



AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN TOPES DE ESPECTRO PARA IMT

MARZO DE 2026

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 600030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
1. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COMO PILAR ESTRATÉGICO PARA LA CONECTIVIDAD Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	8
1.1. Efectos del acceso al espectro radioeléctrico en la conectividad y en el bienestar social.....	9
1.1.1. Espectro radioeléctrico como insumo estratégico de la economía digital	9
1.1.2. Espectro disponible y desempeño de las redes móviles	13
1.1.3. Fundamentos de política pública de los topes de espectro.....	16
1.1.4. Costos económicos asociados a la subasignación de espectro.....	20
1.1.4.1. Evidencia económica sobre los costos de la subasignación de espectro	20
1.1.4.2. Análisis microeconómico del bienestar asociado a los topes de espectro	22
2. LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA.....	27
3. PANORAMA DEL ESPECTRO IMT POR ASIGNAR EN COLOMBIA.	31
4. ANTECEDENTES DE LA ASIGNACIÓN DE ESPECTRO IMT EN EL PAÍS....	34
4.1. Evolución de las asignaciones de espectro IMT y del marco normativo de los topes de espectro.....	34
4.2. Tenencias de espectro IMT en Colombia	42
5. BENCHMARKING INTERNACIONAL	45
5.1. Fijación de topes de espectro a nivel internacional	47
5.2. Asignaciones de espectro a nivel internacional	52
6. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE TOPE DE ESPECTRO MEDIANTE HOLGURA CON BASE EN EL BENCHMARKING INTERNACIONAL	57
6.1. Concepto de holgura	58
6.2. Cálculo de holgura	60

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





6.2.1.	Aplicación cálculo de holgura	63
6.3.	Número de operadores	66
6.4.	Cálculo de holgura para la fijación de tope de espectro	66
6.4.1.	Cálculo de holgura para la fijación de tope de espectro para bandas bajas y bandas medias.....	67
7.	PROPUESTA DE NUEVAS CONDICIONES APLICABLES A TOPES DE ESPECTRO	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Efectos de los excedentes del productor y del consumidor ante cambios en el precio y la cantidad de espectro	25
Tabla 2	Espectro para IMT asignado y disponible para ofertar en bandas que han sido objeto de procesos de asignación.	32
Tabla 3	Tipos de tope de espectro	45
Tabla 4	Forma de aplicación de topes de espectro en Región 1	46
Tabla 5	Forma de aplicación de topes de espectro en Región 2.....	46
Tabla 6	Otras agrupaciones de espectro para la Fijación de topes de espectro en Región 1	49
Tabla 7	Fijación de topes para espectro con licencias regionales.....	51
Tabla 8	Ficha técnica base de datos benchmarking internacional sobre topes de espectro	60
Tabla 9	Definición de las variables para la aplicación de la metodología para el cálculo de tope de espectro mediante holgura con base en el benchmarking internacional	61
Tabla 10	Propuesta modificación topes de espectro	73

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Representación de oferta y demanda de espectro ante una modificación de topes	24
Figura 2 Evolución de la asignación de espectro en Colombia.....	39
Figura 3 Asignación de espectro IMT a operadores móviles en Colombia – febrero 2026.....	40
Figura 4 Cantidades de espectro para IMT asignadas por operador en relación con los topes fijados para bandas bajas entre 2013 a 2023.....	41
Figura 5 Cantidades de espectro para IMT asignadas por operador en relación con los topes fijados para bandas medias entre 2013 a 2023	41
Figura 6 Porcentajes de tenencia de espectro IMT asignado en Bandas bajas y Bandas medias en Colombia por PRST	43
Figura 7 Máximo tope de espectro en Región 1	48
Figura 8 Máximo tope de espectro en Región 2.....	48
Figura 9 Topes de espectro para bandas altas (>6 GHz) – países seleccionados de la Región 1	50
Figura 10 Topes de espectro para bandas altas (>6 GHz) – Países seleccionados de la Región 2	50
Figura 11 Cantidad de espectro asignado en bandas bajas < 1 GHz y bandas medias entre 1 GHz y 3 GHz - Región 2	52
Figura 12 Cantidad de espectro asignado en bandas bajas < 1 GHz y bandas medias entre 1 GHz y 3 GHz - Región 1	53
Figura 13 Cantidad de espectro asignado en bandas medias altas entre 3 GHz y 6 GHz (banda 3500 MHz) - Región 2	54
Figura 14 Cantidad de espectro asignado en bandas medias altas entre 3 GHz y 6 GHz (banda 3500 MHz) - Región 1	55
Figura 15 Cantidad de espectro asignado Bandas Bajas y Bandas Medias- Región 2 (MHz por millón de habitantes)	56
Figura 16 Cantidad de espectro asignado Bandas Bajas y Bandas Medias- Región 1 (MHz por millón de habitantes)	57
Figura 17 Ejemplo de la aplicación del cálculo de holgura.....	64
Figura 18 Cálculo de rangos a partir de la metodología de holgura para bandas bajas y medias	71

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANE	Agencia Nacional del Espectro
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
MINTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
PCS	Servicios de Comunicación Personal
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PRST	Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UT	Unión Temporal

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





INTRODUCCIÓN

El espectro radioeléctrico es uno de los insumos más importantes para la provisión de los servicios de telecomunicaciones inalámbricas que a la vez son un elemento clave en la transformación tecnológica que está viviendo la sociedad. Dicha transformación, se ve apalancada con el creciente desarrollo de tecnologías como la inteligencia artificial, la analítica de datos, las aplicaciones de comunicaciones de quinta generación (5G), entre otras. En este sentido, la adecuada gestión del espectro radioeléctrico puede propiciar un mejor aprovechamiento de estas tecnologías en beneficio de la sociedad.

Más concretamente, la gestión del espectro impacta directamente en el desarrollo de un país, ya que promueve la conectividad y la digitalización de la economía como herramientas para generar bienestar social a través de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), propiciando factores como el empleo, la inclusión social, la seguridad pública, la calidad y acceso a la salud y la educación entre muchos otros (Fedesarrollo, 2011).

En este sentido, diferentes países han incorporado los beneficios de las TIC de forma directa en sus políticas de desarrollo económico sostenible involucrando la tecnología y la innovación de las telecomunicaciones, como ejes transversales que juegan un papel clave e indispensable en cualquier política pública (Maneejuk, 2020).

Por lo tanto, al ser el espectro un recurso tan importante en la cadena de valor de las TIC resulta apremiante habilitar el acceso oportuno al mismo, dado que, si este recurso se encuentra disponible y no se asigna, no es posible aprovechar los beneficios que conlleva su utilización. Es por esta razón que, desde la administración del espectro en Colombia, el MINTIC y la ANE adelantan esfuerzos en aras del óptimo aprovechamiento del espectro como recurso escaso en términos de competencia, calidad y eficiencia y así mismo que su asignación contribuya al desarrollo sostenible y fomente la maximización del bienestar social y la inversión.

En este sentido, las administraciones han utilizado la fijación de topes de espectro como una herramienta que establece la máxima cantidad del espectro a la que un interesado puede acceder, lo cual atiende diversos objetivos de

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





política pública, como buscar procesos competitivos y evitar el acaparamiento del recurso.

La fijación de topes busca que el espectro se asigne de forma efectiva y equitativa buscando el uso eficiente de este bien finito. Adicionalmente, a partir de la expedición de la Ley 1978 de 2019, es objetivo de la política pública del sector buscar la maximización del bienestar social y el cierre de la brecha digital en los procesos de asignación.

En ejercicio de su función de "*Asesorar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con el espectro radioeléctrico*", la Agencia Nacional del Espectro (ANE), presenta su recomendación al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) respecto de la revisión y modificación de los topes de espectro aplicables a los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) que prestan el servicio móvil en bandas identificadas para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés). Para tal efecto, la Agencia adelantó el estudio técnico correspondiente, con el objetivo de proponer la modificación a la que hace referencia el presente documento.

Para el desarrollo de esta propuesta, la ANE revisó el panorama nacional del espectro identificado para las IMT disponible para asignar en el país, evidenciando que en el corto plazo los remanentes¹, las recientes devoluciones² y el espectro reservado para el futuro desarrollo de las IMT, reflejan la existencia de disponibilidad de este recurso en el mediano plazo.

Lo anterior, cobra especial relevancia si se tiene en cuenta el impacto que el acceso a mayores cantidades de espectro puede tener en el bienestar social y económico del país. Al respecto, algunos estudios han encontrado por ejemplo que un aumento del 10% de la inversión en infraestructura para el desarrollo

¹ Remanentes: Espectro radioeléctrico en las bandas atribuidas al servicio de radiocomunicaciones móviles e identificadas para las IMT que hayan formado parte de procesos de selección objetiva y en las que exista espectro disponible, o frecuencias radioeléctricas asignadas en procesos de selección objetiva anteriores que hayan sido devueltas al MINISTERIO por el PRST asignatario de dicho espectro o sobre el que haya operado la cancelación del permiso respectivo por cualquier causa.

Por lo tanto, se encuentra disponible para ofertar y asignar.

² Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). Resolución 61548 de 2023 y Resolución 94169 de 2025 "Por la cual se condiciona una operación de integración".

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





digital contribuye a sacar de la pobreza a cerca de 375,000 personas (García Zaballos A. I., 2023).

Así las cosas, dada la disponibilidad de espectro y los efectos positivos que el uso de este recurso genera a nivel social y económico en el país, se considera oportuno proponer una modificación de los topes vigentes de espectro identificado para IMT.

Para esta modificación, se realizó la revisión a nivel internacional de las asignaciones de espectro y de los topes fijados con sus respectivos procesos de asignación en países de Europa y América. Para la fijación de los topes de espectro se hace uso de la metodología establecida en Colombia, tradicionalmente denominada "Holgura". Dicha metodología ha sido considerada en la formulación de la recomendación que se presenta en este documento, y que a su vez se encuentra alineada con las políticas públicas vigentes.

El documento contiene cinco capítulos: El primero corresponde a la importancia del espectro para el bienestar social y económico del país; el segundo plasma los antecedentes de la asignación de espectro en el país; en el tercero se expone el resultado de la revisión internacional; en el cuarto capítulo se realiza la aplicación de la metodología de holgura para la definición de topes de espectro y, por último, en el quinto capítulo se exponen los topes propuestos.

1. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO COMO PILAR ESTRATÉGICO PARA LA CONECTIVIDAD Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El espectro radioeléctrico constituye un bien público, y recurso limitado que representa un insumo esencial para proveer servicios de telecomunicaciones. En tal sentido, su adecuada gestión permite la prestación de servicios por parte de PRST a la ciudadanía en general. En el marco de la transformación digital, la administración eficiente y oportuna de este recurso se configura como un pilar estratégico para el cierre de brechas de acceso, y el fortalecimiento del desarrollo económico. Así mismo, la planificación, la asignación y el uso eficiente del espectro contribuyen al logro de los objetivos de desarrollo sostenible al promover la innovación tecnológica, el despliegue de infraestructura y la prestación de servicios que impactan de manera positiva sectores estratégicos

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





como la educación, la salud, la productividad y la gestión ambiental, en concordancia con los lineamientos de política pública vigentes.

Por lo anterior, resulta fundamental evidenciar los efectos del acceso al espectro radioeléctrico sobre la conectividad y el bienestar social, bajo la premisa de que este recurso debe ser concebido entre otros aspectos, como un insumo estratégico para el desarrollo de la economía digital. En este contexto, desde la teoría económica, adquiere especial relevancia analizar la relación entre la disponibilidad del espectro y el desempeño de las redes móviles, así como examinar la evidencia económica sobre los costos de la subasignación de espectro. De igual forma, es pertinente abordar los fundamentos de política pública de los topes de espectro, junto con un análisis microeconómico del bienestar asociado a estos.

1.1. Efectos del acceso al espectro radioeléctrico en la conectividad y en el bienestar social

1.1.1. Espectro radioeléctrico como insumo estratégico de la economía digital

El espectro radioeléctrico constituye un insumo esencial para el funcionamiento de las redes modernas de telecomunicaciones y, en particular, para el despliegue de redes móviles de banda ancha que sustentan el desarrollo de la economía digital contemporánea. Desde una perspectiva económica, el espectro puede entenderse como un recurso natural limitado cuya adecuada asignación y utilización determinan la capacidad de las redes de telecomunicaciones para ofrecer servicios de conectividad de alta calidad, soportar el crecimiento sostenido del tráfico de datos y facilitar la adopción de nuevas aplicaciones digitales (OCDE, 2022). En efecto, el espectro constituye un recurso nacional estratégico que habilita una amplia variedad de servicios inalámbricos, incluyendo comunicaciones móviles, satelitales, aeronáuticas y de radiodifusión, que sustentan múltiples actividades económicas y sociales, así como la transformación digital de distintos sectores productivos (UIT, 2015) (OCDE, 2022).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





A diferencia de otros recursos productivos, el espectro presenta características técnicas y económicas específicas que condicionan su gestión, pues es un recurso limitado, no almacenable y cuyo uso simultáneo por múltiples agentes requiere mecanismos institucionales de coordinación para evitar interferencias perjudiciales entre sistemas de radiocomunicaciones (UIT, 2015). Estas particularidades explican por qué la administración del espectro radioeléctrico se ha consolidado como una función central de la política pública en el sector de telecomunicaciones, orientada a garantizar su uso eficiente y a maximizar los beneficios sociales derivados de los servicios que se prestan sobre él (UIT, 2015) (OCDE, 2022).

En el caso colombiano, la relevancia estratégica de este recurso también se encuentra reconocida en el marco constitucional. De acuerdo con los artículos 75, 101 y 102 de la Constitución Política de Colombia, el espectro electromagnético es un bien público que forma parte del patrimonio colectivo de la Nación³ y cuya gestión corresponde al Estado, el cual debe garantizar su utilización en condiciones que promuevan el pluralismo informativo, la competencia y el acceso equitativo a los servicios de comunicación. En virtud de este mandato, el espectro radioeléctrico está sujeto a la administración, regulación, vigilancia y control del Estado, con el propósito de evitar prácticas monopolísticas y asegurar que su aprovechamiento responda al interés general. En este sentido, el carácter público y estratégico del espectro implica que su gestión no solo debe orientarse a garantizar la continuidad, calidad y expansión de los servicios de telecomunicaciones, sino también a promover el desarrollo económico y social del país mediante la ampliación de la conectividad y la reducción de brechas digitales.

En el ámbito internacional, el espectro radioeléctrico es reconocido como un componente crítico de la infraestructura que sustenta la transformación digital de las economías modernas (OCDE, 2022). La creciente demanda de conectividad exige que los Estados gestionen este recurso de manera planificada, transparente y orientada al interés público, articulando los lineamientos internacionales establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) con las necesidades y prioridades nacionales. En Colombia, esta responsabilidad recae principalmente en el MINTIC y en la ANE,

³ No le pertenece ni a particulares ni a una entidad estatal específica.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





entidades encargadas de planificar, atribuir, asignar, otorgar y supervisar el uso del espectro conforme a los principios de eficiencia, equidad y transparencia. En este contexto, la gestión del espectro se estructura en torno a un ciclo continuo que comprende la planificación, atribución, asignación, otorgamiento y vigilancia del recurso, cuyas etapas permiten asegurar su utilización eficiente y orientada a la maximización del bienestar social, así como a la promoción de la inversión, la innovación tecnológica y el cierre de brechas de conectividad (UIT, 2015) (OCDE, 2022).

La importancia económica del espectro radioeléctrico se encuentra estrechamente vinculada al papel que desempeñan las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la transformación estructural de las economías contemporáneas. En particular, el espectro constituye un insumo fundamental para el despliegue de redes inalámbricas y servicios de banda ancha móvil, los cuales se han consolidado como una infraestructura crítica para el funcionamiento de la economía digital. Desde la perspectiva de la economía del desarrollo y de la economía de las telecomunicaciones, existe un amplio consenso en la literatura empírica respecto a que la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones, y especialmente de los servicios de banda ancha, genera efectos positivos sobre el crecimiento económico, la productividad y la capacidad de innovación de las economías (Qiang & Rossotto, 2009). Estos efectos se explican, entre otros factores, por la capacidad de las redes de comunicaciones para facilitar la difusión del conocimiento, mejorar la coordinación entre agentes económicos, ampliar el acceso a mercados y reducir los costos de transacción asociados al intercambio de bienes, servicios e información (Qiang & Rossotto, 2009) (Röller & Waverman, 2001).

Diversos estudios empíricos han encontrado evidencia robusta sobre la relación entre la penetración de servicios de banda ancha y el desempeño macroeconómico. En particular, (Czernich, Kretschmer, & Woessmann, 2011) estiman que el incremento en la penetración de banda ancha tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo sobre el crecimiento del producto interno bruto en países de la OCDE, mientras que (Koutroumpis, 2009) muestra que el desarrollo de redes de banda ancha contribuye a mejorar la productividad agregada y a generar externalidades positivas derivadas de los efectos de red asociados a la expansión de la conectividad digital. Resultados similares han sido documentados por (Greenstein & McDevitt, 2011), quienes encuentran que la

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





difusión de la banda ancha en Estados Unidos generó beneficios económicos significativos asociados a la expansión del acceso a servicios digitales y al aumento de la eficiencia productiva en múltiples sectores de la economía. De manera complementaria, (Katz R. , 2012) señala que el despliegue de infraestructura de banda ancha tiene efectos multiplicadores sobre el crecimiento económico al estimular la inversión, facilitar la digitalización de procesos productivos y habilitar la creación de nuevos modelos de negocio basados en plataformas digitales.

De igual manera, la literatura reciente sugiere que estos efectos pueden ser aún más pronunciados en economías en desarrollo, donde la expansión de la conectividad digital contribuye a reducir brechas estructurales en el acceso a información, servicios financieros, educación y mercados laborales (Qiang & Rossotto, 2009). En este contexto, (Qiang & Rossotto, 2009) encuentran que el aumento en la penetración de banda ancha tiene un impacto significativo sobre el crecimiento económico en países en desarrollo, al facilitar la difusión del conocimiento, mejorar la eficiencia de los mercados y promover la integración económica. En línea con estos hallazgos, diversos estudios han señalado que la expansión de las redes móviles ha desempeñado un papel particularmente relevante en economías en desarrollo al permitir superar las limitaciones asociadas a la escasa infraestructura de telecomunicaciones fija y ampliar el acceso a servicios de comunicación y a información económica en contextos donde las redes tradicionales eran limitadas (Aker & Mbiti, 2010). En conjunto, esta evidencia empírica respalda la idea de que la infraestructura de banda ancha constituye un factor habilitador clave para la transformación digital de las economías y un motor relevante de crecimiento económico, productividad e innovación (Katz & Callorda, The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation, 2018).

En consecuencia, la disponibilidad y gestión eficiente del espectro radioeléctrico adquiere una relevancia estratégica para las políticas públicas orientadas a promover la expansión de la conectividad digital y a maximizar los beneficios económicos asociados al desarrollo de la economía digital. Dado que el espectro constituye un insumo esencial para el despliegue de redes móviles de banda ancha, infraestructura que sustenta una parte creciente de la actividad económica, la innovación tecnológica y la provisión de servicios digitales, su adecuada planificación, asignación y utilización inciden directamente en la

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





capacidad de los países para ampliar la cobertura de los servicios de conectividad, estimular la inversión en infraestructura de telecomunicaciones y favorecer el desarrollo de ecosistemas digitales dinámicos y competitivos.

