajustes o recomendaciones que faciliten su implementación. En particular, el análisis contemplará aspectos relacionados con los mecanismos de asignación de espectro que podrían resultar más adecuados para este tipo de redes, incluyendo la evaluación de los PSO y la posible revisión de condiciones regulatorias vigentes que inciden en el acceso al espectro. Asimismo, se examinarán los criterios técnicos y regulatorios relevantes para la eventual asignación de espectro en las bandas de frecuencia planteadas para este propósito en el presente documento.

De igual manera, el proyecto abordará elementos asociados a la definición de parámetros para la valoración económica del espectro radioeléctrico destinado a redes privadas, considerando variables técnicas de operación, criterios de eficiencia en el uso del espectro y las experiencias internacionales identificadas en la materia, entre otros. Los resultados de este análisis servirán como insumo técnico para las decisiones que, en el ámbito de sus competencias, correspondan al MinTIC.

Finalmente, como aspecto importante a resaltar, debe anotarse que si bien mediante la presente propuesta técnica la ANE plantea definir condiciones técnicas generales para la operación de redes privadas en las bandas de frecuencia de 410 MHz, 900 MHz, 3500 MHz y 26 GHz, las porciones exactas de las bandas y las cantidades de espectro que se habilitarán para este propósito serán definidos por el MinTIC en el marco de los respectivos procesos de asignación que se establezcan para tal fin.

2.5 PROPUESTA TÉCNICA

De acuerdo con lo expuesto en las secciones 2.2 y 2.3, la ANE considera apropiado definir condiciones técnicas generales en las bandas de 410 MHz, 900 MHz, 3.5 GHz y 26 GHz en Colombia para el desarrollo de redes privadas. Lo anterior, en la medida en que la flexibilización del uso del espectro radioeléctrico permite atender las necesidades de conectividad de diversos sectores productivos, industriales, energéticos, logísticos entre otros, los cuales requieren



infraestructuras de telecomunicaciones dedicadas y adaptadas a sus procesos operativos y a los requerimientos específicos de sus entornos de servicio.

Este enfoque resulta consistente con los principios de uso eficiente del espectro radioeléctrico, promoción de la competencia, maximización del bienestar social y fomento de la transformación digital establecidos en la Ley 1341 de 2009, así como con los lineamientos de política pública orientados a ampliar la conectividad y fortalecer la productividad del país. De esta manera, el definir condiciones técnicas generales en estas bandas que se pueden utilizar para redes privadas no solo optimiza el aprovechamiento de un recurso escaso, sino que también contribuye a impulsar la digitalización de los sectores productivos, el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras y la consolidación de nuevos modelos de conectividad que complementen las redes públicas existentes.

Desde el punto de vista técnico, la selección de estas bandas responde a criterios de planificación y gestión eficiente del espectro, en la medida en que comprenden rangos de frecuencias con características de propagación y capacidad complementarias que permiten atender diferentes escenarios de conectividad y casos de uso asociados a redes privadas.

En particular, las bandas bajas, como 410 MHz y 900 MHz, presentan condiciones favorables de propagación y cobertura, lo que facilita su utilización en entornos extensos o con condiciones geográficas complejas, como zonas rurales, industriales o de servicios públicos, entre otros. Por su parte, las bandas medias, como 3.5 GHz, ofrecen un balance adecuado entre cobertura y capacidad, lo que las convierte en una alternativa idónea para el despliegue de redes privadas orientadas a aplicaciones industriales y de transformación digital. Finalmente, las bandas milimétricas, como 26 GHz, permiten habilitar soluciones de alta capacidad y baja latencia en entornos localizados, tales como instalaciones industriales, puertos, aeropuertos o campus tecnológicos.

En consecuencia, y con el fin de incluir este enfoque en el marco regulatorio vigente, se hace necesario proponer una serie de modificaciones a la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE y al CNABF, inicialmente se propone modificar el artículo 1.7.1 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE, retirando de la reserva de espectro para la futura operación de las IMT el rango de frecuencias de 24250 - 27500 MHz, toda vez que se trataría de un espectro formalmente establecido para dicho uso y ya no se requeriría reservarlo para su futura operación. De manera complementaria, se requiere modificar el Artículo 1.7.1. de la citada resolución incluyendo los rangos de frecuencias de 410 - 415, 420 - 425 y 24250 - 27500 MHz para que sean establecidos para la operación de las IMT en Colombia.



Así mismo, se propone modificar el artículo 5.1.1 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE de la siguiente manera:

"CLM 21

Se establecen los rangos de frecuencias de 410 a 415 MHz, 420 a 425 MHz, 698 a 806 MHz, 824 a 849 MHz, 869 a 894 MHz, 1710 a 1780 MHz, 1850 a 1910 MHz, 1930 a 1990 MHz, 2110 a 2180 MHz, 2500 a 2690 MHz, 3300 a 3700 MHz y 24.25 a 27.5 GHz para la operación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) y se reservan los rangos de frecuencias de 452.5 a 457.5 MHz, 462.5 a 467.5 MHz, 1427 a 1518 MHz y 2300 a 2400 MHz para la futura operación de las IMT, lo anterior conforme a la normatividad que se referencia."

Por otra parte, se plantea la modificación del numeral 6 del CNABF, eliminando las tablas de la 5 a la 10, dado que en los últimos años no se han presentado solicitudes para estos sistemas y actualmente no existen permisos de uso del espectro otorgados para los mismos. En consecuencia, se considera conveniente eliminar dichas tablas con el fin de promover el uso de la banda de frecuencias de 410 MHz para redes privadas.

Adicionalmente, la ANE podrá analizar en el futuro otras bandas de espectro que puedan ser destinadas para la implementación de redes privadas en Colombia, de acuerdo con la evolución tecnológica y las necesidades de conectividad de los diferentes sectores productivos del país.

Cabe reiterar en este punto que, si bien el definir condiciones técnicas generales en las bandas para la operación de redes privadas se plantea sobre la totalidad del espectro de cada banda de frecuencias, los rangos específicos que serán habilitados para tal fin deberán definirse por parte de MinTIC dentro de los respectivos procesos de asignación, y deberán corresponder a espectro que no esté asignado nacionalmente a PRST para asegurar su disponibilidad. Esto en razón a que tanto el uso comercial nacional como el uso privado local se diferencian en el tipo de asignación del espectro, el propósito y la cobertura.

