

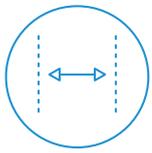
# SOLUCIONES SATELITALES EN LA BANDA C

Un ecosistema  
generador de valor



# INTRODUCCIÓN

La banda C es una porción del espectro fundamental para la operación de servicios satelitales.



3.4–4.2 GHz en el enlace descendente y 5.925–7.025 GHz en el enlace ascendente.

La naturaleza amplia de la cobertura que proveen los satélites operando en la banda C simplifica la infraestructura terrestre requerida para proveer conectividad entre localidades remotas. Esto contribuye a reducir el monto de inversiones y gastos de operación necesarios para desplegar una red de telecomunicaciones, en comparación con los costos asociados a una red terrestre de alcance equivalente.

Las frecuencias del servicio satelital en banda C dotan a los operadores de servicio de capacidades inequívocas, resultado de dos características únicas: amplia cobertura y resistencia a la atenuación por lluvia. Los satélites que usan estas frecuencias se encuentran equipados con haces de cobertura global y hemisférica, no disponibles usualmente en otras bandas como la Ku o Ka, y que son fundamentales para desplegar soluciones de corte global y transcontinental. Este tipo de cobertura simplifica la infraestructura en tierra requerida para conectar localidades remotas y, cuando se compara contra los costos asociados a una red terrestre de alcance equivalente, contribuye a reducir el monto de inversiones y gastos de operación necesarios para desplegar una red de telecomunicaciones.

Como describiremos más adelante, los proveedores de servicio satelital se apoyan en la banda C para suministrar servicios críticos tales como navegación aérea, conectividad de datos para entidades gubernamentales y empresas,

comunicaciones para terminales a bordo de naves y cruceros, y distribución de servicios audiovisuales, entre otros. La industria de comunicaciones satelitales continúa invirtiendo en tecnología para explotar la banda C incluyendo tecnologías a bordo (carga útil digital, por ejemplo), y con planes de lanzar un número importante de satélites con carga útil en banda C entre 2022 y 2026.

Actualmente las frecuencias asociadas a los enlaces ascendentes y descendentes se encuentran bajo consideración para su identificación para servicios terrestres en varios países del mundo. Es importante que los entes reguladores que se encuentran analizando estos planes de reasignación de espectro consideren el ecosistema de comunicaciones de sus países en su totalidad, y para hacer esto de manera exitosa, es importante que tanto los operadores de servicio en banda C como sus clientes y usuarios finales establezcan una comunicación fluida con el ente Regulador, de manera que se entienda la importancia de estos servicios para su país.



# UN FACILITADOR DE LA PROVISION DE SERVICIOS CRITICOS, AGREGANDO VALOR A LA ECONOMIA

El espectro satelital designado como banda C es un componente fundamental de los servicios de comunicaciones alrededor del mundo.

Es posible conectar las oficinas regionales de entidades a lo largo y ancho de Latinoamérica o África con sus oficinas centrales, a través de un solo enlace satelital.

Los servicios de video son beneficiarios naturales de las características de amplia cobertura de los satélites en banda C y de su resiliencia: utilizando las coberturas hemisféricas y globales es fácil llegar a millones de televidentes desde un solo satélite, y con riesgo de interrupciones bajo. Esta combinación única de amplia cobertura y resiliencia al impacto causado por lluvia es necesaria para los servicios de difusión que cubren Latinoamérica, África, el sureste de Asia o cualquier otra región en climas tropicales, y no puede conseguirse a través de cobertura en otras frecuencias.

Igualmente, sectores como empresarial, gobierno y defensa también son beneficiarios de una cobertura de este estilo. Por ejemplo, las oficinas regionales de una entidad multinacional que pudieran estar distribuidas a lo largo y ancho de África o Latinoamérica se encuentran a tan solo un salto de sus oficinas centrales. Embajadas, Consulados y otros sitios gubernamentales pueden conectarse a través de un solo enlace a las oficinas centrales en sus países de origen. A continuación, presentamos otros ejemplos que ilustran como los proveedores de servicio satelital usan la banda C como soporte a una gran variedad de soluciones de comunicaciones.



## SERVICIOS DE DIFUSION

La banda C se usa para la difusión de contenido audiovisual de alta calidad a millones de usuarios en todo el mundo. Los servicios de radiodifusión satelital usando la banda C incluyen entrega directa a hogares o a emplazamientos de usuario final, y entrega a centros de agregación de contenido para subsiguiente retransmisión vía internet, cable, estaciones emisoras de radio y televisión, y servicio satelital en banda Ku.

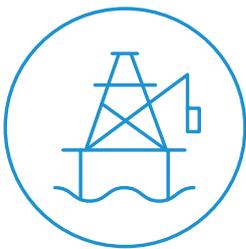
- Según estimados de SES, existen aproximadamente 1900 cabeceras de cable en Latinoamérica (incluyendo 250 en Brasil). En Brasil, existen al menos 12 estaciones de recepción profesionales en cada una de las cabeceras de cable, y al menos 8 en las cabeceras menores (1470). y hay más de 12 millones de estaciones de recepción (TVRO) en emplazamientos de usuario final. Aún teniendo en cuenta las iniciativas para migrar los servicios de distribución de video en Brasil hacia otras bandas, dado el alto número de estaciones y la magnitud del esfuerzo de migración, SES espera que la banda C continúe jugando un papel fundamental en la distribución de servicios audiovisuales en Brasil en el futuro.
- Miembros de la Unión Europea de Radiodifusión (EBU) tales como la BBC, RFI, Eurovisión y RTP1 usan la banda C para la transmisión de noticias, deportes y conciertos, con amplio uso de la banda en las Americas, Asia y África y agregando 340MHz en varios satélites de operadores como Asiasat, APSTAR, Intelsat y SES para servicios de contribución y eventos de importancia mundial como los juegos olímpicos, la Copa Mundial de Fútbol, la Liga de Campeones y el campeonato Europeo de la UEFA, partidos de la NBA, carreras de Formula 1 y Campeonatos de torneo Grand Slam de Tenis.

# 1900

cabeceras de cable en Latinoamérica, con 250 en Brasil

# Más de 12 millones

de estaciones de solo recepción en banda C en uso en Brasil



## EXPLOTACION GASIFERA Y PETROLERA

Nuestros clientes usan la banda C para soportar servicios críticos en África y los mares del Norte y Báltico: las operaciones de taladrado se interrumpen cuando la conectividad y el monitoreo remoto de los sitios no se encuentra disponible.



## PROGRAMAS HUMANITARIOS, ORGANIZACIONES INTERGUBERNAMENTALES, ONGS E INVESTIGACION

La banda C provee conectividad a ONGs y entidades intergubernamentales, apoyando misiones de gestión y atención a desastres en áreas de difícil acceso.

- Varias agencias de las Naciones Unidas usan la cobertura global de los haces banda C para soportar sus misiones<sup>1</sup>, conectando los teatros de operación con los centros en Europa. La UNHCR usa casi 300 MBps de conectividad vía satélite principalmente en Banda C.
- SES suministra conectividad a la estación de investigación en la Antártica del gobierno Belga, a través de sus satélites SES-4, SES-5, NSS-9 y NSS-12.<sup>2</sup>



## ATENCION DE EMERGENCIA

La cobertura global vía satélite continúa siendo la mejor solución para el despliegue rápido de servicios de comunicación y tele-medicina en respuesta a desastres naturales y situaciones de emergencia, y desafortunadamente, debido al aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos a nivel global, se espera que la importancia de la banda aumente en el futuro cercano.

### Emergency.lu

- SES provee capacidad para el servicio emergency.lu desde 2012, con cobertura de características globales, permanente, en tres satélites. La capacidad se aumenta durante situaciones de emergencia según las necesidades.
- Emergency.lu, desde su inceptión, ha soportado 27 misiones, con 69 instalaciones en el caribe, Asia, Europa, África y el Medio Oriente.<sup>3</sup>
- Entre las misiones más recientes se cuentan Siria y Venezuela, en apoyo a la misión de UNICEF/UNHR, suministrando servicios de banda ancha para proyectos liderados por comunidades en las áreas de salud, educación, protección civil, y acueducto.



