

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SA.364-6
(12/2018)

**Frecuencias y anchos de banda preferidos
para los satélites tripulados y no tripulados
cercanos a la Tierra del servicio
de investigación espacial**

Serie SA
Aplicaciones espaciales y meteorología



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2019

© UIT 2019

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.364-6

Frecuencias y anchos de banda preferidos para los satélites tripulados y no tripulados cercanos a la Tierra del servicio de investigación espacial

(1963-1966-1970-1978-1986-1992-2019)

Cometido

En la presente Recomendación se ofrecen orientaciones con miras a la selección de frecuencias y anchos de banda para los satélites tripulados y no tripulados cercanos a la Tierra del servicio de investigación espacial a partir de una lista de frecuencias y anchos de banda preferidos.

Palabras clave

Cercano a la Tierra, frecuencias y anchos de banda preferidos, no tripulado, Servicio de Investigación Espacial (SIE), tripulado

Recomendaciones conexas

Recomendaciones UIT-R SA.363, UIT-R SA.1019 y UIT-R SA.1863.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que las frecuencias adecuadas y los anchos de banda de radiofrecuencias requeridos para las misiones de investigación espacial cerca de la Tierra vienen determinados por los factores de propagación de las ondas radioeléctricas y los requisitos técnicos;
- b)* que numerosos satélites próximos a la Tierra necesitan comunicación en ambos sentidos y que ésta es vital en el caso de satélites tripulados;
- c)* que es necesario satisfacer los requisitos vinculados a la fiabilidad de las radiocomunicaciones durante los periodos en que se experimentan condiciones atmosféricas adversas;
- d)* que es práctico y aconsejable efectuar las funciones de radiocomunicación con un solo enlace;
- e)* que para conseguir un seguimiento de precisión es aconsejable utilizar un par de frecuencias de enlaces Tierra-espacio y espacio-Tierra coherentemente relacionadas;
- f)* que para las operaciones de transmisión/recepción simultáneas con una sola antena, la separación del par de frecuencias de los enlaces Tierra-espacio y espacio-Tierra debe ser de un 6%, como mínimo;
- g)* que los enlaces de radiocomunicaciones espacio-espacio y Tierra-espacio de los satélites de retransmisión son necesarios para dar cabida al crecimiento y el desarrollo de las exploraciones espaciales cerca de la Tierra en el marco del servicio de investigación espacial;
- h)* que se pueden necesitar técnicas especiales de modulación y codificación para ciertos enlaces con objeto de no exceder los límites de densidad de flujo de potencia (dfp) o como protección contra los efectos de interferencia o de la propagación por trayectos múltiples,

recomienda

- 1 que las bandas de frecuencias para las misiones cercanas a la Tierra del servicio de investigación espacial se seleccionen, teniendo debidamente en cuenta la fiabilidad del enlace y la posibilidad de compartición, en las gamas de frecuencias preferidas que figuran en el Cuadro 1;
- 2 que la información relativa a los anchos de banda característicos y a los usos de los distintos enlaces que figura en el Cuadro 2 del Anexo se utilice para la provisión de telecomunicaciones cercanas a la Tierra, presentes y futuras, en sistemas multisatélite y multimisión del servicio de investigación espacial;
- 3 que, al diseñar los sistemas de investigación espacial, se tengan en cuenta las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de investigación espacial, los correspondientes límites de dfp y los usos característicos de dichas bandas de frecuencias, según se indica en el Adjunto al Anexo.

Anexo

Frecuencias y anchos de banda preferidos para los satélites tripulados y no tripulados cercanos a la Tierra del servicio de investigación espacial

1 Introducción

En la presente Recomendación se ofrecen orientaciones con miras a la selección de frecuencias y anchos de banda para los satélites tripulados y no tripulados cercanos a la Tierra del servicio de investigación espacial (SIE). En el § 2 se abordan las diversas funciones de las comunicaciones SIE, entre ellas, el telemando, la teledida y el seguimiento. En el § 3 se analizan las bandas de frecuencias para las misiones del SIE, incluidos los requisitos de las misiones y los equipos, los efectos de la propagación y la radiación, las consideraciones relativas a la calidad de funcionamiento de los enlaces y las Recomendaciones UIT-R conexas. Los Cuadros del § 4 ilustran las bandas de frecuencias preferidas y sus usos, junto con los anchos de banda característicos y los usos de los distintos enlaces.