En este contexto, se prevé también desde la perspectiva técnica que, al momento de radicar una solicitud de espectro para redes privadas, el interesado deba aportar la información mínima requerida, que incluya, entre otros aspectos, la ubicación geográfica (coordenadas), la altura de instalación de las antenas de las estaciones base, la potencia de transmisión (mínima y máxima), la ganancia de las antenas, los ángulos de elevación de las antenas (tilt), el patrón de radiación y demás parámetros técnicos relevantes. Esta información permitirá a la ANE realizar los estudios de viabilidad necesarios para definir la zona de



cobertura y establecer las condiciones de operación de los sistemas de radiocomunicaciones, con el fin de lograr un reuso adecuado de frecuencias.

En todo caso, las condiciones de asignación deberán sujetarse a los principios de eficiencia en el uso del espectro, no generación de interferencias perjudiciales y coexistencia armónica entre sistemas, de conformidad con la normatividad nacional vigente y las recomendaciones internacionales aplicables.

Finalmente, para minimizar la probabilidad de producir interferencias perjudiciales sobre los sistemas incumbentes, se propone restringir las características técnicas de las redes privadas, en los términos que se exponen en las siguientes secciones.

2.5.1 Tipos de permisos

La definición de los tipos de permisos deben responder a un equilibrio entre las características físicas de propagación de las ondas radioeléctricas en las bandas analizadas en el numeral 2.3 y las mejores prácticas regulatorias identificadas a nivel internacional descritas en el numeral 2.2.

Desde el punto de vista técnico, las bandas bajas como 410 MHz y 900 MHz presentan condiciones de propagación favorables caracterizadas por menores pérdidas por trayectoria, mayor capacidad de difracción y mejor penetración en estructuras, lo que se traduce en áreas de cobertura geográfica más amplias con menor densidad de infraestructura. Estas propiedades las hacen idóneas para esquemas de cobertura amplia o estándar, en los cuales se busca maximizar el alcance y habilitar casos de uso en zonas de amplia extensión.

Por el contrario, las bandas altas como la de 26 GHz presentan mayores pérdidas de propagación, menor alcance y mayor susceptibilidad a bloqueos y atenuación, lo que naturalmente restringe su cobertura a áreas más delimitadas y favorece esquemas de alta reutilización espectral. Estas características son consistentes con la definición de permisos de baja cobertura, orientados a entornos localizados como industrias, campus, interiores o zonas específicas con alta demanda de capacidad. La banda de 3,5 GHz se caracteriza por ofrecer un equilibrio intermedio entre las condiciones de propagación de las bandas bajas y las bandas altas.

Este enfoque técnico se encuentra alineado con el benchmarking internacional realizado. Tal como se observó previamente, en países como Alemania, Reino Unido, Suecia, Bélgica y Noruega, se observa una tendencia consistente a definir permisos de cobertura local o delimitada para bandas medias y altas (particularmente 3.5 GHz y 26 GHz), incluyendo restricciones explícitas de área,



potencia, altura de antena o incluso radios de cobertura del orden de decenas de metros.

En contraste, para bandas bajas como 410 MHz y 900 MHz, los casos analizados en países como Argentina, Estados Unidos, Grecia, Irlanda y República Checa evidencian su uso en aplicaciones que requieren amplia cobertura geográfica, tales como servicios rurales, redes de servicios públicos, entre otros, lo cual es coherente con esquemas de cobertura estándar.

En este sentido, la segmentación propuesta entre permisos de cobertura estándar y de baja cobertura no solo responde a fundamentos físicos de propagación, sino que también incorpora prácticas regulatorias probadas que promueven el uso eficiente del espectro, garantizando que cada tipo de permiso esté adecuadamente alineado tanto con las capacidades intrínsecas de las bandas de frecuencia como con las necesidades específicas de los casos de uso que se pretende soportar.

Por lo antes expuesto, la ANE, como asesor técnico, recomienda definir dos clases de permisos por el uso del espectro para este tipo de redes: i) baja cobertura con área circular de radio definido, centrada en la coordenada proporcionada por el usuario, y ii) cobertura estándar con asignación por cada estación base instalada. Cada una de las mismas se expone a continuación.

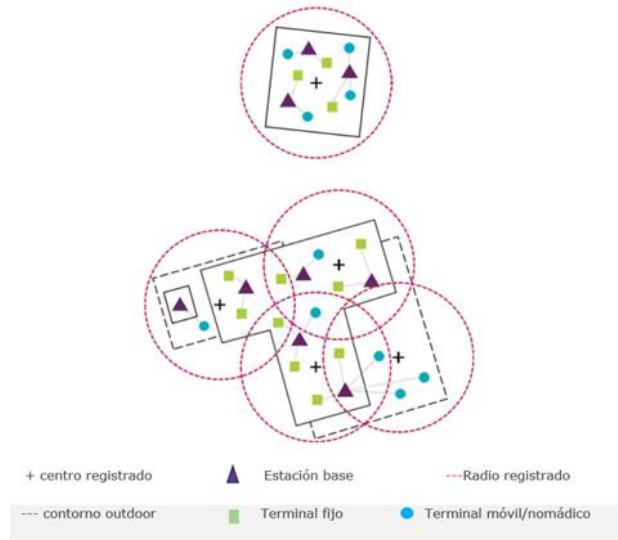
2.5.1.1 Permiso de baja cobertura (Bandas de 3500 MHz y 26 GHz)

Este permiso de uso del espectro consiste en un área circular con un radio máximo de 50m en donde los usuarios tendrían la libertad de implementar la cantidad requerida de estaciones base de su red privada. El usuario podrá mover las estaciones base dentro de esta área como lo desee sin informar al MinTIC, siempre y cuando no se superen los límites geográficos del área autorizada. A su vez, los usuarios que requieran implementar estaciones base en un área más grande podrían solicitar múltiples áreas como parte de la misma solicitud de licencia, y estas podrían ser contiguas y superpuestas, como se muestra en la Figura 15.

Por la baja potencia asociada a este tipo de permisos, hay poca probabilidad de que se presenten interferencias cocanal perjudiciales. Sin embargo, en caso de darse las mismas se deben resolver por acuerdo entre los asignatarios, ya que no habrá otro tipo de protección contra interferencias. Así, en caso de interferencias cocanal perjudiciales, el licenciatarario debe comunicarse y cooperar con otros titulares de licencias en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencias. Esto puede requerir, si es necesario, ajustar la potencia de transmisión y otros parámetros técnicos de transmisión de tal manera que el despliegue de una red

no cause interferencias perjudiciales a la de otro asignatario dentro de la banda de frecuencias.