<sup>1</sup> [https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Documents/events/2020/03\\_NETP/ESOA%20presentation.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Documents/events/2020/03_NETP/ESOA%20presentation.pdf)

<sup>2</sup> <https://www.speedcast.com/newsroom/press-releases/2017/speedcast-secures-multi-year-contract-to-provide-mission-critical-remote-communication-services/>

<sup>3</sup> <http://www.emergency.lu/missions/>



## TELEMEDICINA

La banda C se usa para proveer servicios de tele-salud, alcanzando una población que de otra manera no podría ser servida.

- SES apoya a SATMED, el brazo médico de emergency.lu, el cual proporciona servicios tales como tele-radiología, consultas remotas, gestión de información de salud (recolección in análisis de datos), conferencias y aprendizaje remoto.



## ACCESO BANDA ANCHA Y CONEXIÓN IP

Las troncales IP vía banda C proveen conexiones a internet altamente confiables para alimentar centros de conexión inalámbrica.

- SES provee a OPTIMERA con una troncal de 280 Mbps que conecta su centro de servicios en Unalaska y les permite desplegar servicios de acceso a internet de banda ancha a través de su red inalámbrica.<sup>4</sup>



## SECTOR FINANCIERO

La banda C es crucial para la provisión de servicios de corte continental que requieren alta confiabilidad, tales como las transacciones financieras.

- El Banco Africano de Desarrollo se apoya en soluciones satelitales en banda C para la interconexión de sus oficinas a lo largo de África.



## SOLUCIONES PARA FACILITAR GOBIERNO ELECTRÓNICO (E-GOVERNMENT)

Las soluciones para gobierno electrónico se orientan a facilitar la interacción entre el gobierno y su población, permitiendo acceso a servicios por parte de poblaciones remotas y desconectadas.

- Nunavut es el territorio canadiense norteño más grande (contando con más 1,8 millones de kilómetros cuadrados) y es la quinta subdivisión administrativa más grande en el mundo. La región de Kativik se encuentra al norte de Quebec, cubriendo 500,164 kms<sup>5</sup> de territorio al norte del paralelo 55.
- SES soporta los gobiernos regionales de Nunavut<sup>5</sup> y Kativik en Canadá, por medio de capacidad en banda C en el despliegue de sus soluciones de gobierno electrónico, acceso a banda ancha, atención a desastres, respuesta de emergencias y tele-medicina.
- SES provee servicios de transporte a la red de diseminación de datos del sistema Galileo (GDDN), interconectando los sensores remotos y estaciones transmisoras a los centros de control en Europa. A través de esta red se soporta la totalidad de productos y servicios que provee la constelación Galileo.

<sup>4</sup> <https://www.ses.com/press-release/ses-networks-and-optimera-scale-capacity-rural-alaska-city-under-stay-home-rule#~:text=OptimERA%20started%20working%20with%20SES%20Networks%20in%202017,is%20800%20miles%20from%20the%20nearest%20fibre-based%20network>

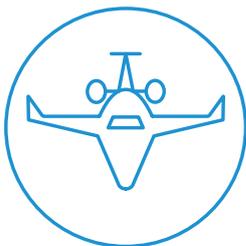
<sup>5</sup> SSI Canada Partners with SES Networks to Deliver New Satellite Capacity into Northern Canada. <https://www.ses.com/press-release/ssi-canada-partners-ses-networks-deliver-new-satellite-capacity-northern-canada>



## MARITIME

La cobertura global es fundamental para la provisión de servicios a navíos que operan fuera del alcance de redes terrestres. La banda C es de alta importancia en soluciones para navíos de gran tamaño.

- Los servicios gestionados por SES proveen conectividad IP confiable a nuestros clientes para fines de gestión de la flota naviera y de entretenimiento de la tripulación.



## GESTIÓN DEL TRÁFICO AÉREO, DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y SERVICIOS DE NAVEGACIÓN

La banda C se emplea para redes de gestión de tráfico aéreo (ATM), las cuales requieren un comportamiento determinístico, amplia cobertura y alta confiabilidad.

- Según OACI (ICAO)<sup>6</sup>, de los 4.3 billones de pasajeros transportados en 2018, 2.1% se encontraron en África y 5.3% en Latinoamérica. Estas regiones<sup>7</sup> se apoyan en redes en banda C para sus actividades de gestión de tráfico (ATM) y navegación aérea. Por ejemplo, la Aeronáutica Civil en Colombia usa la banda C para sus comunicaciones en 28 aeropuertos.<sup>8</sup>
- Las soluciones en banda C soportan servicios de AFTN<sup>9</sup>, AMHS<sup>10</sup>, distribución de predicciones y recomendaciones climáticas (usando el modelo de intercambio de información meteorológica definido por la OACI, IWXXM), servicios de voz (Air to ground A/G or ground-to-ground G/G).
- SES provee servicios de conectividad para el servicio geoestacionario europeo de aumentación de navegación (EGNOS) y al sistema de aumento de zona amplia (WAAS) de los Estados Unidos.



## TRANSPORTE DE RED CELULAR E INCLUSIÓN DIGITAL

La banda C permite el despliegue de conexiones altamente confiables para transporte (backhaul) de información de estaciones radiobases móviles en zonas remotas. Varios operadores en Asia y África<sup>11</sup> utilizan la banda C para sus conexiones de transporte.

- En las islas de Polinesia Francesa, Tonga y Papua Nueva Guinea, la conectividad en banda C es crítica para los servicios de comunicaciones entre islas. Dadas las particularidades del clima en esta región del pacífico, las obligaciones gubernamentales hacia la provisión de servicios de telecomunicaciones y considerando que las grandes distancias involucradas en las comunicaciones entre islas hacen otro tipo de soluciones muy costosas, las soluciones satelitales representan una alternativa ideal. Más específicamente, los servicios en banda C permiten desplegar redes altamente confiables que aseguran que estos servicios críticos continúen disponibles cuando soluciones usando otras bandas se encuentren severamente atenuadas por la lluvia.
- SES trabaja junto con Tele-Post en Groenlandia<sup>12</sup> para proveer 1 Gbps de acceso a internet que a su vez permite el despliegue de servicios de 4G en este país, y provee capacidad de transporte celular a clientes en Myanmar y la polinesia francesa.

6 <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/the-world-of-air-transport-in-2018.aspx>

7 Los proveedores de servicio aeronáutico en Latinoamérica usan la red REDDIG II, y en Africa AFISNET

8 [https://www.developingtelecoms.com/telecom-technology/satellite-communications-networks/9191-satcoms-support-for-colombian-airports.html?utm\\_source=related\\_articles&utm\\_medium=website&utm\\_campaign=related\\_articles\\_click](https://www.developingtelecoms.com/telecom-technology/satellite-communications-networks/9191-satcoms-support-for-colombian-airports.html?utm_source=related_articles&utm_medium=website&utm_campaign=related_articles_click)

9 Aeronautical Fixed Telecommunication Network. Un Sistema global de circuitos fijos aeronáuticos para el intercambio de mensajes y datos digitales entre estaciones fijas aeronáuticas.

