

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R M.2091-0**  
(10/2015)

**Metodología para calcular las necesidades de espectro para las comunicaciones del servicio móvil aeronáutico (en rutas) por satélite en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz (espacio-Tierra) y 1 646,5-1 656,5 MHz (Tierra-espacio) relacionadas con las categorías de prioridad 1 a 6 del Artículo 44 del Reglamento de Radiocomunicaciones**

**Serie M**

**Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos**

## 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 el Anexo 1 a 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
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	<b>Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos</b>
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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, 2015

© UIT 2015

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 M.2091-0<sup>1</sup>

**Metodología para calcular las necesidades de espectro para las comunicaciones del servicio móvil aeronáutico (en rutas) por satélite en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz (espacio-Tierra) y 1 646,5-1 656,5 MHz (Tierra-espacio) relacionadas con las categorías de prioridad 1 a 6 del Artículo 44 del Reglamento de Radiocomunicaciones**

(2015)

**Alcance**

En esta Recomendación se facilita una metodología destinada al cálculo de las necesidades de espectro para el servicio móvil aeronáutico (en rutas) por satélite en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz (espacio-Tierra) y 1 646,5-1 656,5 MHz (Tierra-espacio). Está destinada a ser utilizada para cuantificar las necesidades de espectro relacionadas con las categorías de prioridad 1 a 6 del Artículo 44 del RR para el SMA(R)S a las que se aplican las disposiciones de la Resolución 222 (Rev.CMR-12).

**Palabras clave**

SMA(R)S: requisitos de espectro; comunicaciones prioritarias; metodología

**Abreviaturas/Glosario**

AES	Estación terrena de aeronave. Como se define en el número <b>1.84</b> del RR, una AES es una estación terrena móvil del servicio móvil aeronáutico por satélite instalada a bordo de una aeronave
AES (Número de)	Número de AES realmente operativas dentro de la zona especificada de la red de satélite y conectada a esa red de satélites durante un periodo definido en una zona/haz particular. Téngase en cuenta que dentro del número de AES se incluyen únicamente las AES que prevén utilizar la red de satélites en cuestión
SMA(R)S	Servicio móvil aeronáutico (en rutas) por satélite. Como se define en el número <b>1.36</b> del RR, el SMA(R)S es un servicio móvil aeronáutico por satélite reservado a las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil
AOC	Control de operaciones aeronáuticas. AOC son las comunicaciones requeridas para el ejercicio de la autoridad sobre la iniciación, desviación o terminación de un vuelo en el interés de la seguridad de la aeronave y de la regularidad y eficacia del vuelo
ATS	Servicio de tráfico aéreo: ATS es un término genérico que significa de forma muy diversa servicio de información de vuelo, servicio de alerta, servicio de aviso de tráfico aéreo, servicio de control de tráfico aéreo (servicio de control de área, servicio de control de acercamiento o servicio de control de aeródromo)

---

<sup>1</sup> La Federación de Rusia se opuso a la adopción de la Recomendación por los motivos expuestos en el Informe del Presidente de la CE 4 a la AR-15 y declara que la Recomendación debe aplicarse únicamente entre los operadores que prestan servicios relativos a la transmisión de tráfico del SMA(R)S con las prioridades 1 a 6 del Artículo **44** del RR y que los asuntos conflictivos relativos a la determinación de las necesidades de espectro se resolverán entre los operadores.

CS	Con conmutación de circuitos
Erlang	Unidad de intensidad de tráfico. Es una magnitud sin dimensión que expresa la actividad vocal en unidades de tiempo que se constatarían durante un cierto intervalo temporal, normalmente una hora. Se utiliza para determinar el número de circuitos necesarios para satisfacer la demanda de servicios vocales
FEC	Corrección de errores en recepción
GES	Estación terrena en tierra. La GES es una estación terrena utilizada para los enlaces de conexión de un sistema del SMA(R)S. Equivale a una estación terrena aeronáutica, como se define en el número <b>1.82</b> del RR
IP	Protocolo Internet
RDSI	Red digital de servicios integrados

### Recomendaciones, Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R M.1037-0	Objetivos en material de característica de bits erróneos para los radioenlaces del servicio móvil aeronáutico (R) por satélite (SMA(R)S))
Recomendación UIT-R M.1089-1	Consideraciones técnicas para la coordinación de sistemas móviles por satélite relacionadas con el servicio móvil aeronáutico por satélite (R) en las bandas 1 545 a 1 555 MHz y 1 646,5 a 1 656.5 MHz
Recomendación UIT-R M.1180-0	Disponibilidad de los circuitos de comunicación en los servicios móviles aeronáuticos por satélite (R) (SMA(R)S))