Figura 15. Esquema de permiso de baja cobertura.



Fuente: Adaptado de [47].

Bajo esta modalidad, se prevé que el interesado deba enviar las coordenadas geográficas del centro del área sobre la cual se está solicitando el permiso, y el MinTIC y la ANE verificarán que no exista riesgo de interferencia perjudicial hacia y desde los sistemas incumbentes y otras redes privadas con permisos vigentes.

2.5.1.2 Permiso de cobertura estándar (Bandas de 410 MHz, 900 MHz y 3500 MHz)

Este tipo de permiso está pensado para aplicaciones de radiocomunicaciones que requieran un área de cobertura amplia, consiste en una asignación sobre una coordenada geográfica puntual que tiene asociada un área de cobertura dada por las características técnicas aprobadas para la estación base. Así las cosas, este permiso debe solicitarse por cada estación base instalada.

En caso de interferencias cocanal perjudiciales, el asignatario debe coordinar con otros titulares de permisos de uso del espectro en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencias para resolverlas. Esto puede requerir, si es necesario, ajustar la potencia de transmisión y otros parámetros técnicos de transmisión de las estaciones, de tal manera que el despliegue de una red no cause interferencias perjudiciales a la de otros asignatarios dentro de la banda de frecuencias.



El interesado debe enviar las coordenadas geográficas del punto sobre el cual se está solicitando el permiso, el MinTIC y la ANE verificarán que no exista riesgo de interferencia perjudicial hacia y desde los sistemas incumbentes y otras redes privadas con permisos vigentes.

2.5.2 Condiciones técnicas

Respecto de las condiciones técnicas para la implementación de redes privadas, es pertinente recordar que la ANE ha desarrollado de manera progresiva diversos estudios de convivencia orientados a evaluar la viabilidad técnica de introducir nuevas tecnologías y habilitar nuevos usos del espectro en distintas bandas de frecuencia. Entre estos se destacan el estudio de coexistencia entre sistemas IMT y el servicio fijo por satélite en la banda de 3.5 GHz, así como el análisis de parámetros técnicos para la banda de 26 GHz, ambos realizados en 2019; posteriormente, en 2021, se llevó a cabo el estudio de convivencia en la banda de 900 MHz, enfocado en la coexistencia con sistemas en 850 MHz y aplicaciones de uso libre, desarrollado con la Universidad Pontificia Bolivariana; y más recientemente, en 2023, el estudio de convivencia en la banda de 410 MHz, realizado con el apoyo de la Universidad ICESI, el cual analizó la interacción entre sistemas LTE e infraestructuras LMR. Dichos estudios han permitido establecer condiciones de coexistencia, medidas de mitigación de interferencias y lineamientos regulatorios para promover un uso más eficiente y flexible del espectro radioeléctrico en Colombia.

A continuación, se describen las condiciones técnicas generales en las bandas de 410 MHz, 900 MHz, 3.5 GHz y 26 GHz en Colombia para el desarrollo de redes privadas, a partir de un análisis integral que incluyó la revisión de benchmarks internacionales, estudios propios y evaluaciones técnicas. Este enfoque permitió adaptar las mejores prácticas internacionales al contexto nacional, considerando la evolución de los sistemas IMT y las particularidades del uso del espectro en Colombia.

Los análisis realizados abarcaron la ocupación actual de cada banda y las condiciones de convivencia con los sistemas incumbentes, tales como sistemas LMR, redes IMT, radioenlaces fijos y sistemas satelitales. En este contexto, se identificaron medidas específicas como sincronización de redes TDD, bandas de guarda, límites de emisiones, separaciones espectrales y geográficas, así como condiciones de mitigación para escenarios particulares como la coexistencia con servicios aeronáuticos.

Como resultado, se proponen lineamientos técnicos por banda orientados a habilitar el uso eficiente del espectro para redes privadas, garantizando al mismo tiempo la protección de los sistemas existentes. En las secciones siguientes se



detallan las condiciones de convivencia, la ocupación del espectro y los planes de banda propuestos.

2.5.2.1 Banda de 410 MHz

La ANE considera que las redes privadas en la banda de frecuencias de 410 MHz deben funcionar con las siguientes condiciones técnicas:

- Los rangos de frecuencias permitidos son 410 - 415 MHz, para el enlace de subida, y 420 - 425 MHz, para el enlace de bajada.
- La cantidad de espectro disponible es de dos (2) bloques de 5 MHz.
- Se permite el funcionamiento de redes en configuración FDD.
- Los anchos de banda permitidos son 1.4, 3 y 5 MHz.
- Se permiten permisos de cobertura estándar únicamente.

Por otro lado, de acuerdo con lo expresado en las secciones 2.3.1.2 y 2.3.1.3, se propone mantener el uso del espectro de la banda de frecuencias de 410 MHz relacionado con sistemas de acceso troncalizado, para lo cual se requiere mantener la *Tabla 11 del CNABF*. Es importante mencionar que los permisos de uso del espectro otorgados bajo esta tabla deberán otorgarse en estricto sentido, es decir, otorgar permisos solo para sistemas de acceso troncalizado y no para radio móvil terrestre convencional.

Finalmente, la ANE propone deshabilitar el uso del espectro de la banda de frecuencias de 410 MHz relacionado con sistemas inalámbricos fijos digitales, toda vez que no está siendo utilizado actualmente en el país. Para esto, se requiere eliminar las tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del CNABF.

2.5.2.2 Banda de 900 MHz

La ANE considera que las redes privadas en la banda de frecuencias de 900 MHz deben funcionar con las siguientes condiciones técnicas:

- Los rangos de frecuencias permitidos son 897 - 915 MHz, para el enlace de subida, y 942 - 960 MHz, para el enlace de bajada.
- La cantidad de espectro disponible es de dos (2) bloques de 18 MHz.