10 Aeronautical Messaging Handling System, un estándar para Comunicaciones tierra-a-tierra (ground-to-ground) usado por ejemplo para transmisión de planes de vuelo, información meteorológica o NOTAM

11 [https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Europe/Documents/Events/2020/5G\\_EUR\\_CIS/Session%204\\_Alexander%20Geurtz%20SES%20-%2020201023%20ITU%20Reg%20Forum%20Europe%20-%20SES%20%28final%29.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Europe/Documents/Events/2020/5G_EUR_CIS/Session%204_Alexander%20Geurtz%20SES%20-%2020201023%20ITU%20Reg%20Forum%20Europe%20-%20SES%20%28final%29.pdf)

12 Tusass | SES Case Study. <https://www.ses.com/case-study/tusass>

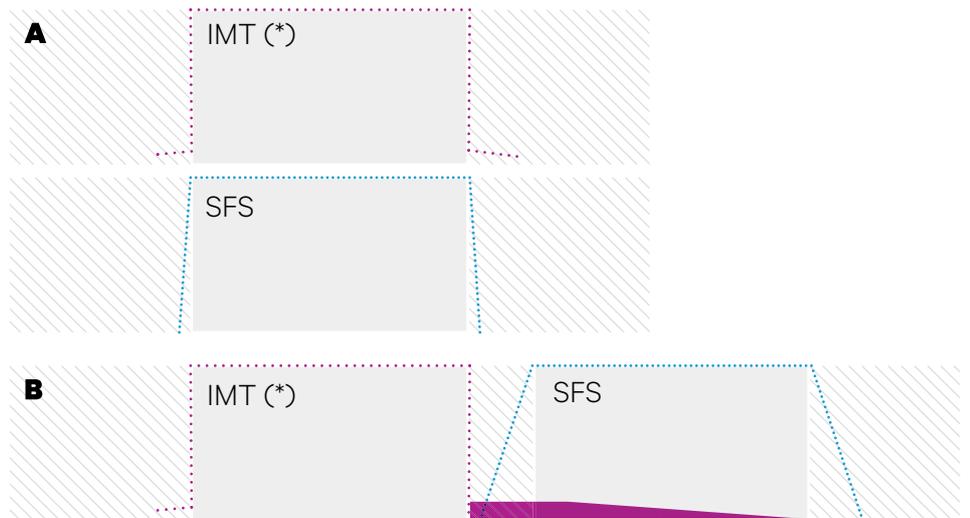
# ESTABLECER COMUNICACIONES CON LOS ENTES REGULADORES ES NECESARIO PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS EN BANDA C

Aún cuando la banda C soporta una gran variedad de servicios, a menudo permanece invisible a sus usuarios finales.

Cuando nuevas aplicaciones y servicios buscan acceso al espectro, los Reguladores buscan balancear la demanda de estos nuevos servicios con aquella asociada a servicios ya existentes, en una modalidad neutral desde el punto de vista tecnológico, considerando el ecosistema de servicios en operación, y con miras a maximizar el beneficio para la administración y los servicios en juego.

Es por ello que el sector debe buscar aumentar la visibilidad del rol fundamental que las soluciones vía satélite juegan en la economía, tanto de manera directa, en el caso de soporte a redes empresariales, como indirecta, en casos como soluciones de transporte a servicios terrestres. Este esfuerzo incluye conversaciones de manera regular con los entes de regulación a nivel nacional y regional. En el caso del espectro de banda C, los reguladores deben considerar tanto la importancia de

las soluciones de comunicación satelital como el impacto perjudicial que podría traer la interferencia originada ya sea por los servicios nuevos o por servicios existentes que operen tanto en la misma banda (modo co-canal/co-frecuencia) como en bandas adyacentes. Los aspectos de interferencia potencial son de particular importancia en casos en los que se evalúe la reasignación de espectro en uso por el servicio fijo satelital en banda C.



**Figura 1**

**Ilustración de dos casos en uso de espectro.**

**A: caso de despliegue co-frecuencia, B: caso de despliegue en banda adyacente**



Los servicios terrestres deben propender por utilizar al máximo el espectro de radiofrecuencias ya identificado, antes de solicitar reasignaciones de espectro que pueden poner servicios críticos en riesgo.

### **Las frecuencias de banda intermedia (banda C) ya identificadas deben explotarse antes de buscar identificaciones adicionales.**

Al evaluar la necesidad de reasignar espectro a servicios terrestres inalámbricos, como servicios móviles 5G, los reguladores deben primero considerar si efectivamente se requiere espectro adicional para lograr los objetivos de su país. La industria de servicio móvil ha hecho requerimientos de espectro adicional en la banda C con el objetivo de soportar capacidad adicional para servicios 5G en zonas principalmente urbanas<sup>13</sup>. Sin embargo, a nivel internacional (tal y como se registra en el reglamento de radio), un total de 19 GHz de espectro de radio ha sido ya identificado, incluyendo cerca de 1 GHz de espectro en el rango de frecuencias intermedio<sup>14</sup>. A nivel global, las siguientes notas al pie de página del Reglamento de Radio identifican espectro para servicio tipo 5G en las frecuencias de 2 y 3 GHz:

- **Nota al pie 5.384A**, que identifica los rangos de 1710 a 1885, 2300 a 2400, y 2500 a 2690 MHz de manera global, totalizando 465 MHz, y
- **Nota al pie 5.388**, que igualmente identifica de manera mundial los rangos de 1885 a 2025 MHz y 2 110 a 2200 MHz para uso de tecnologías IMT, para un agregado de 695 MHz.

En la Región 2 (las Américas y el Caribe), se identifican 400 MHz adicionales, visto que las Administraciones pueden adicionalmente adherirse a:

- **Nota al pie 5.429D**, en el rango 3300 a 3400 MHz,
- **Nota al pie 5.431B**, que identifica el rango 3400 a 3600 MHz para IMT,
- **Nota al pie 5.434**, que identifica el rango 3600 a 3700 MHz para IMT, y
- **Nota al pie 5.441A**, que identifica el rango 4800 a 4900 MHz para IMT.

<sup>13</sup> <https://venturebeat.com/2019/12/10/the-definitive-guide-to-5g-low-mid-and-high-band-speeds/>

<sup>14</sup> <https://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-IMT.pdf>



Registre sus estaciones terrenas de solo recepción en banda C, incluso si el proceso no es obligatorio, para informar a los reguladores el número de estaciones en servicio y donde estas se encuentran.

### **Los reguladores pueden hacerse una idea del despliegue de servicios de banda C en su país, a través del registro de las estaciones terrenas.**

Como indicamos en la sección anterior, el espectro en banda C se utiliza para una gran variedad de servicios. Algunos de estos son de naturaleza bidireccional, y, en la mayoría de los casos, una estación terrena transmisora debe registrarse con los operadores satelitales para obtener servicio y con los entes de regulación para obtener o cumplir requisitos de su licencia.

Tener un registro de estaciones terrenas a nivel nacional es muy útil para los reguladores, cuando se efectúan análisis de nivel de utilización del espectro. El registro le permite a los reguladores entender las diferentes clases de servicio y la cantidad de espectro usado, permitiéndoles evaluar de manera más precisa el impacto que traería la introducción de otros servicios ya sea en la misma porción de espectro o en un segmento adyacente, bajo cualquier categoría (como co-primario, secundario o de otra manera).

Sin embargo, las estaciones que operan en modo de solo recepción tal como las estaciones usadas para servicios de diseminación de datos y en los servicios

de difusión, se encuentran eximidas de los requerimientos de registro a nivel nacional. Esto trae como consecuencia que los reguladores no disponen de medios para derivar indicadores de uso de espectro o de actividad por parte de este importante segmento de usuarios. Entonces, resulta benéfico y es recomendable registrar sus estaciones de solo recepción en banda C en el correspondiente registro de estaciones terrenas de su país inclusive cuando esto no sea obligatorio, para informar al regulador del número de estaciones en servicio y su ubicación geográfica<sup>15</sup>.

Adicionalmente, el informar a los reguladores de la ubicación de las estaciones puede influir en su decisión de otorgar un estatus de protección a las estaciones terrenas. Como ejemplo podemos sugerir observar los resultados del proceso seguido por la administración de los Estados Unidos para identificar y otorgar protección de interferencias provenientes de nuevos servicios 5G operando en las frecuencias 3700 a 3980 MHz.

<sup>15</sup> El registro de una estación terrena usualmente acarrea costos administrativos.