En particular, la cantidad de espectro disponible para los operadores móviles tiene la potencialidad de influir en el desempeño técnico de las redes inalámbricas, al afectar la capacidad del sistema, las velocidades de transmisión y la calidad de los servicios de banda ancha móvil. No obstante, la literatura especializada subraya que el rendimiento de las redes móviles depende de la interacción entre diversos factores tecnológicos y de inversión, entre los cuales destacan la disponibilidad de espectro, la densidad de estaciones base y las mejoras en eficiencia espectral (Andrews & Zhang, 2014) (Oughton, Frias, van der Gaast, & van der Berg, 2019). En ese sentido, una gestión eficiente del espectro radioeléctrico permite maximizar el valor económico y social de este recurso estratégico al facilitar la expansión de redes de alta capacidad y potenciar los efectos positivos que la conectividad genera sobre la productividad, la innovación y el crecimiento económico (Katz & Callorda, The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation, 2018) (OCDE, 2022).

1.1.2. Espectro disponible y desempeño de las redes móviles

Una vez establecido el rol económico del espectro radioeléctrico, resulta necesario examinar la relación entre la disponibilidad de espectro radioeléctrico y el desempeño técnico de las redes móviles. Diversos estudios han documentado que la cantidad de espectro asignado a los operadores móviles constituye un determinante relevante de la capacidad de las redes para ofrecer servicios de banda ancha móvil de alta calidad (Andrews & Zhang, 2014) (Cave & Webb, 2015). En particular, la literatura empírica ha encontrado que incrementos en la disponibilidad de espectro se asocian con mejoras en indicadores clave como la cobertura poblacional, la velocidad de transmisión de datos y la calidad del servicio experimentada por los usuarios (Bahia & Castells, 2022). Análisis econométricos basados en muestras internacionales de operadores móviles muestran que las políticas de asignación de espectro tienen efectos significativos sobre el desempeño de las redes móviles. En particular, la evidencia sugiere que la asignación temprana de espectro para tecnologías de cuarta generación (4G) se asocia con mayores niveles de cobertura poblacional, mientras que mayores cantidades de espectro asignado contribuyen a mejorar

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





las velocidades promedio de descarga experimentadas por los usuarios (Bahia & Castells, 2022).

Desde una perspectiva técnica, la relación entre disponibilidad de espectro y desempeño de red se explica por el papel que juega el espectro radioeléctrico como insumo fundamental para la capacidad de los sistemas inalámbricos. En términos generales, la capacidad de una red móvil depende de la interacción entre diversos factores tecnológicos, entre los cuales se destacan el ancho de banda disponible para la transmisión de información, la densidad de estaciones base desplegadas en la red y la eficiencia espectral de las tecnologías de acceso radioeléctrico utilizadas (Andrews & Zhang, 2014) (Oughton, Frias, van der Gaast, & van der Berg, 2019). En particular, el ancho de banda constituye un determinante fundamental de la capacidad teórica de transmisión de un sistema de comunicaciones, principio que se deriva de los fundamentos de la teoría de la información y que ha sido ampliamente aplicado al análisis de sistemas inalámbricos modernos (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016) (Shannon, 1948).

En ese sentido, una mayor disponibilidad de espectro permite incrementar el ancho de banda utilizable por las redes móviles, lo que a su vez amplía la capacidad total del sistema para soportar mayores volúmenes de tráfico de datos y ofrecer velocidades de transmisión más elevadas a los usuarios finales (Andrews & Zhang, 2014). Este principio técnico constituye uno de los fundamentos del desarrollo de tecnologías avanzadas de banda ancha móvil, particularmente en el caso de las arquitecturas de quinta generación (5G), que buscan aprovechar bloques de espectro más amplios y mejorar la eficiencia espectral mediante técnicas avanzadas de acceso radioeléctrico, agregación de portadoras y sistemas de antenas múltiples (Andrews & Zhang, 2014) (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016).

No obstante, la literatura especializada también subraya que el desempeño de las redes móviles no depende exclusivamente de la disponibilidad de espectro, sino de la interacción entre este recurso y otros factores de inversión y arquitectura de red, especialmente la densidad de estaciones base, la topología de despliegue de las redes y la adopción de tecnologías más eficientes desde el punto de vista espectral, elementos que resultan fundamentales para

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





materializar las ganancias de capacidad asociadas al espectro adicional (Andrews & Zhang, 2014) (Oughton, Frias, van der Gaast, & van der Berg, 2019). En tal virtud, la expansión de la capacidad de las redes móviles suele implicar decisiones conjuntas de inversión en espectro y en infraestructura, así como la adopción de tecnologías que permitan aprovechar de manera más eficiente los recursos radioeléctricos disponibles (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Oughton, Frias, van der Gaast, & van der Berg, 2019).

La disponibilidad de espectro adquiere especial relevancia cuando se analiza el crecimiento sostenido del tráfico de datos móviles a nivel global. Diversos informes técnicos coinciden en señalar que el volumen de tráfico de datos móviles ha aumentado durante la última década, impulsado por la expansión de los servicios de banda ancha móvil y por el uso creciente de aplicaciones digitales intensivas en datos, particularmente servicios de video en línea y plataformas digitales interactivas (Ericsson, 2025) (ITU, Measuring Digital Development: Facts and Figures 2020, 2020). Las estimaciones de la industria muestran que el tráfico de datos móviles continúa creciendo a nivel mundial, reflejando cambios en los patrones de consumo digital y la creciente digitalización de múltiples actividades económicas y sociales (Ericsson, 2025) (GSMA, 2026).

Sin embargo, estudios recientes también indican que, aunque el volumen total de tráfico sigue aumentando, las tasas de crecimiento anual se han estabilizado en comparación con los niveles observados durante los primeros años de expansión de la banda ancha móvil (Ericsson, 2025) (Nokia, 2025). En tal sentido, la asignación oportuna y suficiente de espectro radioeléctrico se mantiene como un elemento fundamental para que las redes móviles puedan absorber el crecimiento del tráfico de datos sin deteriorar la calidad del servicio ni generar congestión en las redes, especialmente en escenarios de creciente densidad de usuarios y de adopción de aplicaciones digitales cada vez más intensivas en capacidad de transmisión.

En conjunto, la evidencia empírica y técnica sugiere que la disponibilidad de espectro radioeléctrico constituye un factor crítico para el desempeño de las redes móviles y para la provisión de servicios de banda ancha móvil de alta calidad. En la medida en que el espectro determina parte de la capacidad total de las redes inalámbricas, su asignación oportuna y en cantidades suficientes permite mejorar la cobertura, aumentar las velocidades de transmisión de datos

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





y soportar el crecimiento del tráfico asociado a la expansión de la economía digital. En consecuencia, las decisiones de política pública relacionadas con la asignación y gestión del espectro pueden incidir en distintos aspectos del desarrollo de las redes móviles y de la provisión de servicios de conectividad digital. No obstante, tal como se evidenció en la presente subsección, la literatura especializada subraya que el espectro constituye solo uno de los factores que determinan el desempeño de las redes inalámbricas, cuyo desarrollo depende también de las decisiones de inversión de los operadores en infraestructura, del despliegue de estaciones base y de la adopción de tecnologías de acceso radioeléctrico más eficientes.

En dicho contexto, distintos países han incorporado instrumentos regulatorios orientados a influir en la distribución del espectro entre operadores, entre los cuales se destacan los denominados topes de espectro, concebidos como mecanismos para prevenir una acumulación excesiva de este recurso escaso. A partir de estas consideraciones, la siguiente subsección examina los fundamentos de política pública asociados a la adopción de topes de espectro y el papel que este instrumento ha desempeñado en la gestión regulatoria del espectro radioeléctrico.

1.1.3. Fundamentos de política pública de los topes de espectro

En lo que respecta a la gestión del espectro radioeléctrico, numerosos reguladores han adoptado instrumentos regulatorios como los topes de espectro con el propósito de limitar la acumulación excesiva de este recurso limitado por parte de un solo operador y preservar ciertas condiciones de acceso al espectro en los mercados de telecomunicaciones móviles (OCDE, 2022). Dado que el espectro constituye un insumo esencial para la provisión de servicios inalámbricos, su distribución entre operadores puede tener implicaciones significativas para la estructura del mercado, las posibilidades de expansión de distintos agentes y el cumplimiento de objetivos más amplios de política pública (Cave, Doyle, & Webb, 2007). En este sentido, la literatura especializada y los organismos internacionales coinciden en que la gestión del espectro debe orientarse a maximizar el bienestar económico y social mediante el uso eficiente del recurso, así como a promover objetivos complementarios como cobertura, inversión y acceso asequible a los servicios de comunicaciones (OCDE, 2022).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Desde la perspectiva de Organización Industrial, la adopción de toques de espectro busca mitigar el riesgo de que la acumulación estratégica de este recurso por parte de operadores de gran tamaño limite las oportunidades de acceso de otros participantes y reduzca el margen para un desarrollo equilibrado del mercado (Cave, Doyle, & Webb, 2007); (Cave & Webb, 2015); (Valletti, 2001). En mercados donde el espectro disponible es limitado y las asignaciones se realizan a través de mecanismos competitivos, la concentración de grandes cantidades de espectro en manos de pocos operadores puede reforzar ventajas preexistentes y restringir la capacidad de otros agentes para desplegar o ampliar sus redes (Cramton, 2013) (Valletti, 2001). En este contexto, los toques de espectro han sido concebidos como instrumentos preventivos dirigidos a mitigar riesgos de acaparamiento y a preservar condiciones de acceso más equilibradas al recurso radioeléctrico (Cave & Webb, 2015) (Valletti, 2001).

La literatura regulatoria también ha destacado que los toques de espectro pueden desempeñar un papel importante en el diseño de los procesos de asignación, especialmente en subastas de espectro para servicios móviles avanzados. El informe de la (OCDE, 2022) resalta que, cuando la demanda de espectro supera la oferta, los mecanismos de asignación de mercado, como las subastas, constituyen una buena práctica para promover la asignación eficiente, pero subraya que el diseño de estos mecanismos es muy importante y puede incorporar distintos objetivos de política pública. En ese marco, los toques pueden entenderse como una herramienta de diseño regulatorio orientada a modular los resultados de asignación cuando el hacedor de política considera necesario evitar una concentración excesiva del recurso o facilitar el acceso a varios operadores (OCDE, 2022). Así, más que responder exclusivamente a una lógica de recaudo o de asignación automática, estos instrumentos se insertan en una visión más amplia de gestión del espectro orientada a armonizar eficiencia, cobertura, inversión e innovación (OCDE, 2022).

No obstante, la literatura especializada también ha señalado que la implementación de toques de espectro plantea desafíos relevantes desde el punto de vista de la eficiencia económica. Si bien estos instrumentos pueden contribuir a evitar una concentración excesiva del recurso, límites demasiado estrictos pueden impedir que los operadores accedan a bloques de espectro suficientemente amplios para desplegar redes de alta capacidad o aprovechar

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





plenamente las economías técnicas asociadas a tecnologías inalámbricas más avanzadas (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Cave, Doyle, & Webb, 2007) (Cramton, 2013) (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016). Diversos estudios han señalado que el desempeño de las redes móviles modernas depende de la disponibilidad de canales suficientemente amplios que permitan maximizar la eficiencia espectral y soportar altos volúmenes de tráfico mediante técnicas como agregación de portadoras, sistemas de antenas múltiples y arquitecturas de acceso radioeléctrico avanzadas (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016).

Así entonces, restricciones regulatorias que fragmenten excesivamente el espectro o limiten la cantidad que puede ser utilizada por un operador pueden dificultar la explotación eficiente de estas tecnologías y reducir el rendimiento potencial de las redes (Andrews & Zhang, 2014) (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Cave, Doyle, & Webb, 2007) (Cave & Webb, 2015) (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016).

Desde una perspectiva económica, diversos análisis empíricos han mostrado que mayores cantidades de espectro asignado a los operadores se asocian con menores costos marginales y con reducciones en los precios de los servicios móviles, al permitir que el espectro sustituya parcialmente otras formas de capital de red y reduzca los costos de capacidad por usuario (Andrews & Zhang, 2014) (Hazlett & Muñoz, 2009). En particular, modelos econométricos internacionales encuentran que la disponibilidad agregada de espectro influye significativamente en los precios minoristas y en el desempeño competitivo de los mercados móviles, evidenciando que el espectro constituye un insumo productivo cuya disponibilidad afecta directamente la eficiencia del sector (Hazlett & Muñoz, 2009). En esta línea, (Hazlett & Muñoz, 2009) muestran que políticas que restringen el acceso efectivo al espectro, por ejemplo, mediante mecanismos regulatorios que limitan su utilización, pueden generar pérdidas de bienestar al elevar los costos de provisión de servicios inalámbricos y reducir el volumen de producción en los mercados de telecomunicaciones. De manera consistente, la literatura sobre diseño de subastas y gestión del espectro advierte que restricciones regulatorias que limitan artificialmente la cantidad de espectro que pueden adquirir los operadores pueden conducir a asignaciones

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





subóptimas del recurso y reducir la eficiencia del sistema inalámbrico en su conjunto (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013).

De este modo, la literatura coincide en señalar que el diseño de políticas relacionadas con los topes de espectro implica un equilibrio complejo entre distintos objetivos de política pública. Por un lado, estos instrumentos pueden contribuir a prevenir la concentración excesiva de un recurso limitado y facilitar la participación de múltiples operadores en los procesos de asignación. Por otro lado, cuando los límites regulatorios se establecen en niveles demasiado restrictivos, pueden generar efectos contraproducentes desde la perspectiva de la eficiencia económica, al impedir que el espectro disponible sea asignado o utilizado de manera plena por los operadores capaces de desplegar redes de mayor capacidad.

En tales circunstancias, los topes pueden operar de facto como restricciones artificiales que limitan el aprovechamiento productivo del recurso radioeléctrico, generando costos de oportunidad asociados a espectro subutilizado o no asignado. Dado que el espectro constituye un insumo fundamental para la provisión de servicios inalámbricos y para la expansión de la capacidad de las redes móviles, estos efectos pueden traducirse en menores niveles de inversión, mayores costos de provisión y, en última instancia, en una reducción del bienestar social derivado de los servicios de conectividad digital.

En este sentido, diversos estudios subrayan que la calibración de los topes de espectro debe considerar de manera simultánea los objetivos asociados a la estructura del mercado y los criterios de eficiencia económica y desarrollo de infraestructura, de modo que la gestión del espectro contribuya efectivamente a maximizar el valor social generado por su utilización y a evitar pérdidas de bienestar derivadas de restricciones regulatorias que limiten innecesariamente el uso eficiente del recurso (Cave, Doyle, & Webb, 2007) (Hazlett & Muñoz, 2009) (OCDE, 2022).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





1.1.4. Costos económicos asociados a la subasignación de espectro

1.1.4.1. Evidencia económica sobre los costos de la subasignación de espectro

La literatura económica ha destacado de manera consistente que la infrautilización del espectro radioeléctrico o los retrasos en su asignación pueden generar pérdidas significativas de bienestar social. Dado que el espectro constituye un insumo esencial para la provisión de servicios inalámbricos, su no utilización o asignación tardía implica un costo de oportunidad en términos de servicios que podrían prestarse, capacidad de red que podría desplegarse y beneficios económicos que podrían generarse a partir de su uso productivo (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013). En este sentido, diversos estudios sobre economía del espectro coinciden en que la eficiencia en la asignación y utilización de este recurso limitado constituye un determinante central del valor económico generado por los servicios de telecomunicaciones móviles (Cave, Doyle, & Webb, 2007) (Cave & Webb, 2015).

Desde la perspectiva de la economía del bienestar, la disponibilidad adicional de espectro permite incrementar la capacidad de las redes móviles y reducir los costos de provisión de los servicios de conectividad, lo que puede traducirse en menores precios, mayor cobertura y una expansión del consumo de servicios digitales (Andrews & Zhang, 2014) (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (Hazlett & Muñoz, 2009). En ese sentido, cuando porciones relevantes del espectro permanecen inactivas o subutilizadas, se limita la capacidad de los operadores para expandir sus redes y se restringe el aprovechamiento de los beneficios económicos asociados al desarrollo de la conectividad digital (Cave, Doyle, & Webb, 2007) (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (OCDE, 2022). Así entonces, el espectro puede entenderse como un factor productivo cuya asignación eficiente incide directamente en el desempeño económico del sector de telecomunicaciones (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013).

No obstante, la literatura especializada también señala que la eficiencia en la utilización del espectro no implica su asignación indiscriminada ni a cualquier costo, sino su asignación a aquellos agentes capaces de generar mayor valor económico y social mediante su utilización productiva, en el marco del rol del Estado como administrador de un recurso público limitado que debe garantizar

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





su uso eficiente (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (Milgrom, 2000) (OCDE, 2022). En ese sentido, diversos estudios destacan que mecanismos de asignación basados en mercado, como las subastas de espectro, permiten revelar la valoración económica del recurso y favorecer su asignación hacia los operadores que pueden utilizarlo de manera más eficiente, contribuyendo así a maximizar el bienestar social derivado de la prestación de los servicios inalámbricos (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (OCDE, 2022).

La evidencia empírica respalda la relación entre la disponibilidad de espectro radioeléctrico y el bienestar económico asociado a los servicios de telecomunicaciones móviles. En un análisis econométrico del mercado estadounidense, (Hazlett & Muñoz, 2009) estimaron que incrementos en la disponibilidad de espectro se asocian con aumentos sustanciales en el excedente del consumidor, lo que refleja la expansión del consumo de servicios inalámbricos y la mejora en las condiciones de acceso y calidad de los servicios. Este resultado sugiere que una parte significativa del valor económico del espectro se materializa a través de los beneficios que los usuarios obtienen de los servicios que se prestan sobre él, en la medida en que una mayor disponibilidad del recurso permite ampliar la capacidad de las redes, reducir los costos de provisión y mejorar el desempeño del sistema inalámbrico (Andrews & Zhang, 2014) (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Cave & Webb, 2015) (Hazlett & Muñoz, 2009).

De manera consistente con estos hallazgos, la literatura sobre diseño de subastas y gestión del espectro ha señalado que retrasos en la asignación o restricciones regulatorias que limitan el acceso efectivo al recurso pueden generar pérdidas de eficiencia económica al impedir que el espectro sea utilizado por los agentes capaces de generar mayor valor social mediante su utilización productiva (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (Milgrom, 2000) (OCDE, 2022). En dicho contexto, la literatura sobre gestión del espectro sugiere que las políticas públicas deben orientarse no solo a asegurar una asignación eficiente del recurso entre agentes, sino también a garantizar su utilización efectiva y oportuna. En particular, se destaca la importancia de evitar configuraciones regulatorias que conduzcan a espectro ocioso o subutilizado, en la medida en que ello limita la capacidad del sistema para transformar este recurso en servicios de conectividad y beneficios económicos para la sociedad (Cave & Webb, 2015) (OCDE, 2022). Desde esta perspectiva, la subasignación de

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





espectro puede interpretarse como una forma de ineficiencia asignativa que restringe la expansión de los servicios de conectividad y reduce el bienestar total de la economía.