- Se permite el funcionamiento de redes en configuración FDD.
- Los anchos de banda permitidos son 1.4, 3, 5, 10 y 15 MHz.
- Se permiten permisos de cobertura estándar únicamente

2.5.2.3 Banda de 3.5 GHz

La ANE considera que las redes privadas en la banda de frecuencias de 3.5 GHz deben funcionar con las siguientes condiciones técnicas:

- El rango de frecuencias permitido es 3620 - 3700 MHz.
- La cantidad de espectro disponible es de 80 MHz.
- Se permite el funcionamiento de redes en configuración TDD.
- Los anchos de banda permitidos son 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 MHz.
- Se permiten tanto permisos de baja cobertura como de cobertura estándar.
- Se debe usar una estructura de marco B (DDDSUDDDD) referenciada a UTC-5 con una precisión de $\pm 1.5 \mu s$ o cualquier otra estructura que hayan pactado los asignatarios de la banda de frecuencias de 3300 - 3620 MHz.
- La altura de las antenas de las estaciones base debe ser de máximo 10 m sobre el nivel del suelo.
- Limitación de la PIRE de las estaciones de los permisos de baja potencia y de cobertura estándar a 24 y 42 dBm respectivamente para anchos de banda de 10 y 20 MHz; mientras que para anchos de banda mayores a 20 MHz la densidad espectral de PIRE está limitada a 18 y 36 dBm por cada 5 MHz respectivamente.
- Limitación de la TRP de las estaciones terminales móviles a 28 dBm.



- Limitación de la PIRE de las estaciones terminales fijas:
 - 28 dBm para los permisos de baja potencia.
 - 35 dBm por cada 5 MHz para los permisos de cobertura estándar.
- Limitación de la DFPA a -16 dBW/m²/MHz para las emisiones de las estaciones base en la banda de frecuencias de 3300 - 3620 MHz y -124 dBW/m²/MHz para las emisiones de las estaciones base en la banda de frecuencias de 3740 - 4200 MHz, calculados y/o medidos en la antena de la estación terrena satelital.
- Los permisos de uso del espectro se otorgarán máximo hasta el 31 de diciembre de 2040 para garantizar una decisión sobre la totalidad de la banda de frecuencias de 3.5 GHz a partir de 2041.

2.5.2.4 Banda de 26 GHz

La ANE considera que las redes privadas en la banda de frecuencias de 26 GHz deben funcionar con las siguientes condiciones técnicas:

- La banda de frecuencias permitida es 24.25 – 25.85 GHz.
- La cantidad de espectro disponible es de 1600 MHz.
- Se permite el funcionamiento de redes en configuración TDD.
- Los anchos de banda permitidos son 50, 100, 150, 200, 400, 600 y 800 MHz.
- Se permiten permisos de baja potencia únicamente.
- Limitación de la densidad espectral de TRP de las estaciones base a 23 dBm por cada 200 MHz.
- Limitación de la TRP de las estaciones terminales móviles y la PIRE de las estaciones terminales fijas a 23 dBm.
- No se establece una configuración de sincronización entre enlaces, sin embargo, en caso de interferencias perjudiciales entre las redes privadas, los asignatarios deben coordinarse para resolverlas.



De acuerdo con lo expuesto en el presente numeral, se hace necesario agregar en el Capítulo 2 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE, los planes de banda y las condiciones técnicas previstos para la operación de redes privadas en los rangos de frecuencia de 410 - 415 MHz, 420 - 425 MHz, 3620 - 3700 MHz y 24.25 - 25.85 GHz y modificar el plan de banda previsto Artículo 1.2.10. para la banda de 900 MHz.

Así las cosas, la ANE presenta a comentarios de los interesados la presente propuesta, junto con el borrador de resolución de modificación de la Resolución 105 de 2020 expedida por esta entidad, abriendo espacio para recibir observaciones al correo electrónico espectroredesprivadas@ane.gov.co y para remitir las respuestas al formulario que se destinará para tal fin hasta el 28 de mayo de 2026.

REFERENCIAS

- [1] MINTIC, «OBLIGACIONES DE HACER,» 23 OCTUBRE 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.MINTIC.GOV.CO/PORTAL/INICIO/INICIATIVAS/SECTOR-TIC/162076:OBLIGACIONES-DE-HACER](https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/iniciativas/sector-tic/162076:obligaciones-de-hacer). [ÚLTIMO ACCESO: 27 DICIEMBRE 2024].

- [2] GOBIERNO DE COLOMBIA, *PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026*, BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2023.

- [3] MINTIC, *RESOLUCIÓN 3617 DE 2023*, BOGOTÁ D.C., 2023.

- [4] UIT, *RECOMENDACIÓN UIT-R M.1224-1: VOCABULARIO DE TÉRMINOS DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES (IMT)*, GINEBRA, SUIZA, MARZO DE 2012.

- [5] UIT, «VOCABULARIO DE TÉRMINOS DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES (IMT) UIT-R M.1224-1,» 03 2012. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ITU.INT/DMS_PUBREC/ITU-R/REC/M/R-REC-M.1224-1-201203-I!!PDF-S.PDF](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/r-rec-m.1224-1-201203-i!!pdf-s.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 19 04 2026].

- [6] UIT, «CONCEPCIÓN DE LAS IMT-MARCO Y OBJETIVOS GENERALES DEL FUTURO DESARROLLO DE LAS IMT UIT-R M.2083-0,» 09 2015. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ITU.INT/DMS_PUBREC/ITU-R/REC/M/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-S.PDF](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-S.PDF). [ÚLTIMO ACCESO: 19 04 2026].
- [7] UIT, «MINIMUM REQUIREMENTS RELATED TO TECHNICAL PERFORMANCE FOR IMT-2020 RADIO INTERFACE(S) REPORT ITU-R M.2410-0,» 11 2017. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ITU.INT/PUB/R-REP-M.2410](https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2410). [ÚLTIMO ACCESO: 19 04 2026].
- [8] ETSI, «STUDY ON SCENARIOS AND REQUIREMENTS FOR NEXT GENERATION ACCESS TECHNOLOGIES (3GPP TR 38.913 VERSION 19.0.0 RELEASE 19),» 10 2025. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ETSI.ORG/DELIVER/ETSI_TR/138900_138999/138913/19.00.00_60/TR_138913V190000P.PDF](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/138900_138999/138913/19.00.00_60/TR_138913V190000P.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 20 04 2026].
- [9] S. M. I. ADNAN AIJAZ, «PRIVATE 5G: THE FUTURE OF INDUSTRIAL WIRELESS,» 2020.
- [10] E. B. JOHANNES M. BAUER, «REGULATION AND INNOVATION IN 5G MARKETS,» TELECOMMUNICATIONS POLICY, 2022.
- [11] J. F. C. L. M. C. A. P. T. I. G. C. M. S. JOSE ORDONEZ-LUCENA, «THE USE OF 5G NON-PUBLIC NETWORKS TO SUPPORT INDUSTRY 4.0 SCENARIOS».