2 Funciones de comunicación y seguimiento de investigación espacial y requisitos técnicos conexos

Las tres funciones principales de los vehículos espaciales que se tratan a continuación – a saber, el telemando, la teledida y el seguimiento – son funciones de operaciones espaciales. Las misiones de investigación espacial utilizan bandas de frecuencias atribuidas al SIE para proporcionar funciones de operaciones espaciales, así como la teledida de la misión dentro de un único sistema radioeléctrico. Esto permite una utilización más eficaz del espectro de radiofrecuencias y conlleva la aplicación de requisitos menos estrictos en términos de potencia, tamaño y peso del vehículo espacial.

2.1 Funciones

2.1.1 Transmisiones de telemando

Las señales de telemando permiten controlar un vehículo espacial, activar diversas funciones de la misión o modificar el funcionamiento de un vehículo espacial o de sus cargas útiles y dar cuenta de anomalías operativas. Durante las operaciones de lanzamiento, la mayoría de las señales de telemando

se registran y envían mediante un secuenciador de abordó. Las señales de telemando Tierra-espacio pueden transmitirse para su ejecución en tiempo real o almacenarse para un envío secuencial posterior. El envío de las señales de telemando críticas suele articularse en torno a dos etapas: en la primera se configura la operación que ha de realizarse y en la segunda se ejecuta. Para que esta operación pueda llevarse a cabo, ambos telemandos han de recibirse con éxito.

2.1.2 Transmisiones de telemada de los vehículos espaciales

El subsistema de telemada de los vehículos espaciales facilita información sobre el estado de los sistemas de dichos vehículos y de sus cargas útiles y transmite datos medidos por instrumentos de los vehículos a una estación terrena determinada. Este sistema también indica el estado de la recepción y ejecución de las señales de telemando. Los datos de telemada pueden almacenarse para una transmisión posterior o requerir una transmisión en tiempo real, como sucede en las operaciones de lanzamiento o inesperadas.

2.1.3 Transmisiones de telemada de las misiones

El subsistema de telemada de las misiones es responsable de la transmisión hacia la Tierra de los datos científicos y técnicos recabados durante los experimentos y la detección activa y pasiva, así como de los datos generados por el vehículo espacial y sus cargas útiles, como pueden ser sondas y módulos de aterrizaje. Para misiones tripuladas, el subsistema de telemada también tiene que transmitir señales de audio y de vídeo.

2.1.4 Seguimiento

El seguimiento es un requisito básico de cualquier misión de investigación espacial. Además de proporcionar la información necesaria para determinar la ubicación y la velocidad del vehículo espacial, el seguimiento también es necesario para evaluar las características del lanzamiento y de la órbita, corregir la trayectoria, determinar la temporización precisa de funciones críticas como el encendido de retrocohetes y determinar los ángulos de visibilidad y puntería de la antena del vehículo espacial que precisan el propio vehículo y las estaciones terrenas.

3 Bandas de frecuencias para misiones de investigación espacial

Entre los factores que determinan las frecuencias específicas adecuadas para las misiones de investigación espacial figuran los requisitos de las misiones, la disponibilidad y el coste de los equipos, los efectos de la propagación de las ondas radioeléctricas y de la radiación, las características de los enlaces y las atribuciones de frecuencias al SIE en vigor. Los requisitos aplicables a las nuevas atribuciones a la investigación espacial se definen en función de la evolución de los requisitos de las misiones y de los efectos físicos.

3.1 Requisitos de las misiones

Las misiones de investigación espacial requieren una diversidad de tipos de datos para soportar las funciones de telemando, telemada y seguimiento. Para las misiones tripuladas, se requieren señales de audio y de vídeo en tiempo real. Estos requisitos normalmente se multiplexan en una única portadora de frecuencias para conseguir una utilización eficaz del espectro.