De manera consistente con estos hallazgos, la literatura sobre diseño de subastas y gestión del espectro ha señalado que restricciones regulatorias que limitan el acceso efectivo al recurso, así como retrasos en su asignación, pueden generar pérdidas de eficiencia económica al impedir que el espectro sea utilizado por los agentes capaces de generar mayor valor social mediante su utilización productiva (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (Milgrom, 2000) (OCDE, 2022).

En este contexto, la literatura destaca que la eficiencia en la gestión del espectro no se limita a su asignación entre agentes, sino que también requiere garantizar su utilización efectiva y oportuna. En particular, se resalta la importancia de evitar configuraciones regulatorias que conduzcan a espectro ocioso o subutilizado, en la medida en que ello limita la capacidad del sistema para transformar este recurso en servicios de conectividad y en beneficios económicos para la sociedad (Cave & Webb, 2015) (OCDE, 2022). Desde esta perspectiva, la subasignación de espectro puede interpretarse como una forma de ineficiencia asignativa que restringe la expansión de los servicios de conectividad y reduce el bienestar total de la economía.

1.1.4.2. Análisis microeconómico del bienestar asociado a los topes de espectro

En relación con los principios teóricos de bienestar social discutidos anteriormente, la teoría microeconómica ofrece un marco analítico útil para examinar los efectos de las intervenciones regulatorias sobre la asignación de recursos limitados. En términos generales, el bienestar económico puede analizarse como la suma de los excedentes generados en el mercado, entendidos como la diferencia entre la disposición a pagar de los agentes y los precios efectivamente observados (Varian, 2014). Aplicado al caso del espectro radioeléctrico, este enfoque permite estudiar cómo una restricción regulatoria sobre la cantidad que puede ser asignada o utilizada por los operadores, como ocurre con los topes de espectro, altera la cantidad efectivamente disponible, la valoración marginal del recurso y, en consecuencia, el excedente económico

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





asociado a su uso. En este contexto, y para efectos del análisis del mercado primario de asignación, los operadores móviles se ubican en el lado de la demanda de espectro, mientras que el Estado, en su calidad de administrador y titular del recurso, actúa como oferente institucional del mismo.

Este enfoque es particularmente útil para analizar el mercado de telecomunicaciones móviles, donde la demanda por espectro no es estática, sino que evoluciona en función del crecimiento del tráfico de datos, la transición tecnológica hacia generaciones más avanzadas de comunicaciones móviles y la difusión de nuevas aplicaciones intensivas en capacidad. La literatura técnica y económica ha documentado que las redes LTE y 5G requieren bloques de espectro más amplios y contiguos para explotar de manera eficiente mejoras en capacidad, agregación de portadoras, MIMO y otras técnicas avanzadas de acceso radioeléctrico (Andrews & Zhang, 2014) (Boccardi, Heath, Lozano, Marzetta, & Popovski, 2013) (Heath, González-Prelcic, Rangan, Roh, & Sayeed, 2016). Desde una perspectiva microeconómica, ese proceso puede representarse como un desplazamiento de la curva de demanda de espectro hacia la derecha, reflejando una mayor valoración económica del recurso por parte de los operadores a medida que aumenta la necesidad de capacidad. En consecuencia, una restricción regulatoria que mantenga constante la cantidad máxima asignable, aun cuando la demanda se expande, incrementa el costo de oportunidad de no flexibilizar los topes.

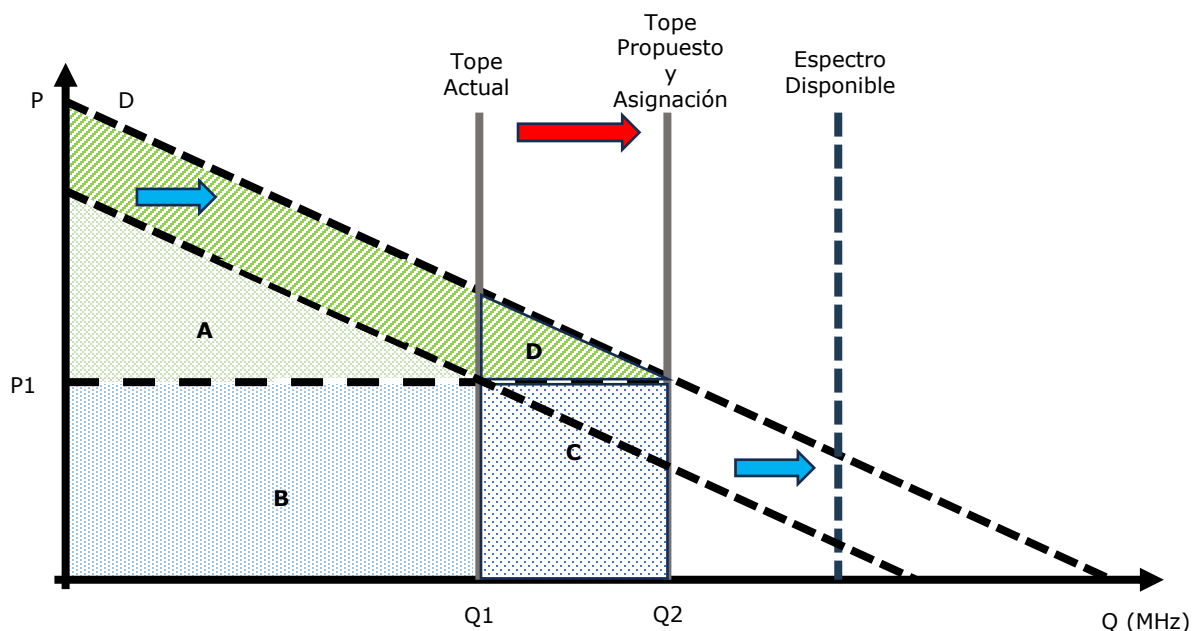
La Figura 1 representa este mecanismo en el contexto del mercado primario de asignación de espectro. En el eje horizontal se ubica la cantidad de espectro disponible para asignación o uso efectivo (Q), medida en megahercios, mientras que en el eje vertical se representa la valoración marginal del recurso (P), que puede interpretarse como la disposición a pagar de los operadores por unidades adicionales de espectro. En este marco, la curva de demanda refleja la valoración económica del espectro por parte de los operadores móviles, derivada de su capacidad para generar ingresos y eficiencias a través de la provisión de servicios de telecomunicaciones. Por su parte, el Estado, como titular del recurso, actúa como oferente institucional, determinando la cantidad efectivamente disponible a través de decisiones regulatorias, entre ellas los topes de espectro. Así, un tope restrictivo puede interpretarse como una restricción cuantitativa que limita la cantidad asignable en Q_1 , aun cuando la demanda justificaría una asignación mayor hasta Q_2 .

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



Figura 1 Representación de oferta y demanda de espectro ante una modificación de topes



Fuente: Elaboración ANE

Bajo esta interpretación, la flexibilización del tope desde Q_1 hacia Q_2 genera variaciones en el excedente económico en el mercado primario. En particular, el área D representa el incremento en el excedente del demandante del recurso (los operadores móviles), como resultado del acceso a unidades adicionales de espectro cuya valoración marginal excede el precio implícito de asignación. De manera complementaria, el área C refleja el incremento en el excedente del oferente, el Estado, asociado a la ampliación de la cantidad asignada. En términos agregados, la suma de ambas áreas ($C + D$) constituye la ganancia neta de bienestar en el mercado primario derivada de una mayor disponibilidad efectiva del espectro, tal como se resume en la Tabla 1.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



Tabla 1 Efectos de los excedentes del productor y del consumidor ante cambios en el precio y la cantidad de espectro

Área	Efecto
A + D	Excedente del Consumidor
D	Delta Excedente del Consumidor
B + C	Excedente Productor
C	Delta Excedente Productor

Fuente: Elaboración ANE

No obstante, el alcance económico de este resultado trasciende el mercado primario de asignación. En la medida en que el espectro constituye un insumo productivo esencial para la provisión de servicios de telecomunicaciones, las variaciones en su disponibilidad se transmiten al mercado minorista a través de cambios en los costos de provisión, la capacidad de las redes y la calidad del servicio. En este sentido, un aumento en la cantidad de espectro disponible puede reducir los costos marginales de los operadores, facilitar el despliegue de capacidad adicional y mejorar el desempeño de las redes, efectos que, bajo condiciones competitivas, tienden a trasladarse a los usuarios finales en forma de menores precios, mayor cobertura y mejor calidad del servicio (Andrews & Zhang, 2014) (Cave & Webb, 2015) (Hazlett & Muñoz, 2009).

Desde esta perspectiva integrada, la interpretación del bienestar no debe limitarse al excedente observado en el mercado primario, sino que debe considerar también los efectos indirectos sobre el excedente del consumidor final en el mercado minorista móvil. En particular, cuando los topes de espectro restringen la cantidad efectiva disponible por debajo del nivel eficiente, no solo se reduce el excedente en el mercado de asignación, sino que también se limita la capacidad del sistema para generar beneficios aguas abajo. Dado que el espectro constituye un insumo productivo esencial para la provisión de servicios inalámbricos, restricciones en su disponibilidad afectan las decisiones de inversión, la capacidad de las redes y el desempeño del mercado final, amplificando las pérdidas de bienestar social (Cave & Webb, 2015) (OCDE, 2022). En este sentido, la literatura sobre economía del espectro y diseño de mecanismos de asignación ha mostrado que asignaciones subóptimas del

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





recurso pueden traducirse en mayores costos, menor capacidad y reducciones en el excedente del consumidor en los mercados de servicios móviles (Andrews & Zhang, 2014) (Bahia & Castells, 2022) (Hazlett & Muñoz, 2009).

Por el contrario, la flexibilización de estos límites en contextos de crecimiento sostenido de la demanda permite reducir progresivamente la brecha entre la cantidad de espectro efectivamente disponible y el nivel eficiente de asignación, generando ganancias adicionales de bienestar a lo largo del tiempo. En particular, en la medida en que la demanda por espectro se expande, impulsada por el aumento del tráfico de datos y la evolución tecnológica, el costo de oportunidad de mantener restricciones cuantitativas se incrementa, por lo que su relajación no solo corrige ineficiencias existentes, sino que evita la acumulación de pérdidas de bienestar futuras, dado que una mayor proporción del valor potencial del recurso permanece sin materializarse.

En síntesis, la evidencia teórica y empírica analizada converge en que la subasignación del espectro radioeléctrico, ya sea como resultado de retrasos en su asignación o de restricciones regulatorias, constituye una fuente relevante de ineficiencia económica, al impedir que este insumo productivo sea utilizado en niveles cercanos a su óptimo social. Desde una perspectiva de bienestar, este fenómeno no solo reduce el excedente generado en el mercado primario de asignación, sino que limita la capacidad del sistema para traducir el espectro en servicios de conectividad, afectando negativamente la cobertura, la calidad y la asequibilidad de los servicios móviles. En este contexto, la literatura sugiere que el costo social de mantener restricciones cuantitativas que no reflejan la evolución de la demanda y de la tecnología no es estático, sino creciente en el tiempo, en la medida en que amplía la brecha entre la cantidad de espectro efectivamente disponible y el nivel eficiente de asignación. Por tanto, la revisión periódica y la calibración adecuada de instrumentos como los topes de espectro emergen como condiciones necesarias para asegurar una gestión eficiente del recurso, capaz de maximizar el bienestar social derivado de su utilización productiva en el ecosistema digital (Cave & Webb, 2015) (Cramton, 2013) (Hazlett & Muñoz, 2009) (OCDE, 2022).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





2. LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA

En el numeral 1.1 se expusieron los beneficios económicos y sociales que trae el acceso al espectro. A continuación, se expone la forma en que Colombia ha reconocido la importancia de este recurso a través del diseño de sus políticas públicas y del marco legal vigente.

Por un lado, en el ámbito legislativo, la Ley 1341 de 2009 y sus modificaciones establecen principios y disposiciones que orientan la actuación del poder ejecutivo en esta materia.

El numeral 3 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2009 establece como deber del Estado fomentar el despliegue y el uso eficiente de la infraestructura para la provisión de redes de telecomunicaciones y los servicios que sobre ellas se puedan prestar, y promover el óptimo aprovechamiento de los recursos escasos, con el ánimo de generar competencia, calidad y eficiencia, en beneficio de los usuarios.

Así mismo, el numeral 6 del artículo 2 de la Ley en mención señala que el Estado garantizará la libre adopción de tecnologías, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes e idóneos en la materia, que permitan fomentar la eficiente prestación de servicios, contenidos y aplicaciones que usen Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y garantizar la libre y leal competencia, y que su adopción sea armónica con el desarrollo ambiental sostenible.

Por otra parte, el numeral 7 del artículo 4 de la misma ley, modificado por el artículo 4 de la Ley 1978 de 2019, establece que uno de los fines de la intervención del Estado en el sector de las TIC es garantizar el uso adecuado del espectro radioeléctrico, que maximice el bienestar social⁴ generado por el

⁴ Ley 1341 de 2009, párrafo 3º, artículo 11 modificado por la Ley 1978 de 2019: "Se entiende como maximización del bienestar social en el acceso y uso del espectro radioeléctrico, principalmente, la reducción de la brecha digital, el acceso universal, la ampliación de la cobertura, el despliegue y uso de redes e infraestructuras y la mejora en la calidad de la prestación de los servicios a los usuarios. Lo anterior, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales y las recomendaciones de la UIT. En cualquier caso, la determinación de la maximización del bienestar social en el acceso y uso del espectro radioeléctrico estará sujeta a valoración económica previa".

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





recurso limitado, así como la reorganización de este, respetando el principio de protección a la inversión asociada a su uso.

De otro lado, en consonancia con lo dispuesto en el marco legal del sector, establecido en la Ley 1341 de 2009, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (PND 2022-2026), expedido mediante la Ley 2294 de 2023, "Colombia, potencia mundial de la vida", incorpora una serie de disposiciones que trazan la ruta del país en materia de conectividad. Para comprender este enfoque, es fundamental partir del objetivo general de dicho Plan, que consiste en sentar las bases para que el país se convierta en un referente global de la protección de la vida, a partir de la construcción de un nuevo contrato social que propicie la superación de injusticias y exclusiones históricas, la no repetición del conflicto, el cambio de nuestra forma de relacionarnos con el ambiente, y una transformación productiva sustentada en el conocimiento y en armonía con la naturaleza (Planeación, 2023).

En este sentido, a través del PND, se estableció como objetivo promover la conectividad digital como generador de oportunidades, riqueza, igualdad y productividad, buscando llevar conectividad a zonas vulnerables y apartadas, mejorar la cobertura y calidad de los servicios de telecomunicaciones a través de diferentes tecnologías y compartición de infraestructura, la eliminación de barreras en el despliegue de redes, la asignación de permisos para uso del espectro procurando la maximización del bienestar social y la compartición del recurso, promover la provisión de Internet por parte de pequeños prestadores de servicios para el cierre de la brecha digital, entre otras medidas⁵.

Igualmente, la Política Pública de Espectro 2026 -2029 trazó como objetivo general "Generar un entorno de gestión que promueva el uso más eficiente e innovador del espectro", la cual se implementará a través de ocho objetivos específicos detallados en líneas de acción que buscan promover la ejecución de actividades específicas de parte de la ANE y el MINTIC para avanzar en el logro de estos (ANE M. , 2026).

Dentro de los objetivos específicos se destacan: el Objetivo 1 – "Fortalecer la identificación y estimación de demanda de espectro" dentro del que se ejecutará la actividad relacionada con la planeación y atención de la demanda de espectro

⁵ Artículo 142. Ley 2294 de 2023 "Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026. Colombia potencia mundial de la vida".

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





IMT, de tal manera que se establecerá un mecanismo de revisión y actualización periódica de los modelos y estimaciones de demanda para ser utilizados a futuro, y el Objetivo 2 – “Identificar nuevos esquemas en la gestión y uso del espectro” en el que entre otras actividades, la ANE y el MINTIC promoverán un entorno apropiado para desarrollar iniciativas de innovación en la gestión y uso del espectro a través de la implementación de mecanismos regulatorios innovadores para la gestión del espectro, tales como: sandbox regulatorios, pilotos de pruebas de nuevas tecnologías, bancos de pruebas para casos de uso de aplicaciones y servicios que hacen uso del espectro, pilotos de aplicaciones industriales y de usos públicos de 5G, radio digital y otras tecnologías a través de redes comerciales y privadas.

De otro lado, el MINTIC publicó el “Plan Integral de Expansión de Conectividad Digital”, una estrategia ambiciosa y transformadora que busca garantizar una conectividad de calidad en todo el país, especialmente en las zonas más vulnerables y apartadas, el cual se encuentra enmarcado dentro de los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y que tiene como propósito fundamental cerrar la brecha digital y hacer del Internet y las herramientas digitales un verdadero motor de transformación social (MINTIC, 2024).

Este plan busca:

- i. Llevar conectividad digital a zonas vulnerables y apartadas, y mejorar la cobertura y calidad de los servicios de telecomunicaciones, a través de diferentes tecnologías y compartición de infraestructura.
- ii. Hacer del Internet y de las tecnologías digitales un instrumento de transformación social.
- iii. Desplegar infraestructura para mejorar la conectividad digital del país con redes neutras, cables submarinos, fibra óptica, tecnología satelital, entre otras tecnologías, mediante diversos mecanismos, entre ellos la coinversión entre el Estado y los actores privados.
- iv. Promover la eliminación de barreras por parte de las entidades territoriales y/o nacionales para el despliegue de redes de telecomunicaciones.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





v. Adelantar la asignación del espectro a través de esquemas y condiciones que maximicen el bienestar social y la compartición de este recurso, promoviendo su uso eficiente.

vi. Fortalecer a los pequeños prestadores de los servicios de telecomunicaciones con el fin de aportar en el cierre de la brecha digital (MINTIC, 2024).

De acuerdo con lo anterior, este Plan más que una estrategia tecnológica, es una apuesta por la equidad, la sostenibilidad y la transformación a un país más competitivo, innovador y conectado (MINTIC, 2024).

Así las cosas, es claro que Colombia, a través de estos instrumentos como leyes, estrategias y planes, busca que el uso eficiente del espectro y el acceso a este recurso habilite condiciones necesarias para generar los efectos señalados en la sección 1.1 de este documento; es decir, contribuir al bienestar social y económico del país.

De acuerdo con lo anterior, la fijación de los topes de espectro se enmarca en los lineamientos establecidos por ley como un instrumento para determinar la cantidad máxima del recurso que puede asignarse a un PRST para su operación, con el fin de incentivar el uso eficiente del recurso, prevenir su acaparamiento y procurando su mejor aprovechamiento en condiciones que maximicen el bienestar social, favoreciendo la competencia y la prestación de servicios de calidad.

Así mismo, la definición de estos topes debe alinearse con los objetivos de política pública orientados a ampliar la conectividad y reducir la brecha digital. En este sentido, su diseño puede incorporar incentivos para el despliegue de infraestructura en zonas rurales y apartadas, así como condiciones que faciliten el acceso equitativo al espectro por parte de distintos actores del mercado, contribuyendo a mejorar la cobertura, la calidad y la asequibilidad de los servicios de telecomunicaciones.