# LA COMPARTICIÓN DE ESPECTRO ENTRE LOS SERVICIOS MÓVILES O 5G Y EL SERVICIO SATELITAL

Varios reguladores sugieren que el espectro de radio, como aquel de la banda C, puede compartirse con otros servicios. En principio, esto representa una solución ideal, la cual permite a los ciudadanos beneficiarse de nuevos servicios a la vez que continúan usando los ya existentes. Sin embargo, la compartición de

frecuencias y en particular aquellas de la banda C, no es posible en todos los casos, y los intentos por compartir espectro resultan de manera frecuente en la pérdida de servicio en los servicios existentes o en espacios sin cobertura en el despliegue de nuevos servicios

## Que preocupa a la industria satelital, cuando se trata el tema de compartición de espectro con servicios móviles?

Las peticiones de espectro adicional en las frecuencias de la banda C tienen su origen en el aumento en la penetración de los servicios y tecnologías móviles y las promesas de desarrollo de aplicaciones usando tecnología 5G.

Como industria, los operadores satelitales reconocemos que la compartición puede ser posible, pero resaltamos que las situaciones

de compartición son de naturaleza específica y los resultados de estudios realizados en una región no pueden automáticamente transferirse a otra. La principal preocupación de la industria es la interferencia que inevitablemente resultará de las emisiones de las estaciones radiobase 5G y, de manera menos importante, de aquella de los terminales de usuario que se estarán activos en el rango 3400 a 4200 MHz.





## Resumen de algunos aspectos técnicos asociados a la compartición en la banda 3400 a 4200 MHz.

La cadena de recepción de una estación terrena satelital se diseña con un objetivo de alta sensibilidad, debido a que los niveles de potencia proveniente del satélite en órbita geoestacionaria (a más de 36000 km de altura) serán extremadamente bajos al llegar a la estación terrena. Los amplificadores de la estación terrena son de alta ganancia y de banda ancha: se diseñan para operar en la totalidad de la banda 3400 a 4200 MHz y con ganancias que exceden los 60 dB en la mayoría de los casos. Como resultado, el sistema puede rápidamente sobrecargarse en presencia de señales muy potentes como aquellas provenientes de un número de estaciones radiobase en su vecindad.

En su proceso de evaluación de coexistencia entre servicios, los Reguladores deben considerar los siguientes escenarios de interferencia y asegurarse que no haya casos de interferencia perjudicial en los servicios satelitales:

- En situaciones en las cuales los servicios operen en modo co-frecuencia o en modo banda adyacente, las emisiones generadas por las estaciones radiobase 5G serán recibidas por las estaciones terrenas dentro de la banda operativa del amplificador de bajo ruido (LNB) y causarán interferencia,
- En situaciones en las cuales los servicios operen en bandas de espectro adyacentes, las emisiones generadas por las estaciones 5G fuera de su banda designada de operación (conocidas como emisiones fuera de banda, EFB, o por su sigla en inglés, OOBE) caerán en su totalidad dentro de la banda de operación del servicio satelital, causando interferencia y degradando la relación potencia de portadora a ruido de los servicios satelitales tanto existentes como futuros.

Juntos, estos escenarios de interferencia (dentro y fuera de banda) generan dos problemas para las estaciones satelitales.

### El problema de bloqueo del amplificador de bajo ruido (LNB)

Los dispositivos LNB que amplifican la señal recibida por la estación satelital operan en la totalidad de la banda 3400-4200 MHz y su respuesta de ganancia contra frecuencia es relativamente plana en dicha banda. Los receptores de las estaciones satelitales no disponen de filtrado de RF en su circuitería y la selectividad se limita a los dispositivos de frecuencia intermedia al final de la cadena.

Los LNB se diseñan para recibir y amplificar señales de muy bajo nivel. La adición de una señal de alta potencia a la entrada de dichos amplificadores los llevará a una zona de operación indeseada, y resultará en degradación del

desempeño del dispositivo y finalmente en inhabilidad de entregar una señal utilizable. Esto es lo que se conoce como *bloqueo del LNB*.

Adicionalmente, aunque el efecto de bloqueo previene la operación correcta de la cadena de recepción de la estación terrena, las señales que entrega el LNB experimentarán degradación de calidad en presencia de señales interferentes inclusive cuando la potencia a la entrada del LNB no iguale el valor de umbral de bloqueo. Los servicios satelitales pueden experimentar salida de servicio cuando la relación portadora a ruido se encuentre por debajo de los valores umbrales de operación de los receptores.

### Aumento del piso de ruido y de la interferencia en la banda de operación del servicio satelital.

Las señales que se originan en servicios operando en la banda adyacente, y que caen en la banda de paso de los filtros instalados para protección de las estaciones terrenas, no se verán rechazadas o atenuadas por el filtro de radiofrecuencia. En consecuencia, y para minimizar el impacto en los servicios satelitales, es necesario

controlar los niveles de emisión fuera de banda (EFB) de los servicios 5G. Cuando se definen las condiciones técnicas aplicables a los servicios 5G, los reguladores deben considerar introducir límites a las emisiones en los regímenes espurio y fuera de banda que consideren las condiciones de coexistencia de los servicios.

La figura 2 resume el impacto que las emisiones de sistemas 5G tendrán en las estaciones terrenas que comparten la misma banda, y las técnicas de mitigación que pueden perseguirse para minimizar el impacto en ellas.

Para hacer el problema más complejo, y como se dijo antes, existe un número importante de estaciones que operan en modo de solo recepción y de las cuales no se conoce a ciencia cierta su ubicación. Identificarlas para asegurar que no se instalen estaciones radiobases en su vecindad será extremadamente difícil.

**Recomendaciones para la protección de las estaciones satelitales recibiendo en la banda 3600 a 4200 MHz.**

- Registre su estación terrena ante su regulador. En algunos casos, esto podría traer protección adicional contra interferencias.
- Se debe buscar un límite operacional a las emisiones fuera de banda para las estaciones 5G operando en frecuencias inferiores a 3600 MHz, para proteger las operaciones satelitales en 3600-4200 MHz (por ejemplo, usando un límite a la densidad de flujo de potencia incidente en la estación terrena).
- Establecer una banda de guarda inter-servicio, separando las operaciones por debajo de 3600 MHz (por ejemplo, 20 MHz en EEUU, 50 MHz en Singapur, 100 MHz en Hong Kong).
- Implemente una separación geográfica mínima entre las estaciones radiobase operando bajo 3600 MHz y las operaciones satelitales en 3600-4200 MHz.
- Los operadores de estaciones terrenas podrían necesitar instalar filtros de radiofrecuencia o efectuar otros cambios en sus estaciones con el fin de mitigar los problemas de bloqueo o sobrecarga.

**Figura 2**  
**Resumen del impacto que traen las emisiones provenientes de radiobases 5G/IMT sobre los servicios satelitales y las técnicas de mitigación que pueden desplegarse.**

**Emisiones dentro de la banda identificada para IMT**

**Efecto sobre la estación terrena**

Bloqueo del LNB y comportamiento no lineal

**Impacto en los servicios**

Indisponibilidad (debido al bloqueo de LNB e interferencia)

Aumento de la tasa de error (BER)

Degradación de la calidad de señal de video

**Técnicas para mitigación**

Adición de un filtro de RF

Zonas de protección y exclusión

**Efectos secundarios de la técnica de mitigación (filtraje RF)**

Reducción de la G/T de la estación, aumento en indisponibilidad, reducción del margen y de la capacidad del enlace

3300 MHz

**Emisiones dentro de la banda de guarda**

**Efecto sobre la estación terrena**

Bloqueo del LNB y comportamiento no lineal

**Impacto en los servicios**

Indisponibilidad (debido al bloqueo de LNB e interferencia)

Aumento de la tasa de error (BER)

Degradación de la calidad de señal de video

**Técnicas para mitigación**

Adición de un filtro de RF

Implementación de una envolvente de emisión IMT  
Control de emisión en la banda

**Efectos secundarios de la técnica de mitigación (filtraje RF)**

Aumento en interferencia > reducción del margen del enlace, Aumento en indisponibilidad y eventos de pérdida de servicio

3xxx MHz

**Emisiones cayendo dentro de la banda del servicio satelital**

**Efecto sobre la estación terrena**

**Impacto en los servicios**

Aumento en interferencia > reducción del margen del enlace, Aumento en indisponibilidad y eventos de pérdida de servicio

**Técnicas para mitigación**

Control de emisiones fuera de banda y espurias (vía envolventes de emisión)

**Efectos secundarios de la técnica de mitigación**

Las envolventes de emisión no traen efectos secundarios indeseables

3x00 MHz

4200 MHz

La dimensión óptima de la banda de guarda es el resultado de un balance complejo que incluye el perfil de emisiones del servicio 5G, la magnitud de la interferencia tolerable por el servicio satelital, y las especificaciones de los filtros de RF a instalarse en la estación terrena.