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que, en la actualidad, los operadores de sistemas móviles por satélites geoestacionarios planifican la capacidad en las bandas de frecuencias 1 525-1 559 MHz (espacio-Tierra) y 1 626,5-1 660,5 MHz (Tierra-espacio) en reuniones de coordinación multilaterales regionales, en el marco de los acuerdos concluidos entre sus respectivas administraciones, para coordinar periódicamente el acceso al espectro necesario para colmar sus necesidades, incluidas las necesidades de espectro del SMA(R)S para la transmisión de mensajes de prioridad 1 a 6 del Artículo **44** del RR;
- b) que la metodología empleada debe, por encima de todo, arrojar resultados precisos que no sobreestimen ni subestimen las necesidades de espectro; debe ajustarse lo más posible a los algoritmos realmente utilizados por el sistema de satélite en cuestión y debe ofrecer un medio simple, eficaz y rápido de determinar los requisitos de espectro;
- c) que esta metodología para determinar los requisitos de espectro sólo se aplicará a las comunicaciones del SMA(R)S con prioridad 1 a 6 del Artículo **44** del RR soportadas por el haz del sistema de satélite en cuestión;
- d) que la metodología debe soportar el actual entorno del SMA(R)S, teniendo en cuenta, no obstante, los cambios que se operen en ese entorno durante el periodo considerado, incluida la puesta en servicio de nuevas redes del SMA(R)S, la modificación de la oferta de servicio del servicio de tráfico aéreo (ATS) y del control de operaciones aeronáuticas (AOC), del tráfico, de los equipos de aeronave y de la tecnología;
- e) que la metodología debe tener en cuenta las características del equipo de aeronave y de la red de satélites, y sólo debe tomar en consideración los servicios y capacidades de transmisión del equipo

de comunicaciones instalado en la aeronave, la estación terrena en tierra (GES) y el satélite en cuestión;

- f) que la metodología debe evitar contar dos veces el ancho de banda necesario para el tráfico de comunicaciones en zonas donde se solapan las zonas de cobertura de dos o más redes de satélites;
- g) que la información facilitada para cada red de satélites del SMA(R)S, que se utilizará para alimentar la metodología, debe ser, en la medida de lo posible, verificable de manera independiente;
- h) que los parámetros utilizados por la metodología deben estar clara y adecuadamente definidos y/o descritos, según proceda, para evitar el riesgo de interpretación errónea y para garantizar que se determinan adecuadamente los requisitos de espectro de las comunicaciones del SMA(R)S con prioridad 1 a 6 del Artículo 44 del RR asociadas a cada haz de satélite;
- i) que la metodología sólo debe tener en cuenta la porción del espacio aéreo del cliente SMA(R)S en que se emplearán comunicaciones por satélite, excluyendo así el espacio aéreo de zonas donde se emplean comunicaciones por ondas métricas (VHF) y decamétricas (HF),

*considerando además*

- a) que las necesidades de espectro de una red de satélites del SMA(R)S deben determinarse como las necesidades de espectro de cada haz de satélite;
- b) que se han de tener en cuenta las medidas correspondientes cuando el sistema de satélites del SMA(R)S puede configurar dinámicamente sus recursos de red de satélites;
- c) que se han de tener en cuenta las medidas correspondientes cuando la red de satélites del SMA(R)S tiene capacidad de compresión de voz y/o compresión de datos, y de soporte de tal compresión,

*reconociendo*

- a) que la CMR-97 atribuyó las bandas de frecuencias 1 525-1 559 MHz (espacio-Tierra) y 1 626,5-1 660,5 MHz (Tierra-espacio) al SMS para facilitar la asignación de espectro a múltiples sistemas del SMS de manera flexible y eficiente;
- b) que la CMR-97 adoptó el número **5.357A** que da prioridad a la satisfacción de las necesidades de espectro del SMA(R)S que transmite mensajes con prioridad 1 a 6 según las categorías del Artículo 44 en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz y 1 646,5-1 656,5 MHz;
- c) que la Resolución **222 (Rev.CMR-12)** atañe a la utilización de las bandas de frecuencias 1 525-1 559 MHz y 1 626,5-1 660,5 MHz por el servicio móvil por satélite y a los procedimientos para garantizar un acceso al espectro a largo plazo para el servicio móvil aeronáutico (R) por satélite;
- d) que en la Resolución **422 (CMR-12)** se invita al UIT-R a realizar estudios sobre una metodología y a preparar una o varias Recomendaciones UIT-R al respecto, en las que se definan claramente los parámetros y las hipótesis que se han de emplear para calcular las necesidades de espectro del SMA(R)S en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz (espacio-Tierra) y 1 646,5-1 656,5 MHz (Tierra-espacio) para las comunicaciones de prioridad 1 a 6 según las categorías del Artículo 44;
- e) que se han creado sistemas que ofrecen servicios de seguridad en banda ancha y que la OACI está estudiando su posible incorporación en las normas de aviación,

*observando*

- a) que los sistemas del SMA(R)S son un elemento esencial de la infraestructura de comunicaciones normalizadas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) utilizada en la gestión del tráfico aéreo para la seguridad y la regularidad en los vuelos de aviación civil;

b) que, como los recursos de espectro son limitados, es necesario que los diversos sistemas del SMS los utilicen de manera más eficiente,