En esa línea, resulta necesario reconocer que los topes de espectro no son estáticos, sino que deben ser objeto de revisión y actualización periódica, en respuesta a la evolución tecnológica, a los cambios en la demanda de servicios y a la disponibilidad del recurso en el tiempo. Esta actualización permite asegurar que el marco regulatorio se mantenga pertinente y eficaz, habilitando el

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





desarrollo de nuevas tecnologías y fortaleciendo el papel del espectro como una herramienta estratégica para el cierre de la brecha digital.

En consecuencia, para la actualización de topes de espectro, resulta fundamental, en una primera etapa, identificar la oferta de espectro para IMT en Colombia, es decir, las bandas de frecuencias disponibles o potencialmente disponibles para ser asignadas mediante procesos de selección objetiva en el mediano y largo plazo.

3. PANORAMA DEL ESPECTRO IMT POR ASIGNAR EN COLOMBIA.

El Cuadro Nacional de Atribución de bandas de Frecuencia (CNABF) establece los segmentos del espectro 698 a 806 MHz (banda 700 MHz), 824 a 849 MHz, 869 a 894 MHz (banda 850 MHz), 1710 a 1755 MHz, 2110 a 2155 MHz (banda AWS), 1755 a 1780 MHz, 2155 a 2180 MHz (Banda AWS Extendida), 1850 a 1910 MHz, 1930 a 1990 MHz (banda 1900 MHz), 2500 a 2690 MHz (banda 2500 MHz) y 3300 a 3700 MHz (banda 3500 MHz) para la operación de IMT⁶.

Por otra parte, el CNABF reserva bandas para la futura operación de las IMT, algunas de las cuales son las comprendidas entre 452.5 MHz a 457.5 MHz, 462.5 MHz a 467.5 MHz, 1427 a 1518 MHz (Banda L), 2300 a 2400 MHz (banda 2300 MHz) y 24.25 a 27.5⁷⁸. Adicionalmente, la nota internacional 5.308 y 5.308A identifica 84 MHz en el rango 614-698 MHz (banda 600 MHz) o parte de este para las IMT en diferentes administraciones, dentro de las cuales se encuentra Colombia. Esta banda actualmente es ocupada por el servicio de televisión radiodifundida, por lo que se encontrará disponible después de que ocurra el apagón analógico de televisión y se realice un proceso de reorganización de los canales asignados.

⁶ Resolución 28 de 2026 "Por medio de la cual se modifican los artículos 1.2.10, 1.7.1, 1.7.2 y la Nota Nacional CLM 21 del artículo 5.1.1 de la Resolución número 105 de 2020 y se actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF).

⁷ La ANE desarrolló en 2024 el estudio denominado "Actualizar la disponibilidad de bandas de frecuencias para el futuro desarrollo de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en Colombia". El documento puede ser consultado en el siguiente enlace: <https://ane.gov.co/SitePages/Gestion-Tecnica/index.aspx?p=82>

⁸ Resolución 28 de 2026 "Por medio de la cual se modifican los artículos 1.2.10, 1.7.1, 1.7.2 y la Nota Nacional CLM 21 del artículo 5.1.1 de la Resolución número 105 de 2020 y se actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



De acuerdo con lo anterior, Colombia dispondría en el mediano y largo plazo de espectro para poner a disposición de acuerdo con las necesidades de conectividad del país y la demanda de los PRST.

El artículo 2.2.2.4.1. del Decreto 1078 de 2015, modificado por el Decreto 984 de 2022 y posteriormente modificado por el Decreto 2248 de 2023, establece los topes máximos de espectro por PRST para uso de IMT así: 50 MHz para las Bandas Bajas (menores a 1 GHz), 100 MHz para las Bandas Medias (entre 1 GHz y menor a 3 GHz) y 100 MHz para las Bandas Medias Altas (entre 3 GHz y 6 GHz).

Adicionalmente, algunas de las bandas mencionadas que han sido objeto de procesos de asignación no han sido adquiridas por los PRST en su totalidad, por lo que existen remanentes de espectro disponible para ser ofertado. Así mismo, algunos PRST adelantaron procesos de devolución de espectro⁹ ¹⁰ que incrementan la cantidad de espectro disponible para ofertar. Este panorama se muestra en la Tabla a continuación:

Tabla 2 Espectro para IMT asignado y disponible para ofertar en bandas que han sido objeto de procesos de asignación.

Banda	Espectro total en la banda (MHz)	Espectro total asignado (MHz)	Remanentes por asignar con corte a diciembre 2024 (MHz)	Devoluciones con corte a diciembre de 2025 (MHz)	Espectro total por Asignar – Remanente total (MHz)
700 MHz	90	80	10	0	10
850MHz	50	25	0	25	25
AWS-1	90	50	0	40	40
AWS Ext*	50	0	30	0	30
1900 MHz	120	110	10	0	10
2500 FDD	140	90	50	0	50

⁹ SIC. Resolución 61548 de 2023 y Resolución 94169 de 2025 "Por la cual se condiciona una operación de integración empresarial".

¹⁰ MINTIC. Resoluciones 3675, 4362 y 4366 de 2025, por medio de las cuales, el MINTIC autoriza las devoluciones de espectro a los PRST Tigo y Movistar de acuerdo con lo estipulado en las Resoluciones SIC.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Banda	Espectro total en la banda (MHz)	Espectro total asignado (MHz)	Remanentes por asignar con corte a diciembre 2024 (MHz)	Devoluciones con corte a diciembre de 2025 (MHz)	Espectro total por Asignar – Remanente total (MHz)
2500 TDD	40	0	40	0	40
3500 MHz	400	320	80	0	80
Total (MHz)	980	675	220	65	285

Fuente: Elaboración ANE

Nota 1: Banda 850 MHz: En el año 2025 Movistar devolvió 25 MHz¹¹.

Nota 2: Banda AWS-1: En el año 2025 Tigo y Movistar devolvieron cada uno 20 MHz¹².

Nota 3: Banda AWS Ext: En la subasta de 2023 se ofertaron 30 MHz que no fueron asignados, aunque se había manifestado interés.

Nota 4: Banda 2500 FDD: DIRECTV no renovó 30 MHz en enero de 2024.

Nota 5: Banda 2500 TDD: DIRECTV no renovó 40 MHz en diciembre de 2023.

Nota 6: *AWS Ext tiene una capacidad teórica desde 50 MHz. Sin embargo, se sugiere dejar 30MHz (15x2MHz) disponibles para ofertar, con base en dos situaciones: I) 30MHz fue la cantidad ofertada en la subasta 5G de 2023 y II) para los otros 20 MHz no se han definido las condiciones técnicas de convivencia con el servicio móvil por satélite en adyacencia.

Como se puede observar en la Tabla 2, los remanentes y las devoluciones de espectro, así como la cantidad de espectro reservado para el futuro desarrollo de las IMT incrementan la disponibilidad del recurso en el tiempo. Este panorama en complemento al ya descrito en el numeral 1.1 de este documento, donde se menciona la necesidad de incrementar los topes de espectro en atención a consideraciones de bienestar económico y social, evidencia la necesidad de revisar y plantear una propuesta para la modificación de los topes vigentes de espectro.

Una vez identificados los efectos del acceso al espectro en la conectividad y en el bienestar social, junto con los lineamientos legales y de política pública para su administración en Colombia, y el panorama del espectro para IMT por asignar, resulta necesario analizar la evolución de las asignaciones de espectro para IMT de acuerdo con las modificaciones del marco normativo sobre topes de espectro, con el propósito de evaluar su incidencia en la dinámica del mercado de telecomunicaciones y los requerimientos de espectro.

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





4. ANTECEDENTES DE LA ASIGNACIÓN DE ESPECTRO IMT EN EL PAÍS

De conformidad con lo mencionado en el numeral 2, se ratifica que el espectro es un bien limitado y, por consiguiente, el Estado tiene la obligación de velar por su uso eficiente y garantizar la efectividad en su acceso, para lo cual tendrá en cuenta los desarrollos tecnológicos y las necesidades del sector.

En este contexto, a continuación, se presenta la evolución histórica de las asignaciones de espectro para IMT en Colombia, en función de las necesidades de los PRST y de las sucesivas modificaciones a los topes de espectro. El análisis tiene como propósito identificar tendencias en la asignación por grupos de bandas, en concordancia con los límites establecidos en cada proceso de selección objetiva a lo largo del tiempo.

4.1. Evolución de las asignaciones de espectro IMT y del marco normativo de los topes de espectro

En Colombia la imposición de topes parte del año 1993, año en el que como consecuencia de la expedición de la Ley 37 de 1993, se fijó como tope de espectro por operador móvil 25 MHz en la banda de 850 MHz.

En el último trimestre de 2004, el Ministerio de Comunicaciones concluyó que, con el fin de lograr una mayor penetración de los servicios móviles, con adecuados niveles de calidad, así como un mayor dinamismo y desarrollo del mercado móvil, que redunde en empresas más competitivas y un mayor bienestar de los usuarios, se recomendaba asignar espectro adicional a los operadores celulares. De tal manera que, a partir del primer trimestre de 2005, en el marco del Decreto 4234 de 2004, el tope aumentó a 40 MHz por operador incluida la banda de 1900 MHz, y una vez surtido el procedimiento establecido en el mismo, se les otorgaron 30 MHz de espectro adicional a los dos operadores incumbentes, 15 MHz a cada uno en la banda de 1900 MHz. De acuerdo con lo anterior, cada operador de telefonía móvil celular contaba, en 2008, con un total de 40 MHz para sus operaciones en las bandas de 850 MHz y 1900 MHz.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Por otra parte, y como consecuencia de la expedición de la Ley 555 de 2000 y la entrada al mercado del operador de Servicios de Comunicación Personal (PCS), Colombia Móvil, en el año 2003 le fueron asignados 30 MHz de espectro radioeléctrico en la banda de 1900 MHz. Posteriormente, en el segundo semestre del año 2008 y en virtud del Decreto 4234 de 2004, le fueron asignados 10 MHz de espectro radioeléctrico adicional, para un total de 40 MHz para sus operaciones en la banda de 1900 MHz.

En el año 2009 mediante el Decreto 4722 de ese mismo año, se estableció un tope máximo por operador móvil de 55 MHz y en el año 2010 se asignaron 10 MHz adicionales a Comcel y a Colombia Móvil, respectivamente, ambos en la banda de 1900 MHz. En junio de 2010 se llevó a cabo un proceso para la asignación de permisos del uso del espectro en la banda de 2500 MHz en la que participaron UNE y DIRECTV, y que tuvo como ganador al primero de estos con 10 bloques de 5 MHz, para un total de 50 MHz asignados.

Seguidamente, en agosto de 2011, se llevó a cabo un proceso de selección objetiva para la asignación de permisos del uso del espectro en la banda de 1900 MHz por un total de 30 MHz, en la que participaron Comcel, Colombia Telecomunicaciones y Colombia Móvil, en la cual fueron asignados un total de 25 MHz, distribuidos así: Comcel – 5 MHz, Colombia Móvil - 5 MHz, y Colombia Telecomunicaciones – 15 MHz

En el año 2011 mediante Decreto 2980, se establecieron dos valores de referencia: un tope de 85 MHz para las bandas altas (entre 1710 MHz y 2690 MHz) y de 30 MHz para las bandas bajas (entre 698 MHz y 960 MHz). Lo anterior en línea con el "Plan Vive Digital", que buscaba cumplir su objetivo principal de "impulsar la masificación del uso de internet, para dar un salto hacia la Prosperidad democrática", fijando como metas el alcanzar el 50% de hogares y MiPymes conectados a internet y multiplicar en 4 veces el número de conexiones a internet.

En junio de 2013, Colombia Telecomunicaciones, la Unión Temporal Colombia Móvil - ETB, y AVANTEL resultaron asignatarios de 30 MHz de espectro en la banda AWS cada uno; Comcel de 30 MHz en la banda de 2.5 GHz y DIRECTV de 70 MHz en esta misma banda. A partir de los procesos de selección objetiva descritos y teniendo en cuenta el tope de espectro considerado en el Decreto 2980 de 2011, la repartición de espectro en bandas altas era: Comcel y Colombia

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Telecomunicaciones 60 MHz cada uno, Colombia Móvil con 55 MHz, la alianza Colombia Móvil - ETB 30 MHz, DIRECTV 70 MHz y AVANTEL 30 MHz.

En el año 2014, las empresas UNE EPM Telecomunicaciones y Colombia Móvil se integran, mediante una fusión por absorción, por lo que en total contaban con 135 MHz y debieron devolver a la Nación un total de 50 MHz, teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto 2980 de 2011, posteriormente compilado en el Decreto 1078 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector TIC.

En el año 2017 en el marco del "Plan Vive Digital para la Gente" que tenía como uno de sus pilares básicos dar continuidad a la consolidación de la infraestructura de telecomunicaciones del país y dentro de sus objetivos convertir a Colombia en líder mundial en el desarrollo de aplicaciones sociales para los más pobres y contar con un Gobierno más eficiente y transparente gracias a las TIC, se expide el Decreto 2194 de 2017, el cual estableció el tope máximo de espectro para PRST móviles en 90 MHz para bandas altas y en 45 MHz para bandas bajas.

A finales del año 2019, se adelantó una subasta en donde se les asignó espectro en bandas altas y bandas bajas a Comcel (Claro), Colombia Móvil-UNE y al operador entrante Partners Telecom Colombia (WOM). Como resultado, Claro alcanzó 90 MHz en bandas altas y 45 MHz en bandas bajas, Colombia Móvil-UNE 85 MHz en bandas altas y 40 MHz en bandas bajas, Colombia Telecomunicaciones 60 MHz en bandas altas y 25 MHz en bandas bajas, AVANTEL 30 MHz en banda alta, DIRECTV 70 MHz en bandas altas y Partners Telecom Colombia (WOM) 20 MHz en bandas altas y 20 MHz en bandas bajas. Posteriormente, en 2021 Colombia Móvil-UNE no renovó 5 MHz de la banda 1900 MHz, quedando con 80 MHz en bandas altas.

En el año 2022 se expidió el Decreto 984 modificado por el Decreto 2248 de 2023 que, en cumplimiento del Plan 5G publicado en 2019 por el MINTIC, tenía como propósito promover y habilitar las nuevas generaciones de tecnología y atender la demanda de espectro radioeléctrico para la adecuada provisión de los servicios ante los avances del país en materia de ampliación de cobertura, migración tecnológica y aumento de usuarios, por lo que introduce importantes modificaciones a los topes del espectro radioeléctrico. Este Decreto no solo actualizó los topes del espectro, sino que también introdujo la categoría denominada "Banda Media Alta" la cual comprende el espectro para IMT entre 3 GHz y 6 GHz. En este contexto, se establece un tope máximo de 100 MHz para operadores móviles en bandas medias altas. Adicionalmente, se aumentó en 10

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





MHz el tope en bandas medias, alcanzando así un total de 100 MHz, y se incrementó en 5 MHz el tope para bandas bajas, situándose en 50 MHz.

En octubre de 2023, Colombia Telecomunicaciones y Colombia Móvil-UNE formalizaron la firma de un memorando de entendimiento para compartir infraestructura y espectro radioeléctrico. La operación de integración fue aprobada de manera condicionada por la Superintendencia de Industria y Comercio mediante la Resolución SIC 61548 del 6 de octubre de 2023. Entre las condiciones impuestas, se estableció la obligación de liberar aproximadamente 65 MHz de espectro al mercado, como parte de los compromisos estructurales orientados a mitigar riesgos de competencia.

A finales de 2023, se adelantó un proceso de selección objetiva en el que se asignaron 80 MHz de espectro en bandas medias altas (banda 3500 MHz) a cada uno de los participantes: Unión Temporal Tigo - Movistar, Partners Telecom Colombia, Telecall Colombia como nuevo operador y Claro. Se anota que este último agente también fue adjudicatario de un bloque en las bandas medias (10 MHz en banda 2500 MHz). Adicionalmente, se anota que DirecTV no renovó los permisos de espectro en la banda de 2500 MHz entre diciembre de 2023 y enero de 2024, que correspondían a 30MHz FDD y 40 MHz TDD.

Ahora bien, en atención al proceso de integración empresarial autorizado en 2023 por la SIC mediante la Resolución SIC 61548, durante el transcurso de 2024 y 2025 el MINTIC autorizó la reconfiguración de las tenencias de espectro. Esto se llevó a cabo mediante la aceptación de la cesión de diversos permisos de uso de frecuencias originalmente asignados a Colombia Móvil S.A. E.S.P. (Tigo) y a Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P. BIC (Movistar), los cuales fueron transferidos a favor de la Unión Temporal Colombia Móvil – Colombia Telecomunicaciones (UT Tigo-Movistar).

Dichas cesiones consolidaron en la Unión Temporal la operación de bloques en diversas bandas. Específicamente, en la banda de 700 MHz se integró un total de 40 MHz, mientras que en la banda de 1900 MHz la consolidación alcanzó un total de 80 MHz distribuidos en diferentes segmentos. Igualmente, se transfirió un bloque de 20 MHz en la banda de AWS (1700/2100 MHz), permitiendo así una gestión unificada del recurso radioeléctrico para la prestación de servicios móviles IMT bajo la nueva estructura de integración.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Adicionalmente, el MINTIC autorizó la devolución de excedentes del recurso radioeléctrico. Este procedimiento incluyó la devolución al Estado de 25 MHz en la banda de 850 MHz y un total de 40 MHz en la banda AWS.

De otra parte, mediante Resolución SIC 94169 de 2025, la SIC autorizó, con condicionamientos, la operación de integración empresarial entre Colombia Móvil S.A. E.S.P. y Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P (Tigo y Movistar). En dicho acto administrativo se indicó que la operación inicialmente generaría una superación de los límites previstos en el Decreto 984 de 2022, el cual establece un máximo de 100 MHz en bandas medias (1–3 GHz) y 50 MHz en bandas bajas (<1 GHz).

Al respecto, y considerando el concepto técnico aportado por el MINTIC, la SIC señaló que: "(...) tras la combinación de los bloques de espectro de TIGO y MOVISTAR, el operador integrado alcanzaría una tenencia total de 220 MHz. Asimismo, concluyó que la Unión Temporal Colombia Móvil – Colombia Telecomunicaciones concentraría un total de 140 MHz (40 MHz en bandas bajas y 100 MHz en bandas medias), razón por la cual las intervinientes estarían obligadas a liberar 65 MHz de espectro al mercado. En particular, se estableció que MOVISTAR deberá devolver 25 MHz en bandas bajas y 10 MHz en bandas medias, mientras que TIGO devolverá 30 MHz en bandas medias. (...)".

En Colombia la fijación de topes de espectro se ha determinado con anticipación al proceso de asignación y su aplicación no solo ha sido relevante en los procesos de asignación, sino también en procesos de fusiones, integraciones y adquisiciones entre PRST como se observa en la Figura 2.