### La importancia de establecer una banda de guarda entre servicios de ancho adecuado.

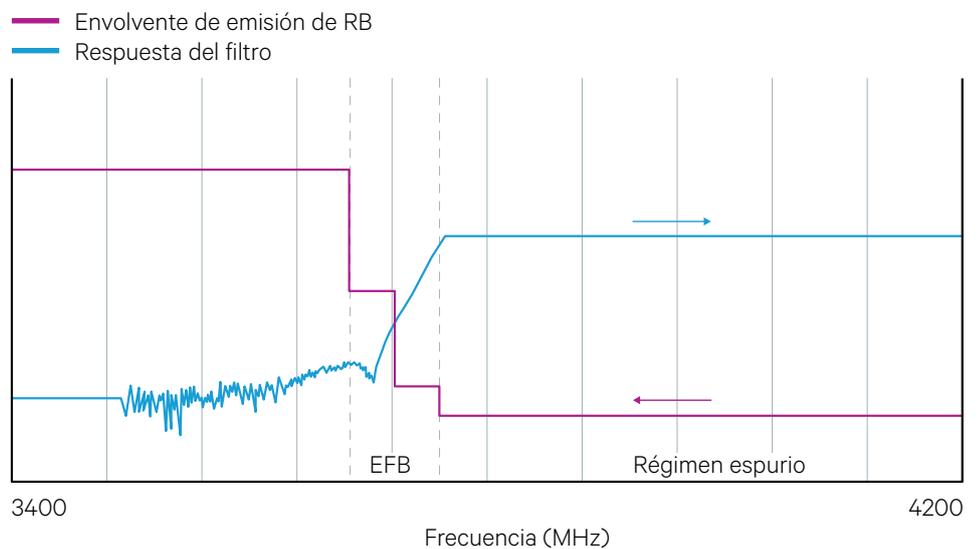
Una banda de guarda entre servicios (o “banda de guarda”) denota la separación en frecuencia entre el límite superior nominal de la banda de un servicio y la frecuencia de inicio nominal de otro servicio ubicado en una porción de espectro inmediatamente adyacente. Esta porción de espectro de guarda actúa como “buffer” entre dos servicios adyacentes.

En el caso de compatibilidad 5G / Servicio satelital, la banda de guarda debe diseñarse para que garantice que las

emisiones fuera de banda del servicio 5G alcancen un valor lo suficientemente bajo como para asegurar que la interferencia presente en la banda adyacente no supere el valor definido como criterio de protección para el servicio satelital.

La figura 3 ilustra la respuesta típica de una envolvente a bloques de las emisiones de un servicio 5G, superpuesto a una respuesta típica de filtro de radiofrecuencia.

**Figura 3**  
Ilustración de la relación entre un perfil de emisión a bloques para un servicio 5G/IMT y la respuesta en frecuencia de un filtro RF.



En referencia a los elementos de la figura 3, la definición de una guarda inter-servicios que separa la operación del servicio 5G/IMT del servicio satelital, persigue dos objetivos:

- I. Por un lado, asegura que las emisiones del servicio IMT/5G alcancen su valor mínimo de emisiones no deseadas (niveles espurios) en la banda asignada al servicio satelital. La inspección del perfil a bloques de las emisiones 5G/IMT de este ejemplo revela la necesidad de establecer la banda de guarda inter-servicios para prevenir que las emisiones del servicio 5G que sobrepongan a las emisiones del servicio satelital. El tamaño de la banda de guarda debe alinearse entonces con las características establecidas en el perfil de emisión a bloques. Aunque las emisiones provenientes de estaciones 5G/IMT llegan a sus niveles espurios luego de una separación de alrededor de 40 MHz, los reguladores pueden prescribir límites más específicos para restringir sea las emisiones indeseadas o los límites de frecuencia asociados la presencia de estos niveles espurios.
- II. De otro lado, cuando se instalan filtros de radiofrecuencia en las estaciones, la banda de guarda es un elemento clave y necesario para asegurar que las emisiones que caen dentro de la banda de transición de los filtros decrezcan de manera continua con la frecuencia. De no ser así, el filtro RF no será efectivo en su tarea de mitigar la interferencia. En ausencia de una definición adecuada de la banda de guarda, que se combine con una separación geográfica suficiente entre la estación 5G/IMT y la estación satelital, las señales de alta potencia provenientes de las estaciones radiobase causaran la pérdida total del servicio satelital inclusive luego de que se hayan instalado filtros de RF en las estaciones.

Debe tenerse en cuenta que las pérdidas de inserción de un filtro de RF introducen una degradación en la figura de mérito (G/T) de las estaciones terrenas.

Adicionalmente, para determinar el ancho de la banda de guarda es importante considerar las características esperadas de los filtros RF a instalar en las estaciones terrenas.

Las zonas de transición de los filtros se definen como aquellas porciones de frecuencia ubicadas entre la banda de paso y las bandas de rechazo, y en las cuales la capacidad de atenuar del filtro cambia de su valor de diseño en la zona de rechazo (alta atenuación), a su valor en la zona de paso (baja atenuación).

Dentro de estas regiones de transición, el filtro no cumple ni con el criterio de diseño de la banda de paso ni con el de la banda de rechazo. Uno de los intercambios fundamentales que se hace cuando se diseñan filtros es aquel de balancear el ancho de la banda de transición con la pérdida de inserción que se puede tolerar en la banda de paso.

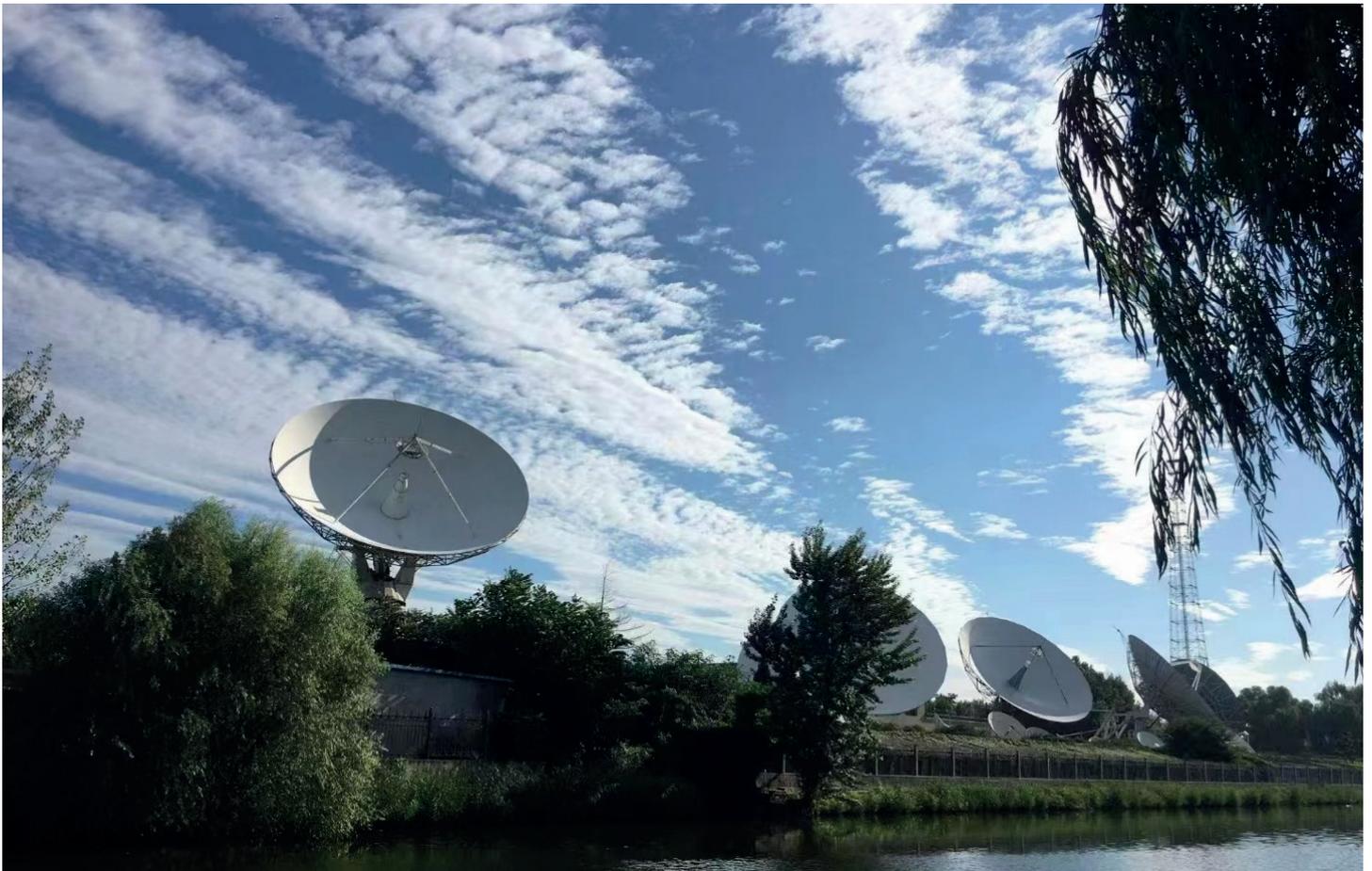
Diseñar un filtro con una banda de transición angosta, de manera que se