En términos generales, las atribuciones de frecuencias más elevadas facilitan el uso de anchos de banda más amplios, que a su vez permiten soportar velocidades de datos más altas, comunicaciones de vídeo y esquemas de codificación más complejos para reducir eficazmente las tasas de error y la susceptibilidad a interferencias.

Se pueden reutilizar frecuencias entre vehículos espaciales si sus características orbitales y sus requisitos de transmisión permiten evitar niveles excesivos de interferencia. Sin embargo, se requieren frecuencias diferentes para vehículos espaciales si sus características orbitales y sus requisitos de transmisión pueden dar lugar a niveles excesivos de interferencia.

En aras de un seguimiento preciso, se requiere que las frecuencias de las señales de seguimiento Tierra-espacio y espacio-Tierra se relacionen de forma coherente mediante una relación adecuada entre ambos sentidos. Este requisito se cumple siempre que las frecuencias ascendente y descendente estén separadas por un valor equivalente al 6-10% de la frecuencia más alta.

Las bandas de frecuencias para detección activa y pasiva dependen de la información que se busque en relación con las características del objeto, el entorno espacial y/o los fenómenos particulares del espacio objeto de estudio. Las bandas de frecuencias elegidas son aquellas identificadas por la física como óptimas para la investigación científica. Los anchos de banda determinan la resolución y la precisión que puede obtenerse.

3.2 Requisitos de los equipos

Los factores de los equipos que dependen de la frecuencia influyen directamente en las características de los enlaces, véanse la ganancia, el rendimiento o la precisión de puntería de las antenas, o no afectan directamente a las características de los enlaces; no obstante, deben tenerse en cuenta al seleccionar las frecuencias. Para las operaciones de transmisión y recepción simultáneas con una única antena, las bandas de frecuencias Tierra-espacio y espacio-Tierra emparejadas han de estar separadas por un valor equivalente al 6-7% de la frecuencia elevada para misiones cercanas a la Tierra y al 8-20% de la frecuencia elevada para misiones en el espacio lejano.

El tamaño de la antena del vehículo espacial está sujeto a límites de espacio y peso, al desarrollo tecnológico de las grandes antenas desplegadas y a la capacidad del satélite para apuntar la antena con la precisión requerida. La gama de frecuencias entre 100 MHz y un 1 GHz es adecuada para vehículos espaciales con antenas de haz ancho u omnidireccionales y requisitos de ancho de banda reducidos y para estaciones terrenas sencillas sin instalaciones de seguimiento. En la gama de frecuencias 1-10 GHz, las antenas de los vehículos espaciales tienen ganancias compatibles con los requisitos de estabilización de actitud y orientación de los haces. La precisión de las superficies y de la puntería necesaria para las estaciones terrenas grandes también puede lograrse en esta gama de frecuencias, que resulta asimismo adecuada para sistemas de seguimiento y comunicaciones de precisión y de banda ancha.

La disponibilidad de equipos calificados para el espacio podría limitar la utilización de frecuencias más altas. Actualmente, los equipos de investigación espacial mejor desarrollados han sido concebidos para las bandas de frecuencias de 2 GHz y 7/8 GHz, que son fundamentales para proporcionar enlaces tolerantes a las condiciones meteorológicas. Estos equipos también resultan atractivos y fácilmente accesibles para proyectos o misiones pequeños con requisitos de velocidades de datos reducidas y limitaciones presupuestarias. Los equipos están alcanzando el grado de madurez necesario para las bandas de frecuencias de 27/32/34 GHz, que tienen la ventaja de ofrecer anchos de banda más amplios para las aeronaves cercanas a la Tierra y en el espacio lejano.