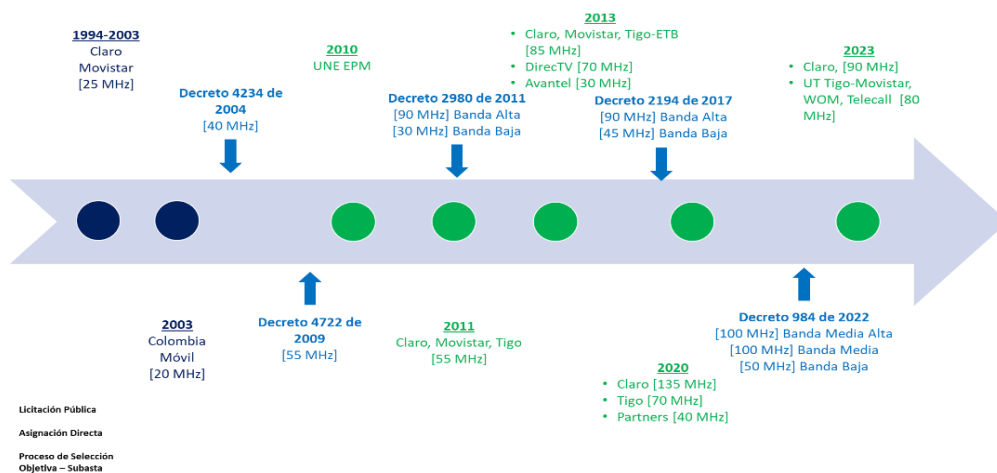
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 2 Evolución de la asignación de espectro en Colombia



Fuente: Elaboración ANE

En ese orden, la distribución del espectro a 2026 se encuentra así: Comcel (Claro) 80 MHz en bandas medias altas, 100 MHz en bandas medias y 45 MHz en bandas bajas. Así mismo, la UT Tigo - Movistar queda con 80 MHz en bandas medias altas, 100 MHz en las bandas medias y 40 MHz en bandas bajas. Y por su parte, Partners Telecom Colombia (WOM) 80 MHz en bandas medias altas, 50 MHz en bandas medias y 20 MHz en bandas bajas. Lo anterior, se expone de manera ilustrativa en la Figura 3.

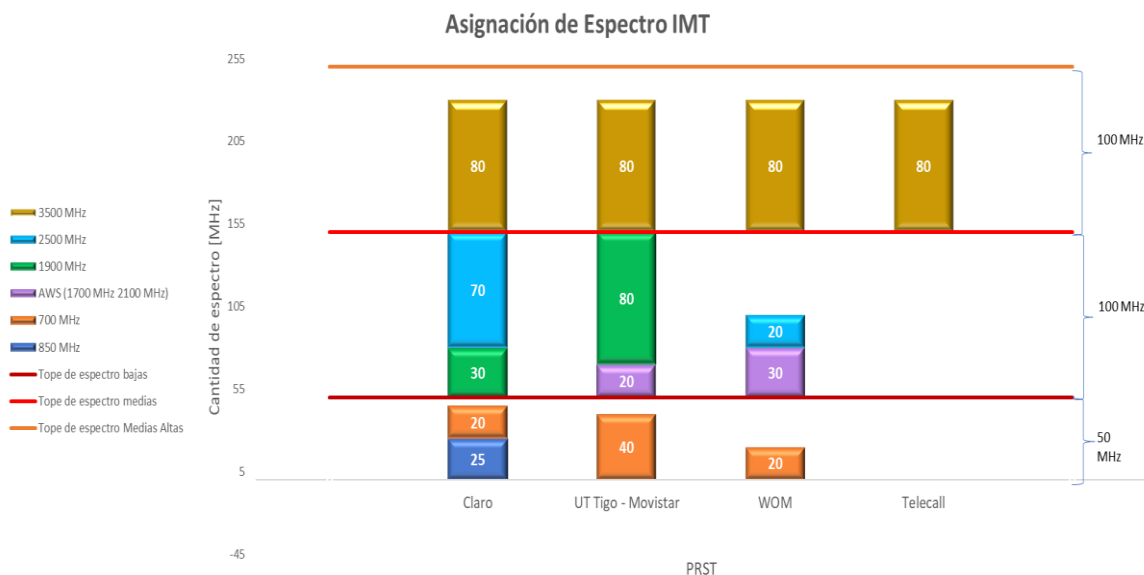
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 3 Asignación de espectro IMT a operadores móviles en Colombia – febrero 2026



Fuente: Elaboración ANE

Nota: Decreto 984 de 2022 modificado por el Decreto 2248 de 2023, por el cual se definen los tope de espectro para servicios móviles terrestres (IMT):

1. 50 MHz para las Bandas Bajas (menores a 1 GHz).
2. 100 MHz para las Banda Medias (entre 1 GHz y menor a 3 GHz).
3. 100 MHz para las Bandas Medias Altas (entre 3 GHz y 6 GHz).

Ahora bien, de la revisión del comportamiento histórico de los diferentes procesos de asignación de espectro IMT respecto a los tope fijados, se aprecia que los PRST, desde el año 1994, tienden a acercarse al tope de espectro fijado tanto para bandas bajas como para bandas medias, como se observa en las siguientes figuras.

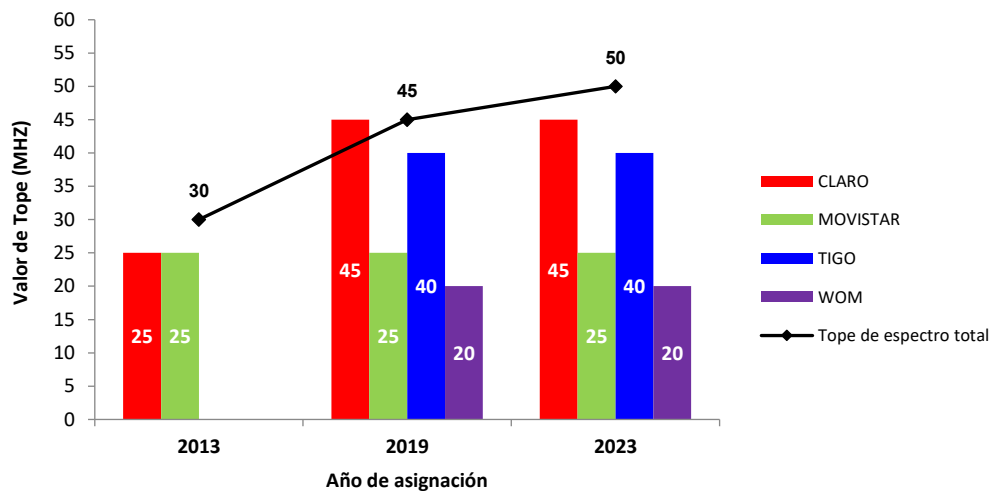
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



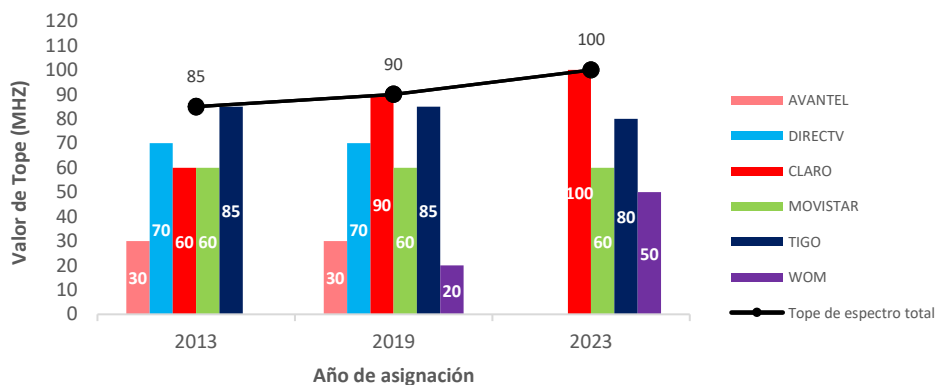


Figura 4 Cantidades de espectro para IMT asignadas por operador en relación con los topes fijados para bandas bajas entre 2013 a 2023



Fuente: Elaboración ANE

Figura 5 Cantidades de espectro para IMT asignadas por operador en relación con los topes fijados para bandas medias entre 2013 a 2023



Fuente: Elaboración ANE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Finalmente, es preciso señalar que, en el marco normativo vigente, los topes de espectro aplicables a PRST para servicios IMT se encuentran definidos en el Decreto 1078 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector TIC”, específicamente en el artículo 2.2.2.4.1. y siguientes. En este contexto, y de acuerdo con la estructura y jerarquía del sistema normativo colombiano, la actualización de estos topes se ha realizado mediante este instrumento, en la medida en que tales modificaciones no pueden efectuarse a través de normas de inferior jerarquía. Este esquema ha resultado adecuado en escenarios en los que los procesos de asignación de espectro se han desarrollado de forma espaciada en el tiempo, permitiendo incorporar ajustes en función de las necesidades identificadas en cada momento.

Sin embargo, la dinámica reciente del sector, marcada por la evolución tecnológica y por cambios más frecuentes en las condiciones del mercado, plantea desafíos frente a la oportunidad con la que pueden introducirse dichos ajustes. En particular, el trámite requerido para modificar un decreto puede incidir en los tiempos de actualización de los topes y dificultar la incorporación de ajustes oportunos frente a variaciones en la disponibilidad de bandas, en la estructura competitiva o en las condiciones de uso del espectro. En este contexto, sin desconocer que el mecanismo vigente ha cumplido su propósito, resulta pertinente evaluar alternativas normativas que permitan contar con mayores niveles de flexibilidad para la actualización de los topes.

4.2. Tenencias de espectro IMT en Colombia

En Colombia, a diciembre de 2024, se habían asignado permisos de uso de espectro para IMT por un total de 740 MHz. De este total, 130 MHz corresponden a las bandas 850 MHz y 700 MHz clasificadas como bandas bajas, 290 MHz corresponden a las bandas AWS, 1900 MHz y 2500 MHz clasificadas como bandas medias y 320 MHz en la banda 3500 MHz clasificada como banda media alta.

En la Figura 3 del numeral 4.1, se presentaron las bandas de frecuencias y el espectro IMT actualmente asignado a cada uno de los PRST móviles. Y en la Tabla 2 del numeral 3, se mostró el espectro IMT asignado y disponible para ofertar en bandas que han sido objeto de procesos de asignación incluyendo aquel espectro sujeto a la devolución informada por los PRST Tigo y Movistar.

Agencia Nacional del Espectro

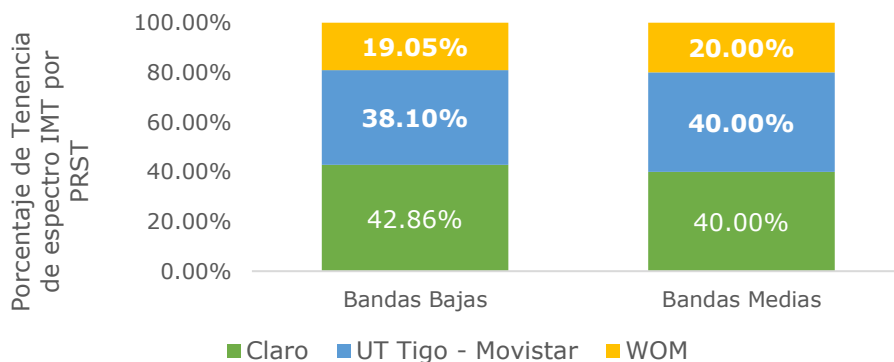
Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





De acuerdo con lo anterior, hoy en Colombia hay 675 MHz¹³ asignados en bandas IMT y un remanente de 285 MHz¹⁴, que incluye bloques que han sido ofertados en distintos procesos y los que han sido devueltos. A continuación, se presenta el porcentaje de tenencia de espectro de cada PRST en bandas bajas y bandas medias. En el caso de bandas medias altas, cada uno de los cuatro PRST asignatarios tienen un 25%, equivalente a 80MHz, del espectro de la banda 3500 MHz.

Figura 6 Porcentajes de tenencia de espectro IMT asignado en Bandas bajas y Bandas medias en Colombia por PRST



Fuente: Elaboración ANE

¹³ Espectro total asignado (675 MHz) al 28 de febrero de 2026: En Banda 700 MHz (80MHz), Banda 850 MHz (25 MHz), Banda AWS (50 MHz), Banda 1900 MHz (110 MHz), Banda 2500 FDD (90 MHz) y Banda 3500 MHz (320 MHz).

¹⁴ Espectro total remanente (285 MHz) al 28 de febrero de 2026: En Banda 700 MHz (10 MHz), Banda 850 MHz (25 MHz), Banda AWS-1 (40 MHz), Banda AWS Extendida (30 MHz), Banda 1900 MHz (10 MHz), Banda 2500 FDD y TDD (90 MHz), y para la banda de 3500MHz, 80MHz de espectro no fueron puestos en el proceso de subasta del año 2023 para que su asignación se adelante en un próximo proceso de asignación.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Como se observa en la Figura 6, con la Unión de Tigo y Movistar como un solo PRST y Claro (Comcel) se evidencia que estos dos PRST poseen el 80% del espectro asignado tanto en bandas bajas como en bandas medias¹⁵.

Al respecto, GSMA evidenció que representantes de la industria recientemente se han manifestado en relación con el espectro remanente en Colombia en el siguiente sentido:

"Vale la pena resaltar que Colombia ha tenido avances en tanto licitación de bandas bajas y medias para 5G en 2023 pero aún queda trabajo por hacer en materia de gestión de espectro futuro: la cantidad asignada sigue estando por debajo de los requerimientos de la UIT (1650 MHz) y por debajo del promedio de la OCDE (865 MHz).

Por lo tanto, para fomentar la inversión y la innovación, asignar una mayor cantidad de espectro para IMT, de manera eficiente y en condiciones justas, es fundamental. Esto garantizará el despliegue de nuevas tecnologías- no solo 5G sino las venideras como 5G-Advanced y 6G – y mejorará la calidad de las redes existentes, lo que contribuirá a la expansión de los beneficios de la tecnología móvil. Por lo tanto, las políticas de asignación de espectro deben priorizar su uso efectivo y eficiente para maximizar el bienestar de consumidores, empresas y el Estado."¹⁶

Lo anterior refleja una postura clara de la industria sobre la necesidad por mayor cantidad de espectro para: i) mejorar la cobertura y la calidad de los servicios móviles, especialmente en áreas rurales y apartadas, lo que puede contribuir a cerrar la brecha digital, y ii) viabilizar el despliegue de infraestructura y la adopción de nuevas tecnologías.

¹⁵ CRC. Resolución 7285 de 2024 "Por la cual se adoptan medidas para la promoción de la competencia, se modifican algunas disposiciones de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones".

¹⁶ Documento de respuesta realizado por GSMA respecto de la consulta pública sobre las bandas de frecuencias identificadas en Colombia para el futuro desarrollo de IMT, el cual puede ser consultado en el siguiente link <https://is.gd/g9RoJX>.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





5. BENCHMARKING INTERNACIONAL

La literatura sobre topes de espectro identifica diferentes tipos de topes, los cuales se evidencian en la Tabla 3.

Tabla 3 Tipos de tope de espectro

TIPO	FORMA DE APLICACIÓN
Absoluto	Es un único tope de espectro que es aplicable para todas las bandas de frecuencia por cada operador.
Loose	Los topes de espectro aplican solo para un operador en específico.
Tight cap	Establecer bajos topes para permitir la entrada de mayor cantidad de oferentes.
A una banda	Solo para una banda específica.
Acumulativo	Por grupo de bandas.
Por evento	Aplicable en un proceso de subasta.

Fuente: Elaboración ANE con base en (Sistemas, Administración e Ingeniería, 2010)

Con base en el listado, para el caso de Colombia, los topes de espectro se han venido utilizando de tipo acumulativo, es decir, es aplicable a un grupo de bandas de frecuencia. La elección del tipo de tope es autónoma en cada país y esta decisión depende de factores técnicos, de mercado y de política pública.

En la revisión adelantada por la ANE, se encontró que la forma de aplicación de topes de espectro puede ser de forma permanente o temporal (incluido como una regla para cada proceso de selección objetiva). Como se observa en la Tabla 4, en la región 1 – Europa, predomina la aplicación del tope de espectro de forma temporal. Caso contrario se observa en la región 2 – Américas, en donde predomina la aplicación de forma permanente, según se aprecia en la Tabla 5.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Tabla 4 Forma de aplicación de topes de espectro en Región 1

Región 1 – Europa	
País	Aplicación
Alemania	Temporal
Austria	Temporal
Bélgica	Permanente
Dinamarca	Temporal
Eslovaquia	Permanente
Eslovenia	Temporal
España	Permanente
Finlandia	Temporal
Francia	Permanente
Grecia	Temporal
Hungría	Temporal
Irlanda	Temporal
Italia	Temporal
Países Bajos	Permanente
Polonia	Temporal
Portugal	Temporal
Reino Unido	Temporal
República checa	Permanente
Rumania	Permanente
Suecia	Temporal
Suiza	Temporal

Fuente: Elaboración ANE con base en información Cullen International (junio de 2024)

Tabla 5 Forma de aplicación de topes de espectro en Región 2

Región 2 – Américas	
País	Aplicación
Argentina	Permanente
Brasil	Permanente
Canadá (2014)	Permanente
Canadá	Temporal
Chile	Permanente
Costa Rica	Temporal
Ecuador	Permanente

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Región 2 – Américas	
País	Aplicación
México	Temporal
Paraguay	Temporal
Perú	Permanente

Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

La estructura regulatoria en cada país es diferente, de tal manera que la fijación de topes de espectro se realiza por medio de un acto administrativo que se adapte a los objetivos del Gobierno y a las condiciones del mercado local.

De manera complementaria, y con el objetivo de obtener referencias y tendencias relacionadas con la fijación de topes de espectro, se realizó una revisión internacional enfocada en recopilar los últimos topes de espectro fijados con sus correspondientes procesos de asignación de espectro en países de América y de Europa.

Se debe tener en cuenta en todo caso que los países difieren en cuanto a su tamaño geográfico, la población, el desarrollo económico y las formas de regulación, así como en el tamaño del mercado de telecomunicaciones, grado de liberalización, número de participantes y demanda. Por tal diversidad, se pretende evidenciar aspectos generales de los procesos de asignación de espectro relacionados a las bandas de frecuencia, la cantidad de espectro ofertado, el tope fijado en MHz, y la duración de la aplicación del tope.

5.1. Fijación de topes de espectro a nivel internacional

Se realizó la revisión internacional de topes de espectro para: 1) bandas bajas, aquellas menores a 1GHz; 2) bandas medias, aquellas que se encuentran entre 1 y 3GHz; 3) bandas medias altas, aquellas que se encuentran entre 3 y 6GHz; 4) bandas altas, aquellas mayores a 6GHz; y 5) asignaciones regionales.

De esta revisión se obtuvieron los máximos topes de espectro fijados por grupos de bandas (bandas bajas < 1GHz, bandas medias entre 1 y 3 GHz y bandas medias altas entre 3 y 6 GHz) en países de las regiones 1 y 2, cuyos resultados se exponen en la Figura 7 y la Figura 8 respectivamente.