acomode una banda de guarda inter-servicio igualmente angosta, podría resultar en una elevada pérdida de inserción dentro de la banda de paso de los filtros. Esta pérdida a su vez degradará las señales presentes en la banda de paso. En el caso de servicios satelitales esta pérdida trae:

- a. Atenuación adicional dentro de la porción de espectro asignada al servicio satelital, y,
- b. Un aumento en la temperatura de ruido de la estación terrena.

La combinación de estos efectos acarrea una degradación de la figura de mérito de la estación terrena, la cual a su vez resulta en reducción de la relación portadora a ruido, del margen del enlace y de la capacidad de transmisión efectiva del mismo.

Para concluir: una banda de guarda angosta puede traer como consecuencia degradaciones adicionales a las señales del servicio satelital y un impacto negativo en los servicios asociados.



Establezca comunicaciones con su ente regulador para enfatizar la importancia de definir claramente los niveles operacionales asociados a las emisiones IMT/5G.

**Los reguladores deben definir de manera clara los límites de operación de los sistemas de 5G para asegurar que las técnicas de mitigación puedan usarse de manera efectiva.**

Como se explicó, la instalación de filtros de RF es un paso necesario para prevenir que los amplificadores de la estación terrena entren en condición de bloqueo. Las especificaciones de respuesta en frecuencia y rechazo de los filtros de RF a instalarse en las estaciones terrenas dependerán de la magnitud de las emisiones de los sistemas 5G/IMT, descritas en su perfil de emisión en bloques, de la dimensión de la banda de guarda inter-servicio y de la geometría de los trayectos entre las estaciones radiobase y las estaciones satelitales. Por ende, es importante entender las características de los servicios 5G para

poder desarrollar especificaciones adecuadas. Esto significa que el problema es de naturaleza local: si los países toman sus decisiones de asignación de espectro y condiciones técnicas para 5G de manera aislada, las especificaciones de los filtros reflejarán dichas condiciones nacionales, lo podría impedir llegar a economías de escala.

En consecuencia: establezca comunicaciones fluidas con su ente regulador de espectro, para aclarar la importancia de definir de manera precisa los perfiles de emisión de los sistemas 5G/IMT.



# APENDICE A

## Algunas características técnicas de los servicios de banda C.

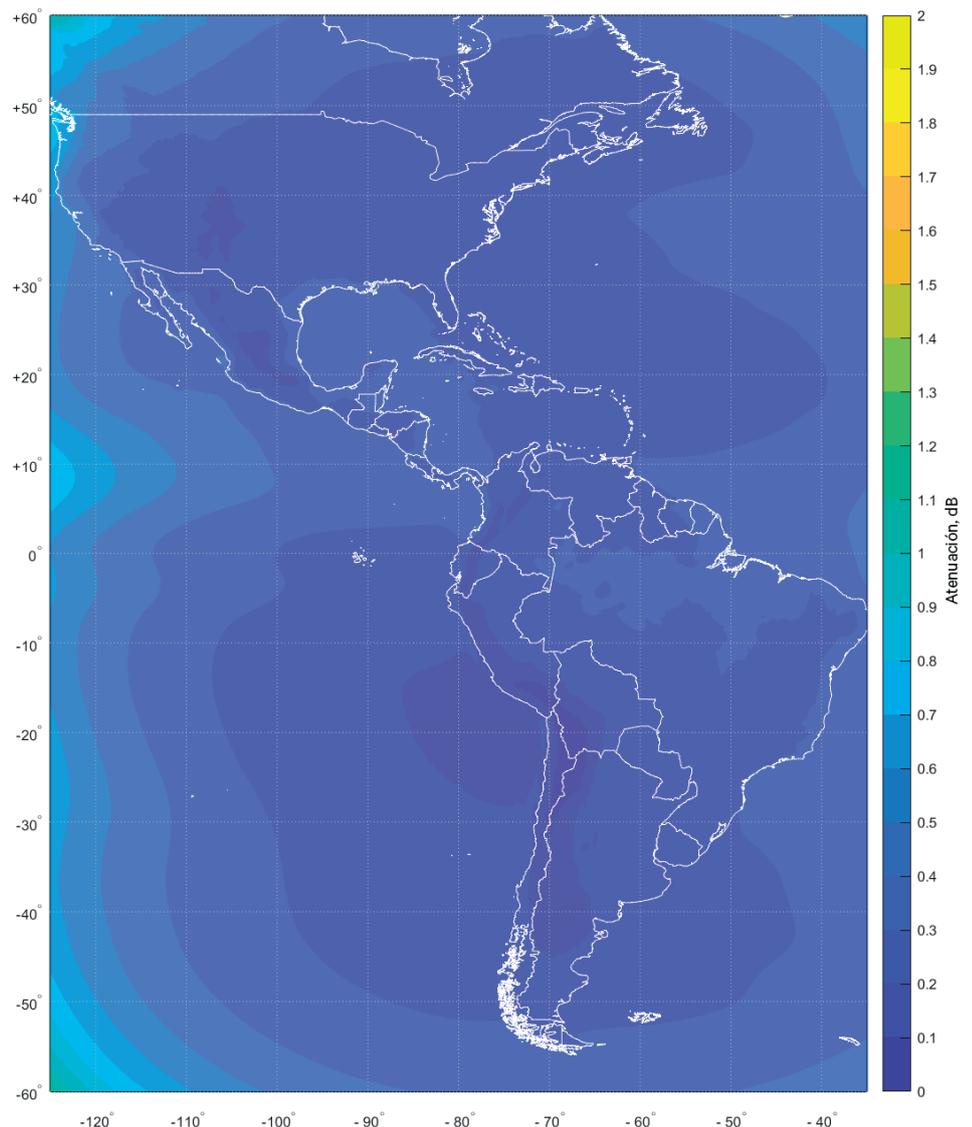
Las capacidades de cobertura y resistencia ofrecidas por la banda C no tienen paralelo. Esto hace que este rango de frecuencias sea fundamental para desplegar soluciones de alta confiabilidad y tasa de bits constante<sup>16</sup>, especialmente en regiones ecuatoriales y zonas tropicales.