3.3 Efectos de la propagación y de la radiación

Los enlaces de radiocomunicaciones entre estaciones terrenas y satélites de investigación espacial atraviesan la atmósfera de la Tierra, en la que la absorción, las precipitaciones y la dispersión afectan a la propagación de las señales radioeléctricas y limitan la utilización de algunas bandas de frecuencias. Las precipitaciones, en particular la lluvia, producen la absorción y la dispersión de las ondas radioeléctricas, lo que pueden dar lugar a grandes atenuaciones de las señales. Para cualquier índice de pluviosidad, la atenuación específica aumenta rápidamente con el incremento de la

frecuencia utilizada hasta 100 GHz aproximadamente, cifra por encima de la cual la atenuación no aumenta apreciablemente en función de la frecuencia. Para países situados en regiones con índices de pluviosidad elevados, la elección de las frecuencias adecuadas resulta crítica si se desea mantener una elevada calidad de funcionamiento, a pesar de las condiciones meteorológicas adversas.

La absorción molecular se debe fundamentalmente al vapor de agua y al oxígeno atmosférico. Los restos de gases, en ausencia de vapor de agua, también pueden contribuir de forma significativa a la atenuación para frecuencias superiores a 70 GHz. El vapor de agua tiene una raya de absorción centrada en 22,235 GHz, en 183,3 GHz y alrededor de 325 GHz. El oxígeno tiene una serie de rayas de absorción que se extienden entre 53,5 y 65,2 GHz y una raya aislada centrada en 118,74 GHz. En el futuro puede ser deseable utilizar estaciones retransmisoras geoestacionarias que funcionen en frecuencias relativamente opacas a la transmisión de señales radioeléctricas a través de la atmósfera terrestre, limitando así las interferencias entre las estaciones retransmisoras o los vehículos espaciales y las estaciones terrenales.

La temperatura de ruido del cielo que ve una antena de estación terrena depende de la frecuencia, del ángulo de elevación de la antena y de las condiciones atmosféricas. Por encima de unos 4 GHz, las precipitaciones pueden dar lugar a un incremento en el ruido del cielo varias veces superior al de la temperatura de ruido del receptor. La temperatura de ruido del cielo vista por un vehículo espacial viene determinada fundamentalmente por cuerpos celestes como los satélites y los planetas, que determinan las limitaciones para la mayoría de las misiones de investigación espacial. El Sol, cuya temperatura de radiación de cuerpo negro asciende a 6 000 K, aumenta en gran medida la temperatura de ruido del sistema; por tanto, se suelen evitar las transmisiones que requieren que la antena receptora apunte hacia o cerca del Sol. Las temperaturas de radiación de cuerpo negro de la Luna y de los planetas varían entre 50 y 700 K (la temperatura de la Tierra es de 290 K). Para muchas estaciones cercanas a la Tierra, la Tierra se encuentra normalmente dentro del lóbulo principal de la antena del vehículo espacial o del SRD y contribuye a la temperatura de ruido total del sistema receptor. La temperatura de ruido del sistema para vehículos espaciales típicos se sitúa entre 600 y 1 500 K.

El espectro de radiofrecuencias por debajo de 100 MHz no suele considerarse a efectos de la investigación espacial debido a que los efectos ionosféricos, el ruido cósmico y el ruido producido por la actividad humana impiden la utilización de frecuencias en esta banda. Entre 100 MHz y 1 GHz, la absorción atmosférica es baja y los factores meteorológicos afectan muy poco a la propagación de las señales. No obstante, el ruido de fondo es relativamente alto y aumenta en una relación $1/f^2$, por lo que la utilización de receptores de bajo ruido no proporciona una mejora significativa de las características en esta gama de frecuencias. En la gama de frecuencias de 1 a 10 GHz, los efectos de la climatología son muy reducidos, en particular en el extremo inferior de la gama, lo que permite comunicaciones prácticamente independientes de las condiciones meteorológicas. El ruido galáctico y atmosférico es bajo, lo que permite la utilización de receptores de bajo ruido. Entre 10 GHz y 275 GHz, la propagación de las señales a través de la atmósfera está sometida a grandes atenuaciones debidas fundamentalmente a la absorción producida por las precipitaciones y los gases. Estos dos fenómenos pueden tener un efecto significativo en el sentido Tierra-espacio.