- [12] OCDE, «THE ROAD TO 5G NETWORKS EXPERIENCE TO DATE AND FUTURE DEVELOPMENTS,» 2019.
- [13] UIT, «REPORT ITU-R M.2527-0,» 09 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ITU.INT/DMS_PUB/ITU-R/OPB/REP/R-REP-M.2527-2023-PDF-E.PDF](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/r-rep-m.2527-2023-pdf-e.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 20 04 2026].
- [14] GSA, «PRIVATE MOBILE NETWORKS,» GSA, SHEFFIELD, UK, SEPTIEMBRE 2025.
- [15] AGENCIA FEDERAL DE REDES, «FRECUENCIAS PARA OPERAR REDES INALÁMBRICAS REGIONALES Y LOCALES PARA OFRECER SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES,» 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.BUNDESNETZAGENTUR.DE/DE/FACHTHEMEN/TELEKOMMUNIKATION/FREQUENZEN/OEFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/LOKALENETZE-NODE.HTML](https://www.bundesnetzagentur.de/de/fachthemen/telekommunikation/frequenzen/offentlischenetze/lokalenetze/lokalenetze-node.html). [ÚLTIMO ACCESO: 9 DICIEMBRE 2024].
- [16] AGENCIA FEDERAL DE REDES, «REGULACIÓN ADMINISTRATIVA PARA ASIGNACIONES DE FRECUENCIA DE USO LOCAL EN EL RANGO DE FRECUENCIAS DE 3.700-3.800 MHZ,» 15 MAYO 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.BUNDESNETZAGENTUR.DE/SHAREDDOCS/DOWNLOADS/DE/SACHGEBIETE/TELEKOMMUNIKATION/UNTERNEHMEN_INSTITUTIONEN/FREQUENZEN/OFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/VERWALTUNGSVORSCHRIFT3.7-3.8GHZ_PDF.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=1](https://www.bundesnetzagentur.de/shareddocs/downloads/de/sachgebiete/telekommunikation/unternehmen_institutionen/frequenzen/offentlischenetze/lokalenetze/verwaltungsvorschrift3.7-3.8ghz_pdf.pdf?__blob=publicationfile&v=1). [ÚLTIMO ACCESO: 9 DICIEMBRE 2024].
- [17] AGENCIA FEDERAL DE REDES, «REGLAMENTO ADMINISTRATIVO PARA LAS ASIGNACIONES DE FRECUENCIAS PARA EL USO LOCAL DE FRECUENCIAS DE BANDA ANCHA EN EL RANGO DE FRECUENCIA 24,25 - 27,5 GHZ,» 15 MAYO 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.BUNDESNETZAGENTUR.DE/SHAREDDOCS/DOWNLOADS/DE/SACHGEBIETE/TELEKOMMUNIKATION/UNTERNEHMEN_INSTITUTIONEN/FREQUENZEN/OFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/VERWALTUNGSVORSCHRIFT3.7-3.8GHZ_PDF.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=1](https://www.bundesnetzagentur.de/shareddocs/downloads/de/sachgebiete/telekommunikation/unternehmen_institutionen/frequenzen/offentlischenetze/lokalenetze/verwaltungsvorschrift3.7-3.8ghz_pdf.pdf?__blob=publicationfile&v=1).

**ATION/UNTERNEHMEN_INSTITUTIONEN/FREQUENZEN/OFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/VERWALTUNGS
VORSCHRIFT26GHZ_PDF.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=1. [ÚLTIMO ACCESO: 10 DICIEMBRE 2024].**

- [18] AGENCIA FEDERAL DE REDES, «RESUMEN DE LOS TITULARES DE ATRIBUCIONES DE FRECUENCIAS PARA EL
USO LOCAL DE FRECUENCIAS EN LA GAMA DE FRECUENCIAS 3.700-3.800 MHZ,» 1 DICIEMBRE 2024. [EN
LÍNEA]. AVAILABLE:
[HTTPS://WWW.BUNDESNETZAGENTUR.DE/SHAREDDOCS/DOWNLOADS/DE/SACHGEBIETE/TELEKOMMUNIK
ATION/UNTERNEHMEN_INSTITUTIONEN/FREQUENZEN/OFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/ZUTEILUNGSIN
HABER3,7GHZ.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=14. \[ÚLTIMO ACCESO: 9 DICIEMBRE 2024\].](https://www.bundesnetzagentur.de/shareddocs/downloads/de/sachgebiete/telekommunikation/unternehmen_institutionen/frequenzen/offentlichenetze/lokalenetze/zuteilungsinhaber3,7ghz.pdf?__blob=publicationfile&v=14)**
- [19] AGENCIA FEDERAL DE REDES, «RESUMEN DE LOS TITULARES DE ASIGNACIONES DE FRECUENCIAS PARA EL
USO LOCAL DE FRECUENCIAS DE BANDA ANCHA EN EL RANGO DE FRECUENCIAS 24.250-27.500 MHZ,» 1
DICIEMBRE 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE:
[HTTPS://WWW.BUNDESNETZAGENTUR.DE/SHAREDDOCS/DOWNLOADS/DE/SACHGEBIETE/TELEKOMMUNIK
ATION/UNTERNEHMEN_INSTITUTIONEN/FREQUENZEN/OFFENTLICHENETZE/LOKALENETZE/ZUTEILUNGSIN
HABER26GHZ.PDF?__BLOB=PUBLICATIONFILE&V=5. \[ÚLTIMO ACCESO: 10 DICIEMBRE 2024\].](https://www.bundesnetzagentur.de/shareddocs/downloads/de/sachgebiete/telekommunikation/unternehmen_institutionen/frequenzen/offentlichenetze/lokalenetze/zuteilungsinhaber26ghz.pdf?__blob=publicationfile&v=5)**
- [20] ALIANZA 450 MHZ, «450 MHZ ALLIANCE OFFICIAL WEBSITE: NOKIA WILL BUILD A NETWORK IN THE 450
MHZ AND 410 MHZ BANDS TO ENABLE INDUSTRY 4.0 CASES IN ARGENTINA,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE:
[HTTPS://450ALLIANCE.ORG/NOKIA-WILL-BUILD-A-NETWORK-IN-THE-450-MHZ-AND-410-MHZ-BANDS-TO-
ENABLE-INDUSTRY-4-0-CASES/. \[ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024\].](https://450alliance.org/nokia-will-build-a-network-in-the-450-mhz-and-410-mhz-bands-to-enable-industry-4-0-cases/)**
- [21] NOKIA, «NOKIA OFFICIAL WEBSITE: NOKIA PRIVATE LTE SELECTED BY ALVIS TO CONNECT RURAL REGIONS
AND BOOST INDUSTRY 4.0 ACROSS ARGENTINA,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE:
[HTTPS://WWW.NOKIA.COM/ABOUT-US/NEWS/RELEASES/2021/10/27/NOKIA-PRIVATE-LTE-SELECTED-BY-](https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/10/27/nokia-private-lte-selected-by-)**

ALVIS-TO-CONNECT-RURAL-REGIONS-AND-BOOST-INDUSTRY-40-ACROSS-ARGENTINA/. [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].