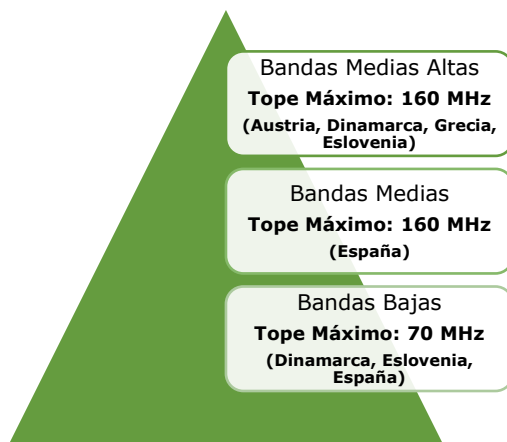
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 7 Máximo tope de espectro en Región 1



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

Figura 8 Máximo tope de espectro en Región 2



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

Los máximos topes fijados en cada región analizada son diferentes en cada uno de los grupos de bandas. Así, los topes en bandas bajas y medias de la región 2

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





respecto a la región 1 son más altos. Caso contrario se observa en bandas medias altas, específicamente para la banda de 3500 MHz, y el máximo tope fijado en bandas bajas en ambas regiones es similar (70 y 75 MHz).

Dentro de la revisión se evidenciaron casos en la Región 1, en los que se fija un tope para el espectro en general o para la unificación de grupos de bandas como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6 Otras agrupaciones de espectro para la Fijación de topes de espectro en Región 1

Nº	País	Tope MHz	Bandas	Clasificación de bandas	Año
1	Irlanda	375	Espectro en general < 3GHz	Bandas Bajas + Bandas Medias	2022
2	Países Bajos	264	Espectro en general	Global	2020
3	Eslovenia	425	Espectro <6 GHz	Bandas Bajas + Bandas Medias + Bandas Medias Altas	2021
4	Suiza	270	Todas las bandas FDD	Global	2012
5	Reino Unido	340	Todo el espectro	Global	2018
6	Reino Unido	255	800-900-1800-2100-2300-2600	Bandas Bajas + Bandas Medias	2018
7	Reino Unido	416	Todo el espectro	Global	2021

Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

En cuanto a los topes de espectro para bandas altas (> 6 GHz), se observa en la Figura 9 y la Figura 10 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, topes mayores o iguales a 400 MHz en las regiones 1 y 2, aunque se registra una menor tendencia de subastas o procesos de asignación en este grupo de bandas.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 9 Topes de espectro para bandas altas (>6 GHz) – países seleccionados de la Región 1



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

Figura 10 Topes de espectro para bandas altas (>6 GHz) – Países seleccionados de la Región 2



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





En lo relacionado con topes para espectro regional, a nivel internacional se evidencian casos específicos que se resumen en la Tabla 7. Se anota que en las regiones 1 y 2 se han llevado a cabo procesos de asignación en los cuales se entrega espectro con licencias nacionales y regionales.

Tabla 7 Fijación de topes para espectro con licencias regionales

No	País	Banda	Topes	Aplicación
1	Austria	3410–3800 MHz	A1 Telekom Austria y T-Mobile: Hasta 150 MHz. (Operadores nacionales establecidos) Otros licenciatarios: Hasta 170 MHz	Temporal
2	Brasil	2.3 GHz	50 MHz	Temporal
3	Brasil	3.5 GHz	100 MHz Regional: Máx. 2 bloques regionales en la primera etapa	Temporal
4	Brasil	26 GHz	1 GHz	Temporal
5	Canadá	3,5 GHz	100 MHz	Temporal
6	Estados Unidos	N/A	Se fijan caso por caso	Permanente
7	México	AWS	80 MHz	Temporal
8	México	1900 MHz	35 MHz	Temporal

Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)

Como se observa, no existe una tendencia de topes de espectro en cuanto a la cantidad en MHz, ya que difiere en cada región (1 y 2) e incluso en cada país. Por lo anterior, se debe tener en cuenta que la fijación de topes está directamente relacionada con la cantidad de procesos de asignación y, a su vez, con la cantidad de espectro ofertado en dichos procesos. Así, la fijación de topes de espectro es propia de cada administración y esta decisión suele estar asociada a variables de tipo político, económico, social, y/o geográfico.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

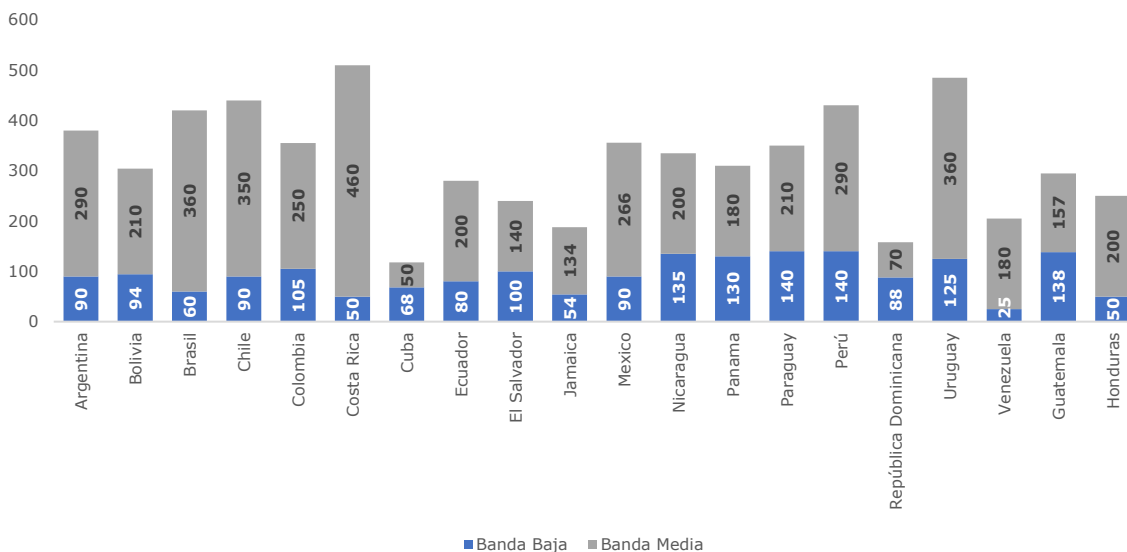




5.2. Asignaciones de espectro a nivel internacional

Dentro de la revisión internacional adelantada, se recopiló también información correspondiente a las asignaciones de espectro históricas de países pertenecientes a las regiones 1 y 2 por clasificación de bandas (bajas, medias y medias altas). El objetivo de este ejercicio se centró en observar el comportamiento de las asignaciones a nivel internacional, así como la posición de Colombia respecto a otros países en esta materia. Se debe tener en cuenta en todo caso, que los países no son directamente comparables debido a sus diferencias en factores económicos, políticos, sociales y demográficos.

Figura 11 Cantidad de espectro asignado en bandas bajas < 1 GHz y bandas medias entre 1 GHz y 3 GHz - Región 2



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024).
 Nota 1: El espectro asignado corresponde a licencias nacionales.
 Nota 2: Brasil y Argentina tienen licencias regionales.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

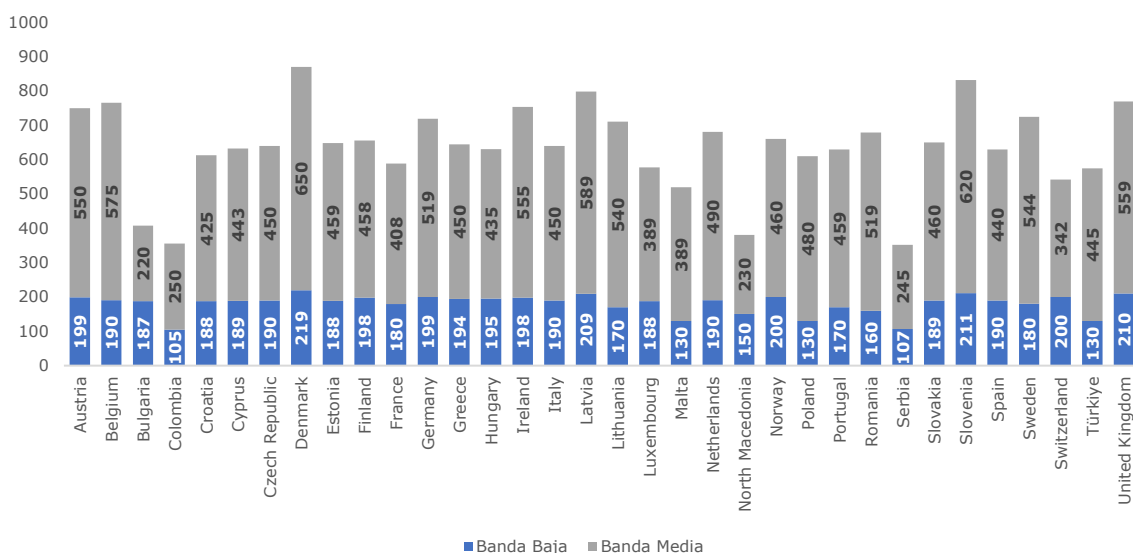




En lo que corresponde a la Región 1, se observa en la Figura 12 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** un comportamiento más simétrico en bandas bajas que los países de la Región 2 observados en la Figura 11. En referencia con el promedio de 180 MHz para bandas bajas y de 456 MHz para bandas medias, Colombia se encuentra por debajo en las asignaciones de espectro de ambos grupos de bandas, lo que demuestra la necesidad de agilizar la modificación de topes de espectro para la realización de un proceso de selección objetiva que permita el otorgamiento de nuevos permisos de uso de espectro.

Se debe tener en cuenta que, a nivel general, la cantidad de espectro disponible para ofertar en bandas medias es considerablemente mayor respecto a la cantidad de espectro en bandas bajas. Además, en la Región 1 se evidencian procesos de asignación de las bandas 450 MHz, 600 MHz y 900 MHz, las cuales en la Región 2 en la mayoría de los países, incluyendo a Colombia, no han sido asignadas.

Figura 12 Cantidad de espectro asignado en bandas bajas < 1 GHz y bandas medias entre 1 GHz y 3 GHz - Región 1



Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

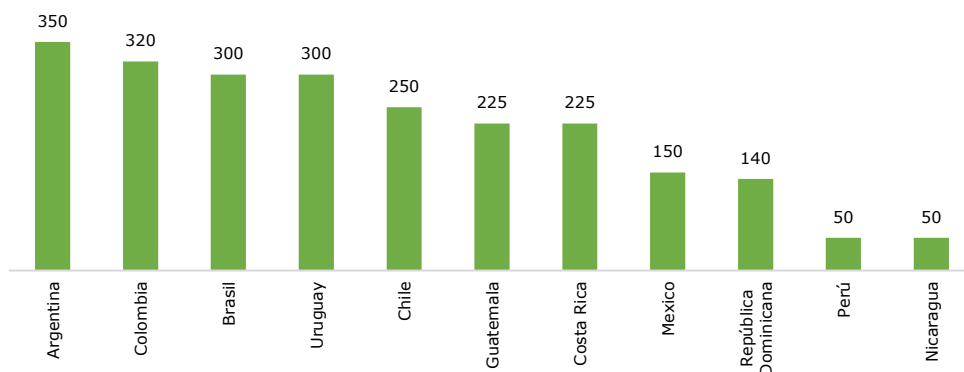




Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024).
Nota: El espectro asignado corresponde a licencias nacionales.

En el caso de las asignaciones de espectro en la banda 3500 MHz, se observa en la Figura 13 que Colombia es uno de los cuatro países de la Región 2 con asignación por encima de 300 MHz, lo cual se encuentra alineado con las tendencias internacionales relacionadas con la necesidad de desplegar tecnología 5G.

Figura 13 Cantidad de espectro asignado en bandas medias altas entre 3 GHz y 6 GHz (banda 3500 MHz) - Región 2



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024).
Nota: El espectro asignado corresponde a licencias nacionales.

Así, en la Región 1, se observa un comportamiento simétrico en la mayoría de las asignaciones de la banda 3500 MHz (ver Figura 14). El promedio de la región es de 341 MHz, del cual Colombia, aunque se encuentra por debajo no está muy distante, e incluso se encuentra por encima de países como Francia, Austria, Alemania, entre otros.

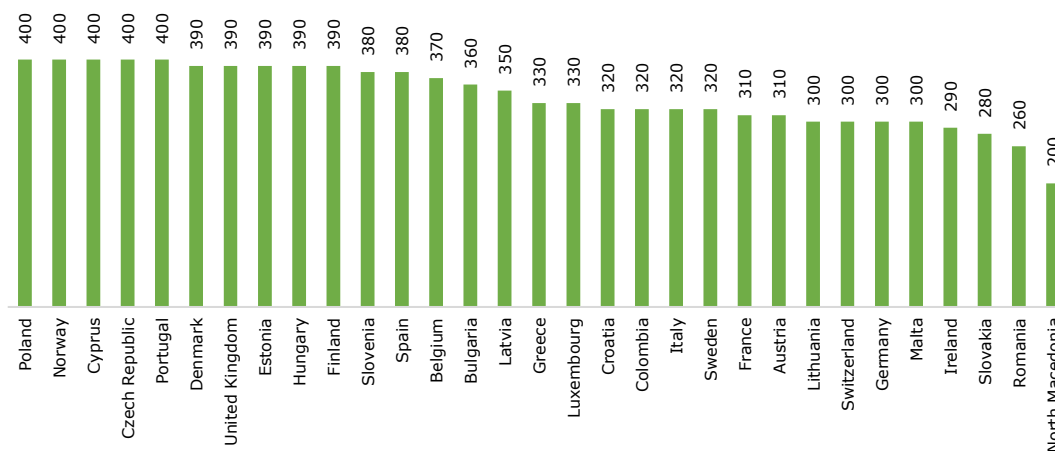
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 14 Cantidad de espectro asignado en bandas medias altas entre 3 GHz y 6 GHz (banda 3500 MHz) - Región 1



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024).
Nota: El espectro asignado corresponde a licencias nacionales.

Ahora bien, dada la dificultad de comparar los países por sus características internas, se realizó un ejercicio teniendo en cuenta la población (número de habitantes), es decir aquellos países con población similar, y se realizó el cálculo de la cantidad de MHz asignados por millón de habitantes, con el objetivo de obtener una referencia respecto a la asignación de espectro en Colombia con países con alguna similitud en la Región 2.

En la Figura 15, se observa cómo en el país se evidencia el impacto derivado de las recientes devoluciones de espectro en la métrica MHz por millón de habitantes en bandas medias respecto a Venezuela y Perú.

En la métrica para bandas bajas, aunque Colombia se encuentra en situación similar respecto de los resultados de Argentina y Venezuela, se observa una diferencia muy marcada respecto a Perú.

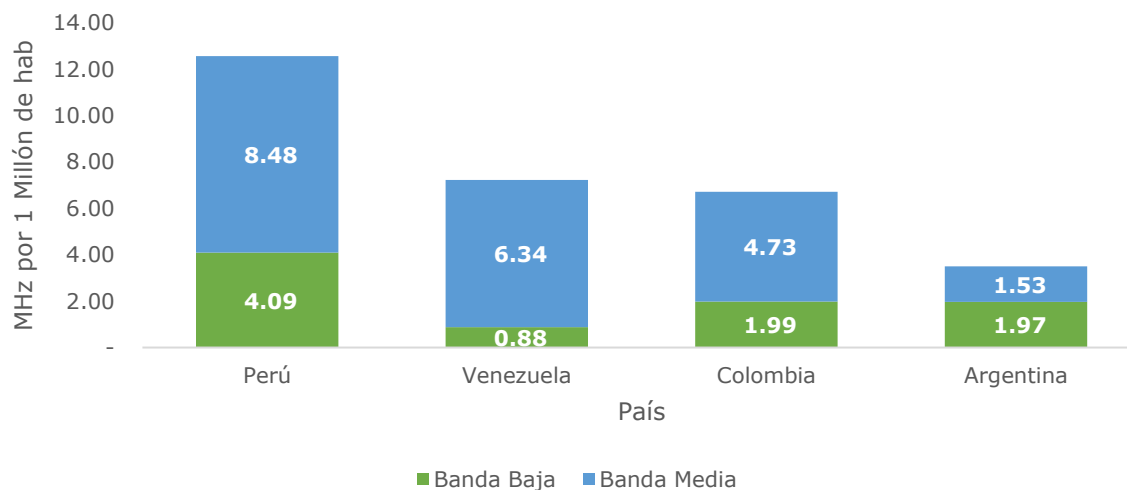
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 15 Cantidad de espectro asignado Bandas Bajas y Bandas Medias- Región 2 (MHz por millón de habitantes)



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024)..

En la Figura 16 se observa que Colombia se encuentra rezagado respecto a los países de la Región 1 con los que se compara, ubicándose en la última posición, aunque cercano a Alemania en cuanto a la cantidad de MHz asignados por millón de habitantes en bandas bajas y a Francia en bandas medias, situación explicada entre otras causas por las devoluciones de espectro de los últimos años.

Así mismo, como se evidenció en la Figura 12, en la Región 1 las cantidades de espectro asignado tanto en bandas bajas como en bandas medias son más altas respecto a las asignaciones en Región 2. Esta diferencia podría atribuirse a la dinámica de los procesos de asignación, que en la Región 1 han sido más continuos en el tiempo y han ofrecido mayores cantidades de espectro. En particular, esto incluye las bandas de frecuencia que, si bien han sido identificadas en la Región 2, aún no han sido objeto de procesos de asignación, tal como se evidenció en la revisión de los procesos históricos para los países con información disponible.

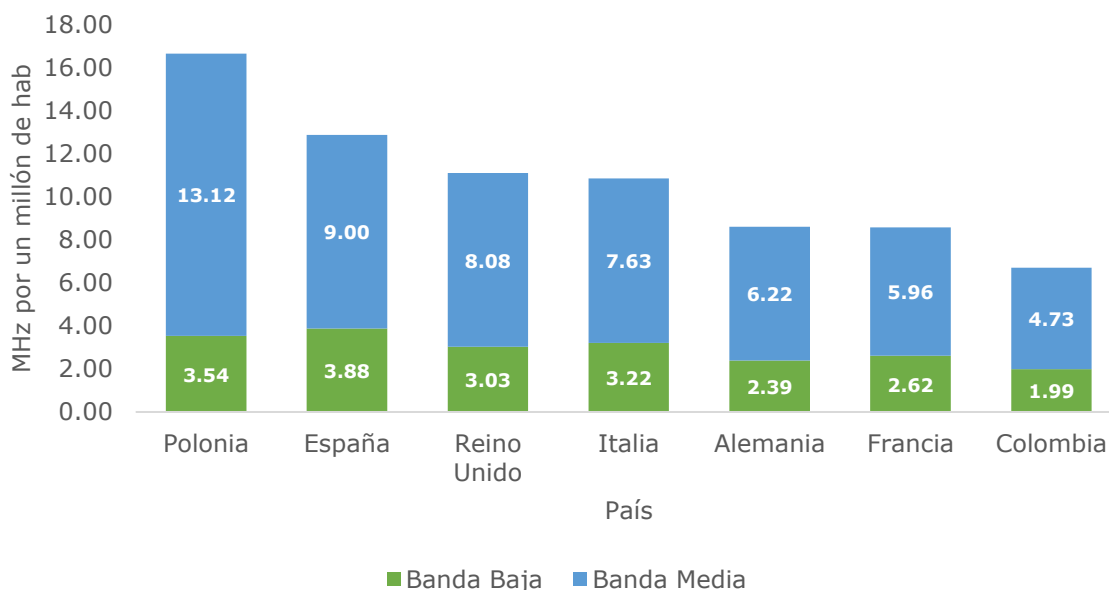
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 16 Cantidad de espectro asignado Bandas Bajas y Bandas Medias- Región 1 (MHz por millón de habitantes)



Fuente: Elaboración ANE con base en información de Cullen International (junio de 2024).

6. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE TOPE DE ESPECTRO MEDIANTE HOLGURA CON BASE EN EL BENCHMARKING INTERNACIONAL

La información consolidada de los recientes topes de espectro fijados en los procesos de subastas de los últimos años relacionados con países de Europa y América evidencia una tendencia respecto a la fijación de topes en los diferentes grupos de bandas (bandas bajas, bandas medias, bandas medias altas y bandas altas). Si bien se tiene pleno conocimiento de que los países no son comparables en términos sociales, geográficos, económicos y culturales, en la práctica pueden generarse agrupaciones internacionales que promueven acuerdos o reglas

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





comunes para impulsar crecimientos económicos que permitan mejorar las condiciones sociales de los países por regiones.

En la gestión de un recurso público limitado como lo es el espectro radioeléctrico, cada administración de espectro actúa de acuerdo con sus políticas de Estado, promoviendo innovación, desarrollo tecnológico y el acceso a la población, acorde con las tendencias internacionales que permitan dar respuesta a la permanente evolución tecnológica y a la creciente demanda de servicios móviles. Lo que resulta además en evitar acaparamiento en el mercado de telecomunicaciones a través de las tenencias de espectro de los operadores en el momento de asignarlo, lo cual se realiza por medio de la fijación de topes.

Así, dado que en la revisión internacional se encuentra la información disponible relacionada con topes de espectro históricos fijados por los países en sus procesos de asignación de espectro, pero no se encuentra una referencia teórica o metodología sobre esa fijación, la ANE tomó como insumo esta información de fijación de topes en los procesos de asignación para las diferentes bandas de frecuencia por país y ha adoptado de tiempo atrás una metodología que busca obtener una referencia internacional de tope en cantidad de MHz.

La metodología para el cálculo de tope de espectro mediante holgura ha venido siendo utilizada desde hace más de diez años por la ANE. A continuación, se expone el concepto de holgura para precisar su aplicación dentro de la metodología, y así proceder a explicar su cálculo y resultado a partir del benchmarking internacional como una referencia para establecer una recomendación de un nuevo tope de espectro en Colombia.

6.1. Concepto de holgura

Cuando el Estado decide iniciar un proceso para asignación de espectro en una banda de frecuencia determinada, es fundamental tener en cuenta que la demanda de espectro por parte de los operadores puede variar. Esta variación responde a factores como su flujo de caja, el despliegue de infraestructura, el segmento del mercado que están interesados en cubrir, el valor del espectro, condiciones de la subasta, entre otros. Estas situaciones podrían resultar en que la cantidad de espectro asignado entre los operadores interesados pueda resultar disímil.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Por estos fenómenos dentro del mercado de las telecomunicaciones, y buscando que los operadores tengan la posibilidad de ser asignatarios de una porción mínima de espectro en un grupo de bandas determinadas, se ha propuesto y utilizado el concepto de “holgura”, el cual permite la tenencia de una mayor cantidad de espectro a la que puede acceder un operador con respecto a ese valor mínimo. En otras palabras, la *holgura* no es más que el margen adicional de espectro que un proveedor puede acceder más allá de una porción mínima establecida en un grupo de bandas determinadas.

La holgura permite asegurar que todos los operadores puedan acceder al menos a una porción mínima de espectro. Además, incentiva el uso eficiente del espectro ofertado, promueve que el operador que acceda a mayor recurso brinde servicios de calidad al usuario final, y promueve la puja¹⁷ en los procesos de subasta. La holgura cuantifica el margen regulatorio entre: (i) un reparto mínimo del espectro total del grupo de bandas, bajo la hipótesis de acceso equiproporcional entre los operadores interesados, y (ii) el límite máximo de espectro (tope) que se permite acumular a un operador en el proceso o bajo una regla vigente. La holgura se interpreta entonces como un instrumento para balancear tres objetivos: competencia (evitar acaparamiento), eficiencia (posibilitar economías de escala) y asignación efectiva (reducir remanentes).

El resultado final es una regla reproducible que, a partir del espectro total del grupo de bandas y del número de operadores interesados, construye un intervalo $[L_g, U_g]$ para el tope.

¹⁷ La puja es la acción de un participante al estar interesado en un bien en particular por lo que estará dispuesto a ofertar una cantidad de dinero que para él provocará que le asignen ese bien de interés. Si la puja del participante mencionado resulta ser la más alta respecto a los demás interesados, el bien será asignado a él con éxito.

Una mayor cantidad de participantes aumenta la probabilidad de pujas (mayor cantidad de dinero), lo que eleva los precios y asegura que el espectro se asigne a quienes valoran más su uso. Al promover la participación de más actores y fomentar la competencia, los topes pueden aumentar los ingresos recaudados por el gobierno a través de la subasta.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





6.2. Cálculo de holgura

El cálculo de holgura efectuado por la ANE a partir del benchmarking internacional se realizó a partir de una base de datos con la siguiente ficha técnica.

Tabla 8 Ficha técnica base de datos benchmarking internacional sobre topes de espectro

Benchmarking Internacional	
Año	2024
Tema	Topes de espectro
Fuentes	Cullen Internacional, resoluciones, leyes y noticias.
Registros	107
Variables	12
Descripción de variables	<ol style="list-style-type: none"> 1. País: Nombre del país. 2. Tope: Tope establecido para el proceso de subasta en MHz. 3. Banda: Corresponde a la banda de frecuencia específica en MHz. 4. Clasificación de bandas: Agrupación según las bandas – Bandas bajas menores a 1GHz, Bandas medias entre 1 y 3GHz, Bandas medias altas entre 3 y 6GHz, y Bandas altas > 6GHz. 5. Aplicación tope: Se establece el tope de dos formas Permanente o Temporal (durante el proceso de subasta). 6. Cantidad de espectro ofertado en el proceso de subasta. 7. Cantidad de espectro asignado en el proceso de subasta. 8. Número de operadores: Cantidad de operadores en el mercado de servicios móviles. 9. Tipo de licencia: Nacional o Regional. 10. Año: Año en el que se fijó el tope y se desarrolló el proceso de subasta. 11. Observaciones: Aquellas notas aclaratorias sobre la fijación del tope o sobre el proceso de subasta.
Total países	30
Países en Europa	21
Países en América	9

Fuente: Elaboración ANE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Sobre esta base, se realizaron las siguientes actividades para la aplicación de la metodología:

- Construcción de una base de datos con información de los últimos topes establecidos a nivel internacional.
- Identificación de la cantidad espectro disponible a subastar por banda.
- Identificación de número de operadores posibles en la banda.
- Cálculo de un rango para establecer un tope por banda.

Con la base de datos, se procedió a realizar el cálculo de holgura para cada registro, tomando como referencia las siguientes variables:

Tabla 9 Definición de las variables para la aplicación de la metodología para el cálculo de tope de espectro mediante holgura con base en el benchmarking internacional

No	Concepto	Definición operativa	Símbolo	Unidad	Observación
1	Tope de espectro	Máximo de espectro que puede acumular un operador en el grupo de bandas del proceso/regla.	T	MHz	Dato observado (benchmarking internacional) o decisión regulatoria.
2	Espectro total ofertado	Cantidad total relevante del grupo de bandas en el proceso/escenario.	Q	MHz	Puede definirse por subconjunto de bandas según el análisis.
3	Número de operadores	Número de operadores interesados para el escenario.	N	—	En escenarios prospectivos puede variar; se usa un caso base.
4	Espectro por operador sin holgura	Reparto equiproporcional del espectro total entre N operadores.	$Q_{sh} = Q/N$	MHz	Corresponde a holgura cero.
5	Holgura absoluta	Excedente del tope sobre el reparto mínimo.	$H = T - Q_{sh}$	MHz	Puede ser negativa si $T < Q_{sh}$.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





No	Concepto	Definición operativa	Símbolo	Unidad	Observación
6	Holgura relativa	Holgura como proporción del reparto mínimo.	$P_h = H/Q_{sh}$	—	Permite agregación internacional por grupos de bandas.
7	Porcentaje de holgura	Holgura promedio de referencia internacional	P_h	%	Referencia de holgura internacional por grupo de bandas de frecuencia

Fuente: Elaboración ANE

Para obtener los límites en los cuales debe estar fijado el tope en MHz, se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 1 Cálculo de límite inferior sin holgura y límite superior con holgura

$$\text{Límite inferior: } Q_{sh} = \frac{Q}{N}$$

$$\text{Límite superior: } Q_{ch} = Q_{sh} * P_h$$

Donde:

Q : Cantidad de espectro ofertado en MHz en un grupo de bandas de frecuencia.

N : Número de operadores que desplegarían o estarían interesados por espectro en un grupo de bandas de frecuencia.

Q_{sh} : Cantidad de espectro por operador sin holgura, la cual corresponde al límite inferior.

P_h : Porcentaje de holgura.

Q_{ch} : Cantidad de espectro por operador con holgura, la cual corresponde al límite superior. Que se transforma en el tope fijado.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.

Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030

Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Dado que el análisis se ejecuta sobre una base de datos en la que se refleja el benchmarking internacional con múltiples registros, resulta útil expresar el procedimiento como un cálculo por fila. Así, a partir de (T_i, Q_i, N_i) se obtiene el reparto mínimo q , posteriormente, los indicadores de holgura que permiten comparar escenarios y estructuras de mercado en escalas diferentes. A continuación, se definen la notación y las ecuaciones correspondientes.

Considérese entonces una base internacional con m registros (número de filas en la base de datos) indexados por $i = 1, \dots, m$. Para cada registro i se observan: (i) el tope T_i (MHz), (ii) el espectro total Q_i (MHz) del grupo analizado, y (iii) el número N_i de operadores interesados. Sobre estos, se obtiene el reparto mínimo y las holguras absoluta y relativa.

$$Q_{sh,i} = Q_i / N_i \quad (1)$$

Asimismo, se define un límite inferior $Q_{sh,i}$ como referencia de holgura cero.

$$H_i = T_i - Q_{sh,i} \quad (2)$$

Por otro lado, la holgura absoluta H_i (MHz) mide el excedente del tope respecto del reparto mínimo. Por lo tanto, si $H_i > 0$, el tope permite acumular más que el reparto mínimo; mientras que si $H_i < 0$, el tope queda por debajo del reparto mínimo.

$$P_{h,i} = H_i / T_i = (T_i - Q_{sh,i}) / T_i \quad (3)$$

La holgura relativa $P_{h,i}$ permite entonces comparar procesos con diferentes escalas de espectro y estructuras de mercado. Con esta definición, el correspondiente límite superior con holgura es el siguiente:

$$Q_{ch} = Q_{sh,i}(1 + P_{h,i}) \quad (4)$$

6.2.1. Aplicación cálculo de holgura

Como se describió en el numeral 6.2, la metodología da como resultado un cálculo de un rango donde se define un límite inferior y un límite superior, dentro del cual se recomienda establecer el valor del tope por banda o grupo de banda con base en el benchmarking internacional de cada uno de los procesos de asignación registrados por país.

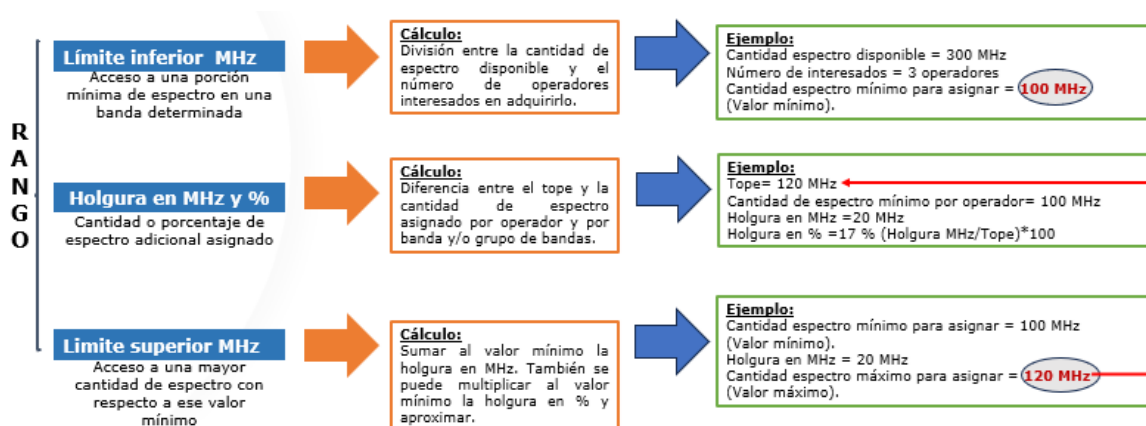
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



En la Figura 17 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un ejemplo de un proceso de asignación, en el que se identifica un total de espectro disponible (300 MHz), el número de operadores interesados (3) y el tope fijado (120 MHz). El objetivo es calcular la holgura en este caso, en cuanto al límite inferior es 100 MHz (300 MHz dividido en 3 operadores), y en cuanto al límite superior este corresponde al tope que se fijó de 120 MHz, por lo que el resultado de la holgura es de 20 MHz.

Figura 17 Ejemplo de la aplicación del cálculo de holgura



Fuente: Elaboración ANE

Con base en lo anterior, se realiza el cálculo de holgura para cada uno de los registros de la base de datos que corresponden a los procesos de asignación por país, luego se calcula el promedio de la holgura a nivel internacional por banda o grupo de bandas, y con este valor promedio se calcula el rango de referencia para Colombia dentro del que se recomienda fijar el tope de espectro de acuerdo con el espectro disponible por ofertar y el número de interesados en el mercado interno.

Sea g una clasificación de bandas (por ejemplo, bandas bajas <1 GHz, Bandas medias 1-3 GHz). Para cada grupo g se calcula un valor representativo de holgura relativa internacional, a través de la siguiente expresión:

$$\underline{H}_g = \frac{1}{|S_g|} \sum_{r \in S_g} H_r$$

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co



Donde S_g es el conjunto de registros del benchmarking internacional clasificados en g ("Porcentaje de Holgura").

Ejemplo ilustrativo por banda. Una vez definida la holgura relativa H_r (adimensional) como medida comparable entre escenarios, se procede a mostrar su uso en el cálculo operacional del límite superior con holgura. En particular, para cada banda se consideran (Q, N) y se deriva Q_{sh} . Posteriormente, se aplica H_r para cuantificar el margen sobre el reparto mínimo y obtener Q_{ch} . Este ejercicio permite verificar coherencia dimensional, reproducibilidad del cálculo y consistencia con los valores reportados, así:

(a) Bandas bajas

Tomando como referencia tres operadores interesados, en los datos esto corresponde a $N = 3$ y el conjunto de bandas (700 y 850 MHz) con $Q = 140$ MHz.

- $Q = 140$ MHz
- $N = 3$
- $H_r = 0.39$
- $Q_{sh} = 140/3 = 46.6667$ MHz
- $Q_{ch} = 46.6667(1 + 0.39) = 64.8667$ MHz

Este valor se reporta como 65 MHz.

(b) Bandas medias

Tomando como referencia tres operadores interesados, en los datos esto corresponde a $N = 3$ y el conjunto de bandas (AWS, AWS Ext, 1900, 2500 MHz) con $Q = 420$ MHz.

- $Q = 420$ MHz
- $N = 3$
- $H_r = 0.35$
- $Q_{sh} = 420/4 = 140$ MHz
- $Q_{ch} = 140(1 + 0.35) = 189$ MHz

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Este valor se reporta como 189 MHz.

6.3. Número de operadores

El número de operadores es una variable clave para establecer un tope de espectro. Por tal razón, tener los potenciales interesados en un proceso de asignación permite que la decisión de tope contenga la posibilidad de que todos los interesados pueden acceder al espectro.

Si bien a través de las manifestaciones de interés es posible tener un indicio de los proveedores que estarían dispuestos en adquirir espectro en la banda que el regulador decida ofertar, no hay que desconocer que en los procesos de asignación se presentan muchas situaciones en su desarrollo causadas por decisiones de los propios interesados, desde operadores que se retiran en el camino por algún motivo en particular, hasta la aparición de nuevos agentes en el mercado.

De acuerdo con la revisión internacional y la base de datos empleada como insumo para la aplicación de la metodología descrita en el numeral 6.2 en la cual se incorpora la variable "número de operadores", correspondiente a la cantidad de agentes en el mercado de servicios móviles, se observa que la estructura de estos mercados, tanto en bandas bajas como en bandas medias, tiende a configurarse en torno a un promedio de tres operadores.

Adicionalmente, se evidencia que, entre 2008 y 2023, el número promedio de operadores móviles ha presentado una tendencia decreciente sostenida. A manera de referencia, en el caso de los países de la OCDE, en 2008 existía mucha heterogeneidad ya que se observaban mercados con hasta seis operadores, situación que a 2023 se redujo significativamente, permitiendo que para dicha fecha se tuviera un promedio de 3,4 operadores.

6.4. Cálculo de holgura para la fijación de tope de espectro

A continuación, se presentan los cálculos de holgura para dos grupos de bandas, bandas bajas y bandas medias, siendo estas en las que Colombia posee actualmente espectro disponible para ofertar por dos situaciones: bloques de

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





espectro no asignados en anteriores procesos de subasta, y devoluciones de espectro realizadas por los operadores existentes en el mercado.

Esta revisión de topes de espectro no se realiza para las bandas medias altas, ya que en diciembre de 2023 se realizó un proceso en el que se asignaron 320 MHz en la banda 3500 MHz, y a la fecha no se han identificado otras bandas de frecuencias disponibles para ofertar en el rango entre 3 GHz y 6 GHz. De igual manera, debe tenerse en cuenta que, de dicho proceso de asignación, quedaron 80 MHz sin asignar en la banda 3500 MHz y cada uno de los cuatro asignatarios quedó con 80 MHz, es decir, que ninguno llegó al tope establecido (100 MHz).

De acuerdo con la metodología explicada en el numeral 6.2, se busca obtener un rango de referencia, expresado en MHz, dentro del cual se recomienda establecer el tope. Este rango se encuentra acotado por un valor máximo en MHz (resultado del porcentaje de holgura calculado) y un valor mínimo en MHz (resultado de la relación entre la cantidad de espectro asignada entre el número de operadores del mercado).

El planteamiento se realizó con base en las siguientes consideraciones:

- a) Cantidad de espectro mínima para el desarrollo de las tecnologías.
- b) Garantizar que todos los operadores interesados tengan la posibilidad de adquirir espectro, buscando promover un mercado de telecomunicaciones competitivo que incentive la prestación de servicios con calidad y cobertura.
- c) Cálculo de escenario para tres operadores, con base en las consideraciones expuestas en el numeral 6.3.