3.4 Calidad de funcionamiento de los enlaces

La fiabilidad de los enlaces es un requisito importante de las misiones. Las operaciones críticas, como operaciones de lanzamiento o emergencia, en las que no se puede garantizar la orientación del vehículo espacial, precisan enlaces muy fiables. La fiabilidad resulta de extraordinaria importancia para todas las misiones tripuladas. Las atribuciones en 2 GHz al SIE se utilizan con el fin de proporcionar un enlace fiable e independiente de las condiciones atmosféricas para las misiones de investigación espacial y se utilizan para efectuar dichas funciones críticas.

Las bandas de frecuencias que proporcionan las mejores características para los enlaces de comunicación y seguimiento de la investigación espacial se determinan en el marco de los análisis de la calidad de funcionamiento de los enlaces y dependen de los parámetros de propagación de las ondas radioeléctricas y de las características de los equipos. La relación entre la potencia de la señal recibida y la densidad espectral de la potencia de ruido (P_r/N_0) constituye un índice adecuado de la calidad de funcionamiento de los enlaces. Las curvas derivadas de los análisis de balance de los enlaces ayudan a identificar las gamas de frecuencias que proporcionan las mejores características para las condiciones de misión propuestas. Diferentes hipótesis sobre la distancia de comunicación, las características de las antenas y la potencia del transmisor alteran los valores absolutos de la relación P_r/N_0 , pero no cambian la forma de las curvas. La banda de frecuencias que proporciona el valor más alto de la relación P_r/N_0 para un determinado sistema y un determinado conjunto de condiciones de propagación se define como la banda de frecuencias preferida.

3.5 Recomendaciones relacionadas con las atribuciones al servicio de investigación espacial

Las atribuciones de bandas de frecuencias para la investigación espacial se iniciaron durante la Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones de 1959 en Ginebra, en cuyo marco se establecieron atribuciones provisionales para transmisiones entre la Tierra y los satélites artificiales de la Tierra en las bandas de frecuencias 136-137 MHz y 2 290-2 300 MHz. En 1963, la Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones Extraordinaria afianzó estas dos atribuciones a la investigación espacial concediéndoles una categoría primaria, al mismo nivel que otros servicios, sólo en la Región 2. Los avances en la tecnología y las comunicaciones vinculadas a la investigación espacial y la demanda de satisfacer necesidades de datos cada vez mayores impulsaron la atribución de bandas adicionales para atender a las crecientes necesidades del servicio de investigación espacial.

Las bandas de frecuencias preferidas para el servicio de investigación espacial se encuentran en las siguientes Recomendaciones UIT-R:

- Recomendación UIT-R SA.363 – Sistemas de operaciones espaciales.
- Recomendación UIT-R SA.1019 – Bandas de frecuencias y sentidos de transmisión para redes y sistemas de satélites de retransmisión de datos.
- Recomendación UIT-R SA.1863 – Radiocomunicaciones de emergencia en vuelos espaciales tripulados.

En el Adjunto al presente Anexo figura un Cuadro exhaustivo de las atribuciones al SIE, su utilización por los sistemas de dicho servicio y sus correspondientes límites de dfp.

4 Bandas de frecuencias preferidas, utilización de las mismas por los sistemas del SIE y anchos de banda característicos y usos de los distintos enlaces

La capacidad máxima de velocidad de datos se obtiene utilizando las bandas de frecuencia en que P_r/N_0 es un máximo para las condiciones meteorológicas y las limitaciones de antena de estación espacial consideradas. En el Cuadro 1 se resumen las bandas de frecuencia preferidas para varias aplicaciones. Al determinar el ancho de las bandas de frecuencia aptas para cualesquiera condiciones atmosféricas se supuso un elevado índice de pluviosidad, a fin de que los resultados fuesen aplicables a escala mundial. Las bandas de frecuencias fuera de esta gama pueden resultar adecuadas para zonas con índices de pluviosidad más bajos.