Para ilustrar la robustez asociada a las transmisiones en banda C, comparemos la magnitud del de tiempo asociado a salidas de servicio debidas a la lluvia en la geografía del continente americano, para dos frecuencias: 4 GHz (Banda C) y 12 GHz (banda Ku), para un objetivo de disponibilidad dado en porcentaje de un año promedio. Refiriéndonos a las figuras A1-1 y A1-2, que ilustran la magnitud de

la atenuación debida a lluvias en cada frecuencia, usamos colores de la gama verde-amarilla para representar valores mas altos de atenuación. La resiliencia de la banda C es evidente: sobre la misma región geográfica, por ejemplo, el norte de Brasil o la mayoría del territorio colombiano, el impacto de la lluvia en banda Ku es casi cuatro veces mayor que el impacto en la banda C.

**Figura A1-1**

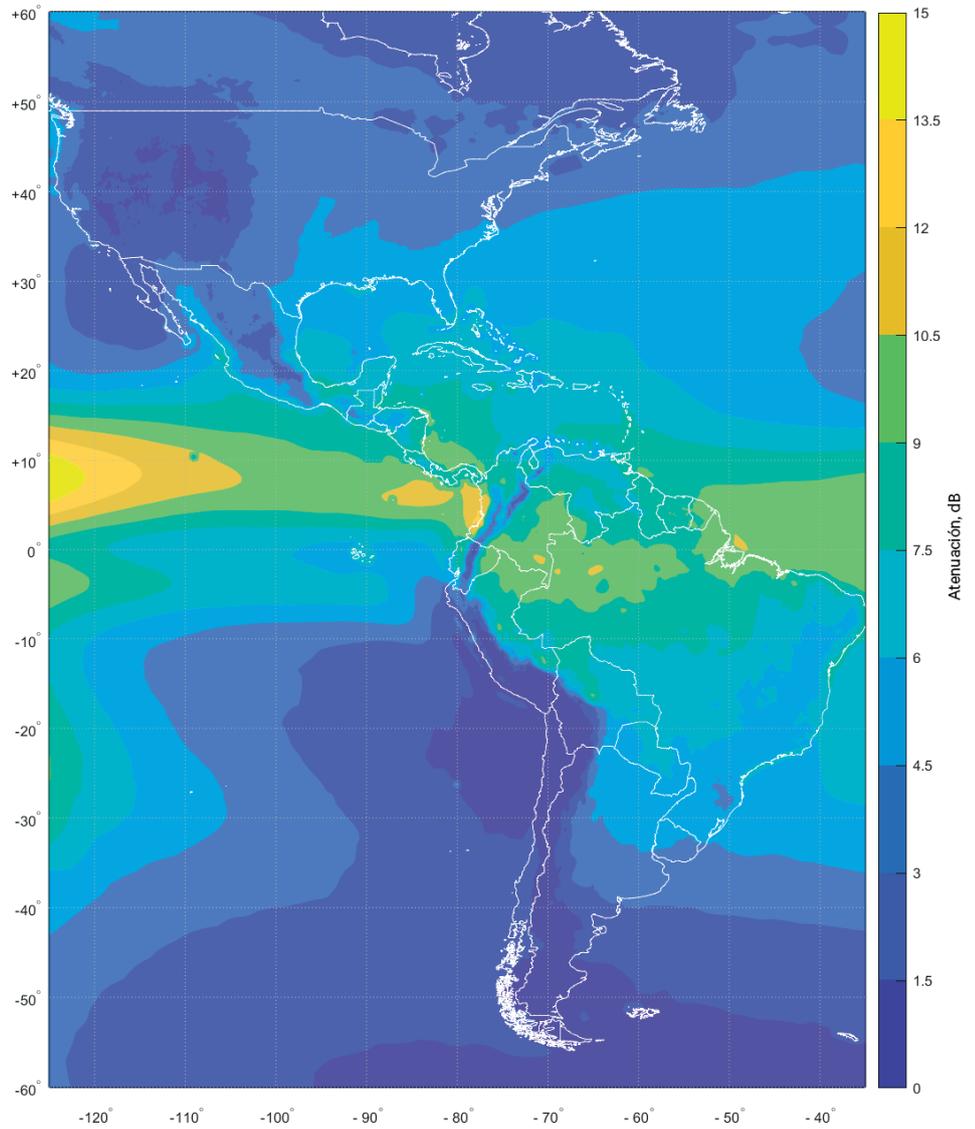
**Un mapa ilustrando la magnitud del margen requerido para lograr una disponibilidad de 99.95% en un enlace descendente (4GHz) sobre el continente americano. Los valores requeridos son de alrededor de 1 dB.**



<sup>16</sup> Aunque existen técnicas de mitigación de la atenuación por lluvia, tales como modulación y codificación adaptativas, y estas se utilizan frecuentemente en bandas como la Ku y Ka, las aplicaciones usando los enlaces satelitales deben estar en capacidad de operar en presencia de cambios en la capacidad efectiva del enlace, originados en cambios en la eficiencia de modulación y tasa de codificación. No todos los servicios pueden operar en esas circunstancias de tasa de bit variable.

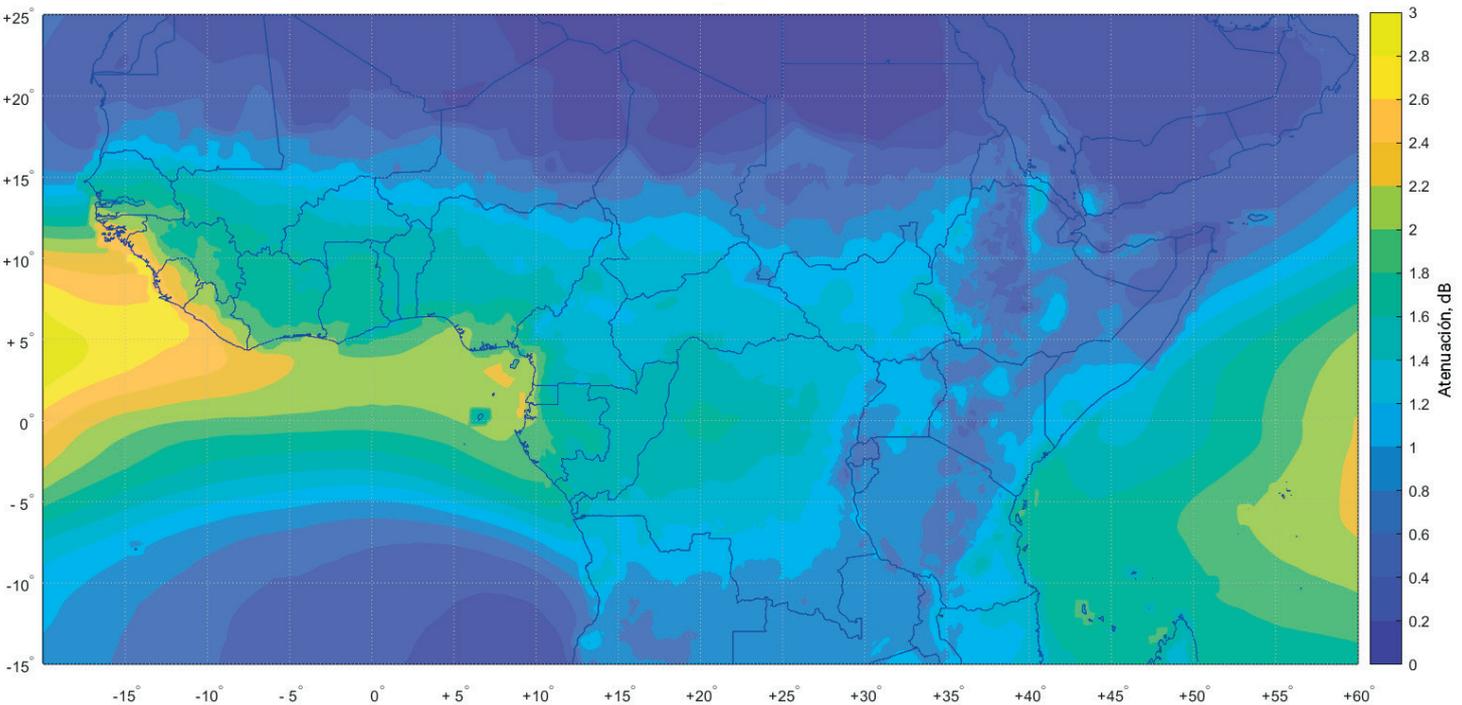
**Figura A1-2**

**Un mapa ilustrando la magnitud del margen requerido para lograr una disponibilidad de 99.95% en un enlace descendente en banda Ku (12GHz) sobre el continente americano. Los valores requeridos en la zona tropical son de cerca de 12 dB.**