[22] NOKIA, «NOKIA OFFICIAL WEBSITE: NOKIA PRIVATE LTE CHOSEN BY BAHRAIN'S ELECTRICITY AND WATER AUTHORITY TO DIGITALIZE DISTRIBUTION NETWORK,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.NOKIA.COM/ABOUT-US/NEWS/RELEASES/2021/11/17/NOKIA-PRIVATE-LTE-CHOSEN-BY-BAHRAINS-ELECTRICITY-AND-WATER-AUTHORITY-TO-DIGITALIZE-DISTRIBUTION-NETWORK/](https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/11/17/nokia-private-lte-chosen-by-bahraains-electricity-and-water-authority-to-digitalize-distribution-network/). [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].

[23] GACETA OFICIAL BELGA, «REAL DECRETO SOBRE PRIVADO LOCAL REDES DE RADIO DE BANDA ANCHA: 2023042829,» GACETA OFICIAL BELGA, 4 JUNIO 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.EJUSTICE.JUST.FGOV.BE/CGI/ARTICLE.PL?LANGUAGE=NL&SUM_DATE=2024-11-06&PD_SEARCH=2023-07-27&NUMAC_SEARCH=2023042829&PAGE=1&LG_TXT=N&CALLER=LIST&2023042829=0&VIEW_NUMAC=&HTIT=PRIVATE+LOKALE+BREEDBANDRADIONETWERKEN&NUMAC=2023042829&CHOIX1=EN&CHOIX](https://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/article.pl?language=nl&sum_date=2024-11-06&pd_search=2023-07-27&numac_search=2023042829&page=1&lg_txt=N&caller=LIST&2023042829=0&view_numac=&hTit=PRIVATE+LOKALE+BREEDBANDRADIONETWERKEN&numac=2023042829&choix1=EN&choix). [ÚLTIMO ACCESO: 11 DICIEMBRE 2024].

[24] BIPT, «DECISIÓN DE 19 DE DICIEMBRE DE 2023 SOBRE REDES LOCALES PRIVADAS EN LA BANDA 3800-4200 MHZ Y ASIGNACIÓN DE CÓDIGOS DE RED MÓVIL E.212,» 19 DICIEMBRE 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.BIPT.BE/FILE/CC73D96153BBD5448A56F19D925D05B1379C7F21/8DBE3F9C23FA19652AFC40D5AD224478D43C17FA/BESLUIT_PRIVATE_LOKALE_NETWERKEN_3800-4200MHZ-BAND_2023-12-19.PDF](https://www.bipt.be/file/cc73d96153bbd5448a56f19d925d05b1379c7f21/8dbe3f9c23fa19652afc40d5ad224478d43c17fa/besluit_private_lokale_netwerken_3800-4200mhz-band_2023-12-19.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 11 DICIEMBRE 2024].

- [25] ANATEL, «RESOLUCIÓN N° 711, DE 28 DE MAYO DE 2019,» 10 OCTUBRE 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://INFORMACOES.ANATEL.GOV.BR/LEGISLACAO/RESOLUCOES/2019/1285-RESOLUCAO-711](https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2019/1285-resolucao-711). [ÚLTIMO ACCESO: 16 ENERO 2025].
- [26] ANATEL, «RESOLUCIÓN ANATEL N° 772,» 16 ENERO 2025. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://INFORMACOES.ANATEL.GOV.BR/LEGISLACAO/RESOLUCOES/2025/2001-RESOLUCAO-772](https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2025/2001-resolucao-772). [ÚLTIMO ACCESO: 6 JUNIO 2025].
- [27] CULLEN INTERNATIONAL, «FLSPBR20210004: BRAZILIAN REGULATOR AWARDS MULTI-BAND SPECTRUM TO PROMOTE 5G SERVICES,» CULLEN, 13 DE NOVIEMBRE DE 2021.
- [28] ANATEL, «LEY NO. 915,» 1 FEBRERO 2025. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://INFORMACOES.ANATEL.GOV.BR/LEGISLACAO/ATOS-DE-REQUISITOS-TECNICOS-DE-GESTAO-DO-ESPECTRO/2024/1920-ATO-915](https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2024/1920-ato-915). [ÚLTIMO ACCESO: 6 JUNIO 2025].
- [29] ANATEL, «LEY NO. 2962,» 28 ABRIL 2021. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://INFORMACOES.ANATEL.GOV.BR/LEGISLACAO/ATOS-DE-REQUISITOS-TECNICOS-DE-GESTAO-DO-ESPECTRO/2021/1529-ATO-2962](https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2021/1529-ato-2962). [ÚLTIMO ACCESO: 6 JUNIO 2025].

- [30] ANATEL, «LEY NO. 16539,» 27 NOVIEMBRE 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://INFORMACOES.ANATEL.GOV.BR/LEGISLACAO/ATOS-DE-REQUISITOS-TECNICOS-DE-GESTAO-DO-ESPECTRO/2023/1904-ATO-16539](https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2023/1904-ato-16539). [ÚLTIMO ACCESO: 6 JUNIO 2025].
- [31] FCC, «3.5 GHZ BAND OVERVIEW,» 3 ABRIL 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.FCC.GOV/WIRELESS/BUREAU-DIVISIONS/MOBILITY-DIVISION/35-GHZ-BAND/35-GHZ-BAND-OVERVIEW](https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/35-ghz-band/35-ghz-band-overview). [ÚLTIMO ACCESO: 7 MARZO 2025].
- [32] ARCEP, «PANEL DE EXPERIMENTOS INDUSTRIALES E INNOVADORES 5G EN FRANCIA,» 2 ABRIL 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ARCEP.FR/CARTES-ET-DONNEES/NOS-PUBLICATIONS-CHIFFREES/EXPERIMENTATIONS-5G-EN-FRANCE/TABLEAU-DE-BORD-DES-EXPERIMENTATIONS-5G-EN-FRANCE.HTML#C31574](https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-de-bord-des-experimentations-5g-en-france.html#c31574). [ÚLTIMO ACCESO: 16 DICIEMBRE 2024].
- [33] ARCEP, «TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LAS EMPRESAS: PLATAFORMAS DE EXPERIMENTACIÓN 5G EN LA BANDA 3,8 - 4,0 GHZ PARA EMPRESAS E INDUSTRIAS,» 20 DICIEMBRE 2022. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.ARCEP.FR/MES-DEMARCHES-ET-SERVICES/ENTREPRISES/FICHES-PRATIQUES/TRANSFORMATION-NUMERIQUE-DES-ENTREPRISES/PLATEFORMES-DEXPERIMENTATION-5G-DANS-LA-BANDE-38-40-GHZ-POUR-LES-ENTREPRISES-ET-INDUSTRIELS.HTML](https://www.arcep.fr/mes-demarches-et-services/entreprises/fiches-pratiques/transformation-numerique-des-entreprises/platformes-dexperimentation-5g-dans-la-bande-38-40-ghz-pour-les-entreprises-et-industriels.html). [ÚLTIMO ACCESO: 16 DICIEMBRE 2024].
- [34] ARCEP, «NOTA DE PRENSA - REDES 5G: EL GOBIERNO Y ARCEP PIDEN LA CREACIÓN DE PLATAFORMAS DE EXPERIMENTACIÓN 5G EN LA BANDA DE 26 GHZ,» 31 ENERO 2019. [EN LÍNEA]. AVAILABLE:

[HTTPS://WWW.ARCEP.FR/ACTUALITES/ACTUALITES-ET-COMMUNIQUEES/DETAIL/N/5G-3.HTML](https://www.arcep.fr/actualites/actualites-et-communiqués/detail/n/5g-3.html). [ÚLTIMO ACCESO: 16 DICIEMBRE 2024].

[35] REPÚBLICA FRANCESA, «PLATAFORMA ABIERTA PARA LOS DATOS PÚBLICOS FRANCESES: EXPERIMENTOS 5G,» 2024 OCTUBRE 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.DATA.GOUV.FR/FR/DATASETS/65B239A4A6929285A8262D83/](https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/65b239a4a6929285a8262d83/). [ÚLTIMO ACCESO: 16 DICIEMBRE 2024].

[36] ALIANZA 450 MHZ, «COSMOTE BUYS 410MHZ LICENCE,» 16 MAYO 2022. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://450ALLIANCE.ORG/COSMOTE-BUYS-410MHZ-LICENCE/](https://450alliance.org/cosmote-buys-410mhz-licence/). [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].

[37] COMREG, «COMMISSION FOR COMMUNICATIONS REGULATION OFFICIAL WEBSITE,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.COMREG.IE/COMREG-COMPLETES-THE-400-MHZ-SPECTRUM-AWARD/](https://www.comreg.ie/comreg-completes-the-400-mhz-spectrum-award/). [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].

[38] NKOM, «REGULATION OF LOCAL NETWORKS IN 3.8-4.2 GHZ,» ENERO 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://NKOM.NO/AKTUELT/NKOM-HAS-OPENED-3-8-4-2-GHZ-FOR-LOCAL-AREA-5G-NETWORKS/_/ATTACHMENT/DOWNLOAD/CEDBA85D-FEBE-41AB-BFBA-348A118F7150:2288B83DFE5E9DEEA2BF5C153A397354A795B0CF/REGULATION%20OF%203,8-4,2%20GHZ%20DECEMBER%202022.PDF](https://nkom.no/aktuelt/nkom-has-opened-3-8-4-2-ghz-for-local-area-5g-networks/_/attachment/download/cedba85d-febe-41ab-bfba-348a118f7150:2288b83dfe5e9deea2bf5c153a397354a795b0cf/regulation%20of%203,8-4,2%20ghz%20december%202022.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 11 DICIEMBRE 2024].

- [39] AGENCIA DANESA DE INFRAESTRUCTURA Y SUMINISTRO DE DATOS, «MAPEO DE NECESIDADES DE FRECUENCIAS PARA SOLUCIONES INDIVIDUALES DE LA EMPRESA (REDES LOCALES, PRIVADAS), LAS POSIBILIDADES DE PONER FRECUENCIAS A DISPOSICIÓN Y HACER CUALQUIER AJUSTES A LA ADMINISTRACIÓN DEL ÁREA,» 20 DICIEMBRE 2023. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: <HTTPS://PRODSTORAGEHOERINGSPO.BLOB.CORE.WINDOWS.NET/B7D4894C-5EAB-496E-972F-B7C663DD7000/SAMMENFATTENDE%20NOTAT%20OM%20KORTL%C3%A6GNING%20AF%20BEHOVET%20FOR%20FREKVENSER,%20MULIGHEDERNE%20FOR%20AT%20STILLE%20FREKVENSER%20TIL%20R%C3%A5DIGHED%20SAMT%20FORET>. [ÚLTIMO ACCESO: 12 DICIEMBRE 2024].
- [40] UKE, *DC.WAP.514.9.2020.30*, VARSOVIA, POLONIA, 23 DE DICIEMBRE DE 2020.
- [41] UKE, *DC.WAP.514.9.2020.30 ANEXO 1*, VARSOVIA, POLONIA, 23 DE DICIEMBRE DE 2020.
- [42] PTS, «PERMISO Y NOTIFICACIÓN - SOLICITUD DE PERMISOS LOCALES EN LAS BANDAS DE 3,7 GHZ Y 26 GHZ,» 14 MAYO 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: <HTTPS://WWW.PTS.SE/TILLSTAND-OCH-ANMALAN/RADIO/LOKALA-TILLSTAND-37-GHZ--OCH-26-GHZ-BANDEN/>. [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].
- [43] PTS, «CONDICIONES DE AUTORIZACIÓN DENTRO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 3720–3800 MHZ,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE: <HTTPS://WWW.PTS.SE/CONTENTASSETS/4BF2AA62C41C49C394E40CDC9A306829/BILAGA-2-TILLSTANDSVILLKOR-FOR-3720-3800-MHZ.PDF>. [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].