Los enlaces espacio-espacio funcionan mejor en las gamas de frecuencias con alta atenuación atmosférica, ya que estas eliminan prácticamente cualquier problema de interferencia hacia y desde fuentes terrenales.

Por encima de unos 150 GHz, las comunicaciones transatmosféricas están sujetas a un elevado nivel de atenuación de la señal cuando el ángulo de elevación es bajo. Sin embargo, puede tenerse en cuenta la gama de frecuencias superiores a 150 GHz para los enlaces transatmosféricos en los que el ángulo de elevación de explotación no es bajo.

La lista de banda de frecuencias que figura en el Cuadro 1 tiene por objeto la identificación de bandas de frecuencias preferidas desde un punto de vista técnico. La inclusión de una banda de frecuencias en el Cuadro no implica que el ancho de banda o el margen de enlace disponibles resulten suficientes, ni que estas frecuencias hayan sido atribuidas. Asimismo, la exclusión de otras frecuencias del Cuadro no impide necesariamente el funcionamiento en esas bandas de frecuencias cuando las consideraciones relativas a la compartición de frecuencias y las limitaciones de los equipos más modernos impongan su utilización.

CUADRO 1

Bandas de frecuencias preferidas y sus utilizaciones*

Banda de frecuencias (GHz)	Dirección e-T = espacio-Tierra T-e = Tierra-espacio e-e = espacio-espacio	Observaciones
0,1-2,5 0,1-3,0	e-T T-e	Enlace apto para cualesquiera condiciones meteorológicas, óptimo incluso cuando las comunicaciones deben establecerse con independencia de la orientación del vehículo espacial
0,1-10 0,1-10	e-T T-e	Enlace apto para atmósfera despejada, óptimo cuando se requiere en el vehículo espacial una antena con abertura angular del haz de valor fijo o elevado
0,02-6 0,02-6	e-T T-e	Enlace apto para cualesquiera condiciones meteorológicas, para trabajar con antenas directivas
0,02-6 13,4-27,5 31-36	e-e e-e e-e	Bandas de frecuencias necesarias para proporcionar comunicaciones espacio-espacio con tecnologías y equipos espaciales existentes y experimentados. También necesarias para asegurar la continuidad del servicio hasta que se demuestre la utilidad práctica y técnica de otras bandas de frecuencias
10-26 14-23 31-36 40-41 31-36 37-38 74-84 85-100 127-137	e-T T-e T-e T-e e-T e-T e-T T-e y e-T T-e y e-T	Enlace apto para atmósfera despejada, óptimo para vehículos espaciales con antenas de ganancia alta o media
65-66 117-120 178-188 318-328	e-e e-e e-e e-e	Bandas de frecuencias que proporcionan máxima protección a los enlaces espacio-espacio contra interferencias procedentes de aplicaciones terrenales, en condiciones de atmósfera despejada, óptimas para vehículos espaciales con antenas de ganancia alta o media

* Las bandas de frecuencias específicas para los sistemas del SIE deben utilizarse de conformidad con las atribuciones al SIE en vigor (véase el Adjunto al Anexo).

La lista de los diferentes anchos de banda de enlace característicos dada en el Cuadro 2 contiene información sobre los anchos de banda de enlace que permite utilizar la tecnología actual. La inclusión de un ancho de banda de enlace en el Cuadro no tiene por objeto indicar la banda de frecuencias en la que puede exigirse que funcione el enlace en cuestión, ni limitar el número de enlaces de esa índole que pueden ser necesarios para soportar los sistemas de una misión o un vehículo espacial particular.