6.4.1. Cálculo de holgura para la fijación de tope de espectro para bandas bajas y bandas medias

Construcción de Q . Para calcular el espectro total del grupo Q , se considera tanto el espectro actualmente asignado a los operadores (stock) como el espectro que se espera ofertar. Así, para cada banda/sub-banda $b \in B$, se definen

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





A_b (asignado) y PA_b (por asignar), y Q se obtiene como la suma de ambos componentes en todas las bandas del grupo:

A_b : = Asignado, espectro que ya está asignado a los operadores (stock actual)

PA_b = Por asignar, espectro que se espera ofertar

$$Q = \sum_{b \in B} (A_b + PA_b)$$

donde B es el conjunto de bandas incluidas en el grupo y $b \in B$, luego se tiene que para:

(a) Bandas bajas (700 + 850 MHz) - $B_{bajas} = \{700, 850\}$

- 700 MHz: Asignado **80**, Por asignar **10** (total 90)
- 850 MHz: Asignado **25**, Por asignar **25** (total 50)

Por tanto:

$$Q = 90 + 50 = 140 \text{ MHz.}$$

(b) Bandas medias (AWS + 1900 + 2500 MHz) - $B_{medias} = \{AWS, 1900, 2500\}$

Nota: Para el cálculo del escenario base de corto plazo, el grupo de bandas medias se construye con AWS, AWS Ext, 1900 y 2500 MHz.

- AWS: Asignado **50**, Por asignar **40** (total 90)
- 1900: Asignado **110**, Por asignar **10** (total 120)
- 2500: Asignado **90**, Por asignar **90** (total 180)
- AWS Ext: Asignado **0**, Por asignar **30** (total 30)

Por tanto:

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





$$Q = 90 + 120 + 180 + 30 = 420 \text{ MHz.}$$

Una vez consolidado el espectro total del grupo mediante $Q = \sum_{b \in B} (A_b + PA_b)$, y obtenidos los valores $Q_{\text{bajas}} = 140 \text{ MHz}$ y $Q_{\text{medias}} = 420 \text{ MHz}$, el siguiente paso consiste en calcular el reparto mínimo $Q_{sh} = Q/N$ en función del número de operadores interesados N . Con Q_{sh} como referencia de holgura cero, se cuantifican la holgura absoluta y la holgura relativa, a partir de las cuales se define el intervalo operativo para la fijación del tope T .

En la Figura 18 se observa el resultado, luego de la aplicación de la metodología de holgura, los rangos dentro de los cuales debe estar fijado el tope en MHz para bandas bajas y bandas medias ante un potencial proceso de asignación en el mediano plazo. En este sentido, se considera que en el caso de las bandas bajas el tope propuesto debe ser 65 MHz, con un total de espectro disponible en este grupo de bandas de 35 MHz, producto de un espectro no asignado en procesos anteriores de 10 MHz en la banda de 700 MHz y de la devolución de 25 MHz¹⁸ en la banda de 850 MHz.

Para el caso de bandas medias el tope propuesto debe ser 140 MHz, con un total de espectro disponible en este grupo de bandas de 170 MHz, producto de un espectro no asignado en procesos anteriores en la banda de 1900 MHz y 2500 MHz de 10 MHz y 20 MHz respectivamente, un espectro de permisos no renovados de 70 MHz en la banda de 2500 MHz (30 MHz en FDD y 40 MHz en TDD), 30 MHz no asignados de la banda de AWS Ext¹⁹ y la devolución de 40 MHz²⁰ en la banda de AWS.

¹⁸ En el año 2025 Movistar devolvió 25 MHz en la banda 850 MHz. Resolución 61548 de 2023. Superintendencia de Industria y Comercio – SIC. “Por la cual se condiciona una operación de integración”.

¹⁹ Se aclara que, para el caso de la banda AWS Ext que corresponde a una banda en la que no hay asignaciones de espectro, la misma no fue adquirida en la subasta realizada en 2023 y no se han definido las condiciones técnicas de convivencia con el servicio móvil por satélite en adyacencia, por lo tanto, se podrían ofrecer en el corto plazo los mismos 30 MHz o esperar la definición de condiciones técnicas y ofertarla en un proceso de selección objetiva en el largo plazo de acuerdo con las condiciones del mercado de telecomunicaciones.

²⁰ En el año 2025, Tigo y Movistar devolvió cada uno 20 MHz en la banda AWS. Resolución 61548 de 2023. Superintendencia de Industria y Comercio – SIC. “Por la cual se condiciona una operación de integración”.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





De esta manera, el tope propuesto para bandas bajas (65 MHz), permitiría que los PRST accedieran a la totalidad del espectro disponible para ofertar, disminuyendo el riesgo que continúen remanentes, es decir que sean asignados los 35 MHz en bandas bajas. Esto por cuanto podrían ser de interés para los PRST que ya tienen despliegues en estas bandas y requieran fortalecer el despliegue para grandes coberturas a nivel nacional. Así mismo, este tope resultaría estar muy cercano al máximo fijado en la región 1 (70 MHz) evidenciado en la revisión internacional.

Para bandas medias, el tope propuesto (140 MHz), permitiría el acceso al espectro para la consolidación de 4G y para brindar el soporte para el despliegue de 5G. Se considera en este caso un tope conservador a la espera de la evolución del mercado de telecomunicaciones en el mediano plazo. En este sentido, establecer este nuevo tope busca satisfacer las necesidades de comunicación actuales y permite flexibilidad para futuras tecnologías o necesidades emergentes.

La fijación del tope no solo está relacionada con la cantidad de espectro disponible para ofertar sino también con el espectro asignado, que en el caso de Colombia para bandas medias corresponde en la actualidad a un total de 250 MHz.

De tal manera, que, a nivel internacional, si se toman como referencia las asignaciones de los países de la Región 1 presentadas en la Figura 12, Colombia se ubica por debajo de dichos referentes. Esto se explica, entre otros factores, porque algunos de estos países han llevado a cabo procesos de asignación con mayor frecuencia o han ofertado mayores cantidades de espectro en cada proceso de acuerdo con la revisión internacional realizada. Y en el caso que se tomaran como referencia las asignaciones de espectro de la Región 2 de la Figura 11, Colombia se encuentra similar a países como Argentina, México y Perú en cuanto a la asignación en bandas medias.

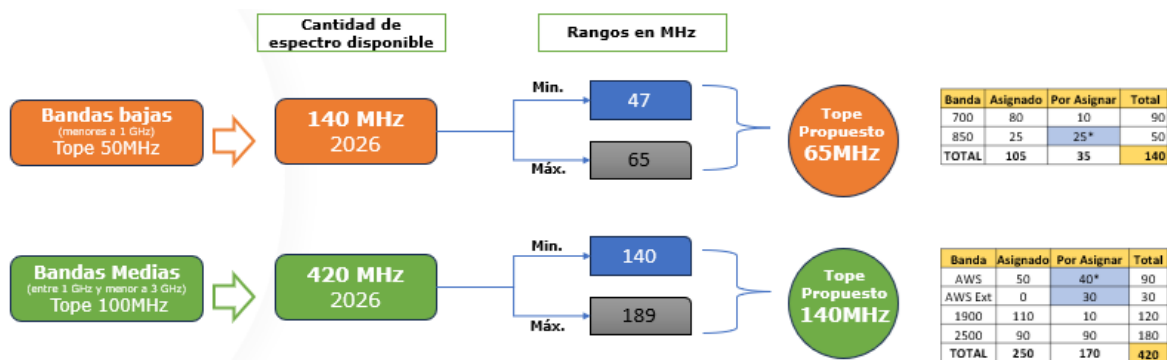
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Figura 18 Cálculo de rangos a partir de la metodología de holgura para bandas bajas y medias



Fuente: Elaboración ANE

Nota 1: AWS Extendida: En la subasta de 2023 se ofertó 30 MHz, aunque hubo manifestación de interés nadie pujo por la banda.

Se debe tener en cuenta que, en el largo plazo, la cantidad de espectro disponible para ofertar en bandas medias se podría incrementar por la disponibilidad en la banda L (91 MHz), la banda 2300 MHz (90 MHz) y la banda de AWS Ext (total 20 MHz), lo cual estará sujeto a factores como recomendaciones internacionales, estudios de convivencia y disposición de equipos en el mercado, entre otros. Esta situación llevará en su momento a que se revisen los topes de espectro vigentes, y de ser necesario, a que se modifiquen de acuerdo con las necesidades del mercado.

7. PROPUESTA DE NUEVAS CONDICIONES APLICABLES A TOPES DE ESPECTRO

Como se expuso en el numeral 4.1 del presente documento, el esquema vigente para la actualización de los topes de espectro se ha estructurado a partir de disposiciones contenidas en el Decreto 1078 de 2015.

Ahora, considerando el espectro radioeléctrico como un recurso limitado y un insumo esencial para el cumplimiento de las metas de conectividad, la

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





maximización del bienestar social y el cierre de la brecha digital, resulta necesario que su asignación se realice de manera adecuada y oportuna, promoviendo su uso eficiente y evitando condiciones que limiten su aprovechamiento. En este contexto, pueden requerirse ajustes normativos que, aunque de naturaleza técnica, respondan a la evolución del mercado, el desarrollo de las comunicaciones móviles y la calidad en la prestación de los servicios.

En ese sentido, se propone que la modificación de los topes de espectro aplicables a los PRST que tengan asignado o pretendan acceder a este recurso para IMT se realice mediante resolución expedida por el MINTIC. Lo anterior, en la medida en que el esquema vigente, en el cual dichos topes se establecen a nivel de decreto, implica que cualquier modificación deba surtirse a través de una norma de igual jerarquía, lo que limita la capacidad de respuesta frente a cambios en las condiciones del sector.

Así, la habilitación para que estos topes puedan ser ajustados mediante resolución permitiría introducir modificaciones debidamente motivadas, dentro de los lineamientos definidos en el decreto, el cual continuaría estableciendo los criterios y condiciones para el ejercicio de esta facultad.

En este sentido, la propuesta introduce un mecanismo que permite ajustar los topes de espectro de manera oportuna, sin afectar la estabilidad del marco normativo, asegurando su coherencia con las dinámicas del mercado y los objetivos de política pública del sector.

De otra parte, de acuerdo con lo expuesto a lo largo del presente documento, la fijación de un tope de espectro requiere considerar aspectos como: el número de PRST interesados en obtener permisos de uso del espectro radioeléctrico, los objetivos del Gobierno para el sector y la cantidad de espectro a ofertar, entre otros factores.

Adicionalmente, la constante evolución tecnológica, la creciente demanda de conectividad, el aumento sostenido del tráfico y los cambios en la composición del mercado, específicamente en los PRST que cuentan con espectro asignado (por ejemplo, mediante fusiones, cesiones y devoluciones de espectro), constituyen factores que, sumados a las consideraciones mencionadas sobre las ganancias sociales derivadas de la asignación del espectro, inciden en la disponibilidad del recurso y en su demanda.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





Estas ganancias sociales se originan, principalmente, en las variaciones de excedentes que se trasladan a los consumidores, a través de la competencia y de la prestación de servicios a un número mayor de usuarios. Por lo tanto, resulta necesario redefinir las condiciones que aseguren el uso eficiente y el mejor aprovechamiento del espectro, principalmente para el despliegue de tecnologías móviles para IMT, dado su alto nivel de utilización e impacto en la población.

En este sentido y de acuerdo con los resultados expuestos en el numeral 6.4, a continuación, se expone la propuesta de modificación de topes de espectro para bandas bajas y bandas medias, de acuerdo con la cantidad de espectro disponible a ofertar.

Tabla 10 Propuesta modificación topes de espectro

Banda	Tope Actual	Tope Propuesto
Bandas Bajas (menores a 1 GHz)	50 MHz	65 MHz
Banda Medias (entre 1 GHz y menor a 3 GHz)	100 MHz	140 MHz
Bandas Medias Altas (entre 3 GHz y 6 GHz)	100 MHz	100 MHz

Fuente: Elaboración ANE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aker, J., & Mbiti, I. (2010). *Mobile Phones and Economic Development in Africa. Working Papers, Working Papers, Article 211.* . Obtenido de <https://ideas.repec.org//p/cgd/wpaper/211.html>
- Alderete, M. V. (Diciembre de 2022). *El efecto de la banda ancha en el crecimiento económico de América Latina: una aproximación basada en un modelo de ecuaciones simultáneas.* Obtenido de ONU: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6a88cd60-6a22-4efa-a9aa-0ad0ffa4942b/content>
- Andreu Mas-Colell, M. D. (1995). *Microeconomic Theory.*
- Andrews, J. G., & Zhang, J. C. (2014). *What Will 5G Be?* Obtenido de <https://doi.org/10.48550/arXiv.1405.2957>
- ANE. (2020). Obtenido de <https://www.ane.gov.co/SitePages/normatividad/index.aspx?p=741>
- ANE, M. (Junio de 2020). *Política Pública de Espectro 2020 - 2024.* Bogotá.
- ANE, M. (2026). *Política Pública de Gestión de Espectro Radioeléctrico 2026 - 2029.* Bogotá.
- Bahia, K., & Castells, P. (2022). *The impact of spectrum assignment policies on consumer welfare. Telecommunications Policy.* Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102228>
- Boccardi, F., Heath, R. W., Lozano, A., Marzetta, T. L., & Popovski, P. (2013). *Five Disruptive Technology Directions for 5G.* . <https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.0229>.
- Cave, M., & Webb, W. (2015). *Spectrum Management: Using the Airwaves for Maximum Social and Economic Benefit.* Cambridge University Press. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/CBO9781316145708>

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





- Cave, M., Doyle, C., & Webb, W. (2007). *Essentials of Modern Spectrum Management*. Obtenido de Cambridge University Press: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511536724>
- Cramton, P. (2013). Spectrum Auction Design. Review of Industrial Organization.
- CRC. (2023). *Revisión de las herramientas de mejora continua de la calidad de servicios móviles 4G y análisis de las excepciones de publicidad de los proyectos de regulación*. Bogotá.
- Czernich, N. F., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband Infrastructure and Economic Growth. The Economic Journal.
- DNP(a). (2018). *Aproximación al impacto de las TIC en la desigualdad de ingresos en Colombia*. Bogotá.
- DNP(b). (2018). *Impacto Económico del Servicio de Internet Banda Ancha*. Bogotá.
- Ericsson. (2025). *Ericsson Mobility Report November*.
- FCC. (s.f.). *Best Practices for National Spectrum Management (FCC)*. Consulta realizada <https://www.fcc.gov/general/best-practices-national-spectrum-management>.
- Fedesarrollo. (2011). *Impacto de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) en el desarrollo y la competitividad del país*. Obtenido de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/180/1/Impacto-de-las-Tecnologías-de-la-Información-y-las-Comunicaciones-TIC-Informe-Final.pdf>
- García Zaballos, A. I. (2023). *Informe anual del Índice de Desarrollo de la Banda Ancha: brecha digital en América Latina y el Caribe*.
- García Zaballos, A., Iglesias Rodríguez, E., & Adamowicz, A. (Mayo de 2019). *El impacto de la infraestructura digital en los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un estudio para países de América Latina y el Caribe*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/el-impacto-de-la-infraestructura-digital-en-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-un-estudio-para>

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





- Greenstein, S., & McDevitt, R. C. (2011). The broadband bonus: Estimating broadband Internet's economic value. *Telecommunications Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.05.001>.
- GSMA. (2026). *The Mobile Economy 2026*.
- Hazlett, T. W., & Muñoz, R. (2009). *A Welfare Analysis of Spectrum Allocation Policies*. *Rand Journal of Economics*.
- Heath, R. W., González-Prelcic, N., Rangan, S., Roh, W., & Sayeed, A. M. (2016). An Overview of Signal Processing Techniques for Millimeter Wave MIMO Systems. En *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing* (págs. 436–453).
- ITU. (2015). *Manual sobre gestión nacional de espectro edición*.
- ITU. (2020). Obtenido de Measuring Digital Development: Facts and Figures 2020: https://www.itu.int:443/en/publications/Pages/publications.aspx?lang=es&media=electronic&parent=D-IND-ICT_MDD-2020
- Katz, R. (2012). *The Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues*. UIT.
- Katz, R., & Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation*. Obtenido de https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/FINAL_1d_18-00513_Broadband-and-Digital-Transformation-E.pdf
- Katz, R., & Jung, J. (junio de 2021). *ITU*. Obtenido de The economic impact of broadband and digitization through the COVID-19 pandemic: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.COV_ECO_IMPACT_B-2021-PDF-E.pdf
- Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.07.004>.
- Maneejuk, W. P. (2020). *Análisis de los impactos de la tecnología y la innovación de las telecomunicaciones en el crecimiento económico*.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





- Milgrom, P. (2000). Putting Auction Theory to Work: The Simultaneous Ascending Auction. *Journal of Political Economy*.
<https://doi.org/10.1086/262118>.
- MINTIC. (2024). *Plan Integral de Expansión de Conectividad Digital*. Recuperado en <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/399468:Lanzamiento-del-Plan-Integral-de-Expa>.
- Nokia. (2025). *Nokia: Global network traffic report. OneStore*. Obtenido de <https://www.nokia.com/asset/213660/>
- OCDE. (2022). *Developments in spectrum management for communication services (OECD Digital Economy Papers 332; OECD Digital Economy Papers, Vol. 332)*. . Obtenido de <https://doi.org/10.1787/175e7ce5-en>
- Opensignal. (19 de septiembre de 2024). *Espectro de 3,5 GHz: El motor para la experiencia 5G en LATAM*. Obtenido de [https://www.opensignal.com/:
https://www.opensignal.com/2024/09/19/espectro-de-35-ghz-el-motor-para-la-experiencia-5g-en-latam](https://www.opensignal.com/:https://www.opensignal.com/2024/09/19/espectro-de-35-ghz-el-motor-para-la-experiencia-5g-en-latam)
- Oughton, E. J., Frias, Z., van der Gaast, S., & van der Berg, R. (2019). Assessing the capacity, coverage and cost of 5G infrastructure strategies: Analysis of the Netherlands. *Telematics and Informatics*.
<https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.0>. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.0>
- Planeación, D. N. (3 de Agosto de 2023). *Departamento Nacional de Planeación - DNP*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Qiang, C.-W., & Rossotto, C. (2009). *Economic Impacts of Broadband. Information and Communications for Development*.
- Röller, L.-H., & Waverman, L. (2001). Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *The American Economic Review*.
- Rupert Bapty, R. W. (19 de sept de 2024). <https://www.opensignal.com/>. Obtenido de <https://www.opensignal.com/2024/09/19/espectro-de-35-ghz-el-motor-para-la-experiencia-5g-en-latam>

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co





- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- Sistemas, Administración e Ingeniería. (2010). *Estudio de análisis de topes de espectro radioeléctrico*. Bogotá.
- UIT. (2015). *Handbook on National Spectrum Management*.
- UIT-CMR. (2019). Obtenido de [https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_242\(WRC-19\)-S.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_242(WRC-19)-S.pdf)
- UIT-CMR. (2019). Obtenido de [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_243\(WRC-19\)-S.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_243(WRC-19)-S.pdf)
- UIT-CMR. (2019). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-S.pdf
- Valletti, T. M. (2001). Spectrum trading. Telecommunications Policy. [https://doi.org/10.1016/S0308-5961\(01\)00043-X](https://doi.org/10.1016/S0308-5961(01)00043-X).
- Varian, H. R. (2014). *Intermediate microeconomics: A modern approach*. W.W.Norton & Company.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