- [44] PTS, «TARIFAS DE LICENCIA DE RADIO Y FACTURACIÓN,» 14 MAYO 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.PTS.SE/RADIO/RADIOTILLSTAND/AVGIFTER-FOR-RADIOTILLSTAND/](https://www.pts.se/radio/radiotillstand/avgifter-for-radiotillstand/). [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].
- [45] PTS, «CONDICIONES DE LICENCIA PARA 24,25-25,25 GHZ,» [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.PTS.SE/CONTENTASSETS/4BF2AA62C41C49C394E40CDC9A306829/TILLSTANDSVILLKOR-FOR-24252525-GHZ.PDF](https://www.pts.se/contentassets/4bf2aa62c41c49c394e40cdc9a306829/tillstandsvillkor-for-24252525-ghz.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 19 DICIEMBRE 2024].
- [46] OFCOM, *ENABLING WIRELESS INNOVATION THROUGH LOCAL LICENSING - SHARED ACCESS TO SPECTRUM SUPPORTING MOBILE TECHNOLOGY*, LONDRES, REINO UNIDO, 2019.
- [47] OFCOM, *SHARED ACCESS LICENCE - GUIDANCE DOCUMENT*, LONDRES, REINO UNIDO, 2024.
- [48] OFCOM, «SPECTRUM INFORMATION PORTAL,» 8 MARZO 2024. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.OFCOM.ORG.UK/SPECTRUM/FREQUENCIES/SPECTRUM-INFORMATION-PORTAL/](https://www.ofcom.org.uk/spectrum/frequencies/spectrum-information-portal/). [ÚLTIMO ACCESO: 17 DICIEMBRE 2024].
- [49] NORDIC TELECOM SYSTEM, *REQUEST FOR PROPOSAL: RUGGED LTE 410-430 MHZ TERMINAL FOR PPDR V1.0*, PRAGA, REPÚBLICA CHECA, 16 DE MARZO DE 2020.

- [50] **3GPP - TECHNICAL SPECIFICATION GROUP RADIO ACCESS NETWORK, 3GPP TS 36.101 V18.7.0: EVOLVED UNIVERSAL TERRESTRIAL RADIO ACCESS (E-UTRA): USER EQUIPMENT (UE) RADIO TRANSMISSION AND RECEPTION (RELEASE 18), VALBONNE, FRANCIA, SEPTIEMBRE DE 2024.**
- [51] **ALIANZA 450 MHZ, ANNUAL GLOBAL UPDATE, DICIEMBRE DE 2023.**
- [52] **ANE, RESOLUCIÓN 105 DE 2020, BOGOTÁ D.C., 2020.**
- [53] **3GPP - TECHNICAL SPECIFICATION GROUP RADIO ACCESS NETWORK, 3GPP TS 38.101-1 V18.7.0: NR - USER EQUIPMENT (UE) RADIO TRANSMISSION AND RECEPTION - PART 1: RANGE 1 STANDALONE (RELEASE 18), VALBONNE, FRANCIA, SEPTIEMBRE DE 2024.**
- [54] **MINTIC, RESOLUCIÓN 3947 DE 2023, BOGOTÁ D.C., 2023.**
- [55] **GSMA, 5G TDD SYNCHRONISATION: GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS FOR THE COEXISTENCE OF TDD NETWORKS IN THE 3.5 GHZ RANGE, LONDRES, UK: GSMA, ABRIL DE 2020.**

- [56] **3GPP - TECHNICAL SPECIFICATION GROUP RADIO ACCESS NETWORK, 3GPP TS 38.104 V18.7.0: BASE STATION (BS) RADIO TRANSMISSION AND RECEPTION (RELEASE 18), VALBONNE, FRANCIA, SEPTIEMBRE DE 2024.**
- [57] **COMISIÓN EUROPEA, DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2019/235 DE LA COMISIÓN: POR LA QUE SE MODIFICA LA DECISIÓN 2008/411/CE EN LO QUE RESPECTA A UNA ACTUALIZACIÓN DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS PERTINENTES APLICABLES A LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 3 400-3 800 MHZ, BRUSELAS, BÉLGICA, 24 DE ENERO DE 2019.**
- [58] **3GPP - TECHNICAL SPECIFICATION GROUP RADIO ACCESS NETWORK, 3GPP TS 38.101-2 V18.7.0: NR - USER EQUIPMENT (UE) RADIO TRANSMISSION AND RECEPTION - PART 2: RANGE 2 STANDALONE (RELEASE 18), VALBONNE, FRANCIA, SEPTIEMBRE DE 2024.**
- [59] **PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, DECRETO 930 DE 1992 - POR EL CUAL SE REGLAMENTA EL ESTABLECIMIENTO DE REDES PRIVADAS DE TELECOMUNICACIONES Y LA UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DESTINADO A ESTOS EFECTOS., BOGOTÁ D.C.: D.O. NO. 40468, 4 DE JUNIO DE 1992.**

Tabla 10. Casos internacionales de uso de espectro para redes privadas.

País	Banda de frecuencias (MHz)	Ancho de banda (MHz)	Plan de banda	Mecanismo de asignación	Cantidad de permisos
Región 1					
Alemania	3700 - 3800	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	TDD	Primer llegado primer servido	441
	24250 - 27500	50, 100, 150, 200, 400, 600, 800	TDD	Primer llegado primer servido	24
Bahréin	410 - 415 420 - 425	1.4, 3 y 5	FDD	Licencia única	1
Bélgica	3800 - 3840 3880 - 3960	20, 40	TDD	Primer llegado primer servido	-
Francia	3800 - 4000	Hasta 100	TDD	Primer llegado primer servido	87
	26500 - 27500	Hasta 800	TDD	Primer llegado primer servido	13
Grecia	410 - 412 420 - 422	-	FDD	Licencia única	1
Irlanda	410 - 414 420 - 424	0.1 y 3	FDD	Licencia única	1
Noruega	3800 - 4200	20, 40, 60 y 80	TDD	Primer llegado primer servido	-
Polonia	412.5 - 415 422.5 - 425	-	FDD	Licencia única	1
Suecia	3720 - 3800	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80	TDD	Primer llegado primer servido	-
	24250 - 25250	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400	TDD	Primer llegado primer servido	-

País	Banda de frecuencias (MHz)	Ancho de banda (MHz)	Plan de banda	Mecanismo de asignación	Cantidad de permisos
Reino Unido	3805 - 4195	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100	TDD	Primer llegado primer servido	593
	24250 - 26500	50, 100 y 200	TDD	Primer llegado primer servido	1
República Checa	410 - 413 420 - 423	3	FDD	Licencia única	1
Región 2					
Argentina	410	-	FDD	Licencia única	1
Brasil	3680 - 3800	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100	TDD	Primer llegado primer servido	-
Estados Unidos	3550 - 3700	Bloques de 10	TDD	Acceso de tres niveles	-

Fuente: Elaboración propia con información de [16], [17], [20], [21], [22], [23] [24], [25], [38], [31], [33], [34], [35], [36], [37], [40], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48] y [49].