CUADRO 2

Anchos de banda característicos y usos de los distintos enlaces

Usos	Dirección	Ancho de banda característico	Observaciones
Telemando	T-e	10-500 kHz	
Telemida de mantenimiento	e-T	5-500 kHz	
Telemida	e-T (directa)	100 kHz-100 MHz	Transmisión por satélite directa hacia la Tierra
Telemida	e-T (relevo)	225-650 MHz	Enlace de satélite de retransmisión a una estación terrena, datos procedentes de uno o más satélites de usuario
Telemida	e-e	5-225 MHz	Enlace de satélite de usuario a satélite de retransmisión
Telemida	e-e	> 1 GHz	Enlace de satélite de retransmisión a satélite de retransmisión
Seguimiento	e-T	500 Hz-500 kHz	Interferometría
Seguimiento	T-e	1-3 MHz	Sistemas de medida de la distancia y de la variación de la distancia
Seguimiento	T-e	1-10 MHz	Radar
Seguimiento	T-e	5-6 MHz	Determinación bilateral de la distancia

Adjunto al Anexo

CUADRO 3

Bandas de frecuencias atribuidas al SIE, límites correspondientes de dfp especificados en el Reglamento de Radiocomunicaciones (edición de 2016) y uso de estas bandas de frecuencias por los sistemas del SIE

Bandas de frecuencias		Uso SIE = no específico e-T = espacio-Tierra T-e = Tierra-espacio e-e = espacio-espacio	Límite de la densidad de flujo de potencia para ángulos de incidencia (θ) por encima del plano horizontal (dBW/m ²) ⁽¹⁾			Ancho de banda de referencia
			$0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$	$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$	$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	
2 501-2 502	kHz	SIE				
5 003-5 005	kHz	SIE				
10 003-10 005	kHz	SIE				
15 005-15 010	kHz	SIE				
18 052-18 068	kHz	SIE				
19 990-19 995	kHz	SIE				
25 005-25 010	kHz	SIE				
30,005-30,01	MHz	SIE				
39,986-40,02	MHz	SIE				
40,98-41,015	MHz	SIE				
137-138	MHz	e-T				
138-143,6	MHz	e-T				
143,6-143,65	MHz	e-T				
143,65-144	MHz	e-T				
400,15-401	MHz	e-T				
410-420	MHz	e-e				
1 215-1 300	MHz	Detección activa (SIE)				
2 025-2 110	MHz	T-e, e-e	-154	$-154 + 0,5 (\theta - 5)$	-144	4 kHz
2 200-2 290	MHz	e-T, e-e	-154	$-154 + 0,5 (\theta - 5)$	-144	4 kHz
3 100-3 300	MHz	Detección activa (SIE)				
7 190-7 235	MHz	T-e				
8 450-8 500	MHz	e-T	-150	$-150 + 0,5 (\theta - 5)$	-140	4 kHz
8 550-8 650	MHz	Detección activa (SIE)				
9 300-9 800	MHz	Detección activa (SIE)				
9 800-9 900	MHz	Detección activa (SIE)				
13,25-13,4	GHz	Detección activa (SIE)				
13,4-14,3	GHz	Detección activa (SIE)				
14,4-14,47	GHz	e-T				
14,5-15,35	GHz	SIE				
17,2-17,3	GHz	Detección activa (SIE)				
22,55-23,55	GHz	e-e	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
22,55-23,15	GHz	T-e				

CUADRO 3 (fin)

Bandas de frecuencias		Uso SIE = no específico e-T = espacio-Tierra T-e = Tierra-espacio e-e = espacio-espacio	Límite de la densidad de flujo de potencia para ángulos de incidencia (θ) por encima del plano horizontal (dBW/m ²) ⁽¹⁾			Ancho de banda de referencia
			$0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$	$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$	$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	
25,25-27,5	GHz	e-e	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
25,5-27	GHz	e-T	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
31-31,3	GHz	SIE	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
34,7-35,2	GHz	SIE	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
35,5-36	GHz	Detección activa (SIE)				
37-38	GHz	e-T, no OSG	-120	$-120 + 0,75 (\theta - 5)$	-105	1 MHz
37-38	GHz	e-T, OSG	-125	$-125 + (\theta - 5)$	-105	1 MHz
40-40,5	GHz	T-e				
65-66	GHz	SIE				
74-84	GHz	e-T				
94-94,1	GHz	Detección activa (SIE)				

⁽¹⁾ Los recuadros para los que no se dispone del valor correspondiente se han dejado en blanco.