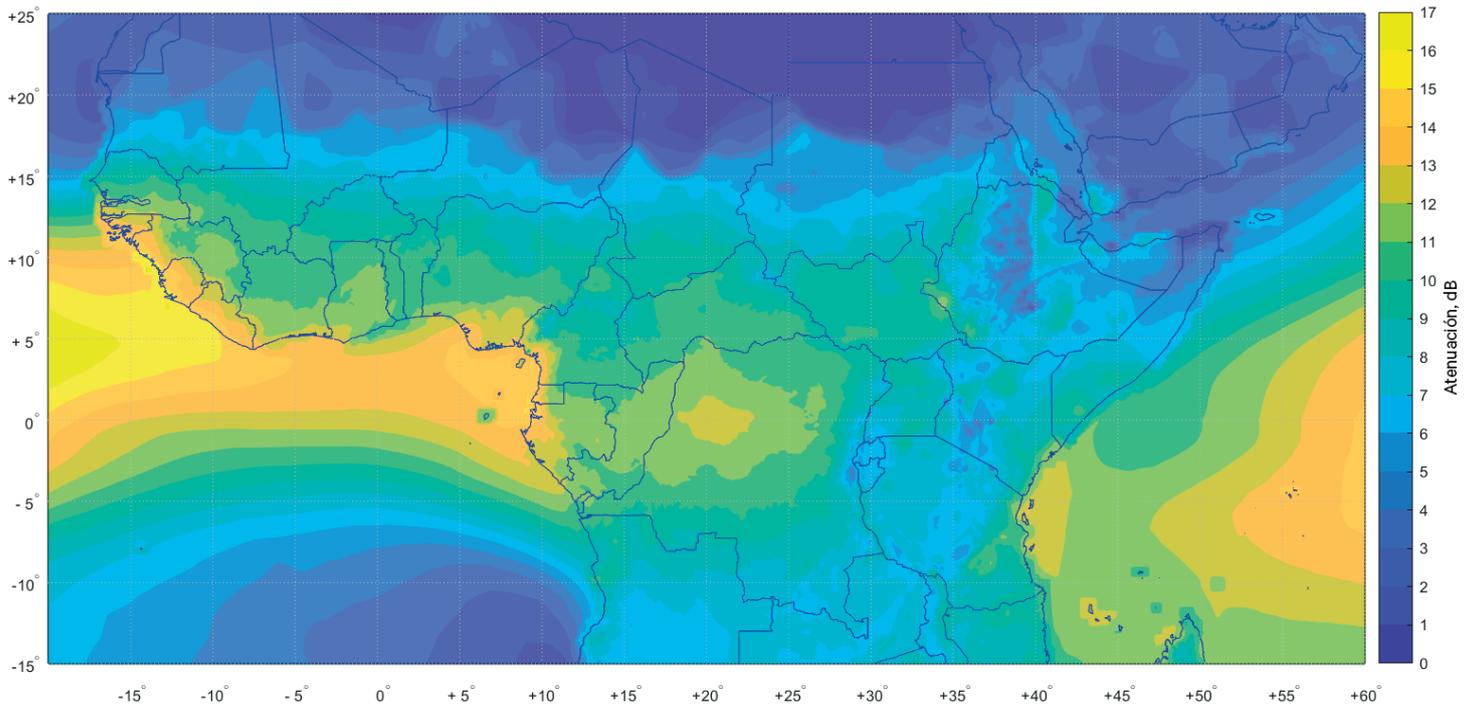


**Figura A1-3**

**Un mapa ilustrando la magnitud del margen requerido para lograr una disponibilidad de 99.95% en un enlace ascendente en banda C (6.8 GHz) sobre África central. Los valores requeridos en la zona tropical son de 2 a 2.5 dB.**



Existe un problema similar en la banda del enlace ascendente. Las figuras A1-3 y A1-4 muestran los valores asociados a frecuencias del enlace de subida ( 6.425–7.025 GHz ) en la zona ecuatorial africana.



**Figura A1-4**  
**Un mapa para las frecuencias de la banda Ku (14 GHz).**  
**La magnitud del margen requerido para lograr una disponibilidad de 99.95% en zonas tropicales esta entre 10 y 14 dB.**

**Tabla A1-1.**  
**Magnitud del tiempo fuera de servicio**  
**para un enlace de referencia en**  
**Lagos, Nigeria, con 6 dB de margen**  
**fijo, para varias frecuencias.**

**Tiempo total fuera de servicio,**  
**en horas, para enlaces con margen**  
**fijo de 6 dB**

6 GHz C-band	14 GHz Ku-band	29.7 GHz Ka-band
< 1 hr. (>99.99% disponibilidad agregada).	22 hr. (~99.75% disponibilidad agregada).	438 hr. (95% disponibilidad agregada).

La tabla A1-1 presenta una perspectiva diversa. En este caso, comparamos los tiempos fuera de servicio agregados para un enlace con 6 dB de margen, en tres frecuencias diferentes correspondientes a las bandas C, Ku y Ka. Los valores se han calculado considerando una estación en Lagos, Nigeria, como ilustración.

Los resultados de la tabla A1-1 dan fe de la resistencia de las soluciones en banda C a los eventos de alta intensidad de precipitación. Esto hace que la banda C sea la preferida para servicios de importancia crítica y de alta confiabilidad como redes de servicio aeronáutico, servicios de atención a emergencias, o contribución de video para noticias de última hora. La OACI confirma la importancia de la banda C para servicios aeronáuticos a través de su posición en

los puntos de orden del día de la CMR-19<sup>17</sup> y su posición preliminar con miras a CMR-23<sup>18</sup>.

Aun cuando la banda C fue de las primeras bandas de frecuencia en usarse efectivamente para la provisión de servicios globales de comunicaciones, continúa siendo un componente vital de la estrategia de los operadores y proveedores de servicio satelital. La banda C se usa para desplegar estaciones Gateway en satélites de alto rendimiento (HTS), a través de haces tipo pincel (spot) conectados a plataformas de procesamiento digital (DTP), y como parte de soluciones multi banda para navíos, capaces de conmutar sin errores entre bandas de frecuencia dependiendo de su ubicación y las características de su servicio.

<sup>17</sup> <https://www.icao.int/safety/FSMP/Documents/ITUWRC19/049english.pdf>, page 31.

<sup>18</sup> <https://www.icao.int/safety/FSMP/Documents/ITU-WRC23/037spanish.pdf>, page 14.

Para mayor información,  
contáctenos vía  
[getconnected@ses.com](mailto:getconnected@ses.com)

---

#### **OFICINAS CENTRALES DE SES**

Château de Betzdorf  
L-6815 Betzdorf  
Luxemburgo

Publicado en abril de 2022.  
Este folleto se publica únicamente con  
fines informativos y no representa una  
oferta de licitación de SES.

SES se reserva el derecho de modificar  
en cualquier momento la información  
contenida en esta publicación y no  
asume ninguna responsabilidad por  
errores, omisiones o modificaciones.  
Todas las marcas y nombres de  
productos utilizados en esta publicación  
que puedan ser marcas registradas se  
reconocen como tales.

Para más información sobre SES,  
visite [www.ses.com](http://www.ses.com)