*recomienda*

**1** que en las bandas de frecuencias 1 545-1 555 MHz (espacio-Tierra) y 1 646,5-1 656,5 MHz (Tierra-espacio), los requisitos de espectro de las comunicaciones del SMA(R)S con prioridad 1 a 6, según las categorías del Artículo 44 del RR, que se asignen en reuniones de coordinación de frecuencias bilaterales o multilaterales en virtud de la Resolución 222 (Rev.CMR-12), se calculen utilizando la metodología descrita en el Anexo 1;

**2** que cuando se acuerde utilizar la metodología del Anexo 1 en una reunión de coordinación de frecuencias, los participantes en dicha reunión se pongan también de acuerdo sobre los parámetros necesarios para utilizar esa metodología;

**3** que, dado que no se dispondrá de información histórica pertinente sobre los nuevos sistemas del SMA(R)S antes de que se pongan en servicio, los operadores del SMA(R)S establecidos faciliten puntualmente en las reuniones de coordinación de frecuencias la información histórica pertinente aplicable a la zona de servicio de nuevo operador SMA(R)S, necesaria para determinar los requisitos de espectro para el primer año de funcionamiento de los nuevos sistemas, utilizando la metodología descrita en el Anexo 1;

**4** que toda ambigüedad de los parámetros específicos de la metodología del Anexo 1 (por ejemplo, si los mensajes pertenecen a las categorías de prioridad 1 a 6 del Artículo 44 del RR) se resuelva por acuerdo mutuo de los supuestos;

**5** que toda metodología alternativa para determinar los requisitos de espectro de las comunicaciones del SMA(R)S de prioridad 1 a 6, según las categorías del Artículo 44 del RR, que se asignen en reuniones de coordinación de frecuencias bilaterales o multilaterales en virtud de la Resolución 222 (Rev.CMR-12), se base en los principios y directrices de los *considerando b) a i)* y los *considerando además a) a c)*.

## Anexo 1

### Método de cálculo de los requisitos de espectro para las comunicaciones del SMA(R)S en las bandas de 1,5/1,6 GHz

#### 1 Generalidades

##### 1.1 Introducción

En virtud del número 5.357A, se han de satisfacer prioritariamente los requisitos de espectro de las redes de satélites del SMA(R)S para la transmisión de mensajes con prioridad 1 a 6 con arreglo al Artículo 44 del RR. En este Anexo se presenta una metodología, que puede utilizarse para determinar los requisitos de espectro del SMA(R)S por cada haz de cada satélite para las comunicaciones del SMA(R)S.

Cabe señalar que se utilizan habitualmente enlaces aire/tierra/aire en ondas métricas (VHF) para prestar servicios de comunicaciones aeronáuticas cuando se dispone de ellos, pero en las zonas sin

visibilidad directa (BLOS), se deben emplear canales de ondas decamétricas (HF) o comunicaciones por satélite. La presente metodología está diseñada para el cálculo de los requisitos de espectro del SMA(R)S en zonas donde no hay disponibles enlaces VHF.

La metodología descrita en este Anexo se basa en las siguientes etapas:

- 1) determinación del número de AES («Número de AES») dentro de un haz;
- 2) cálculo del volumen de información generado por esas AES para cada uno de los distintos tipos de portadoras de voz y datos;
- 3) cálculo de los requisitos de espectro de los distintos tipos de portadora en cada haz.

Se incluyen también pasos para el cálculo de los requisitos totales de espectro de una red del SMA(R)S.

En el caso de las redes ya implantadas, los resultados más precisos se obtendrán utilizando los registros históricos de tráfico. Asimismo, cuando se dispone de información histórica, se puede estimar el tráfico medio por aeronave dentro de cada haz de satélite a partir de los registros de llamada y datos. De este modo se puede estimar directamente toda variabilidad geográfica en la media de tráfico por aeronave. Además, dado que no se dispondrá de información histórica pertinente sobre los nuevos sistemas del SMA(R)S antes de que se pongan en servicio, los operadores del SMA(R)S establecidos deberán facilitar puntualmente en las reuniones de coordinación de frecuencias la información histórica pertinente aplicable a la zona de servicio de nuevo operador SMA(R)S, necesaria para determinar los requisitos de espectro para el primer año de funcionamiento de los nuevos sistemas, utilizando la metodología descrita en este Anexo 1

Los procedimientos de este Anexo para el cálculo de los requisitos de espectro de las comunicaciones del SMA(R)S se muestran en el gráfico de la Fig. 1.

Suele ser necesario determinar los requisitos de espectro para un periodo de tiempo concreto, cuando se prevé que el tráfico sea máximo. Normalmente, el tráfico se evalúa para la hora punta de un día y, si hay variaciones significativas de un día a otro, podrá ser necesario considerar el tráfico previsto para el día punta del año.

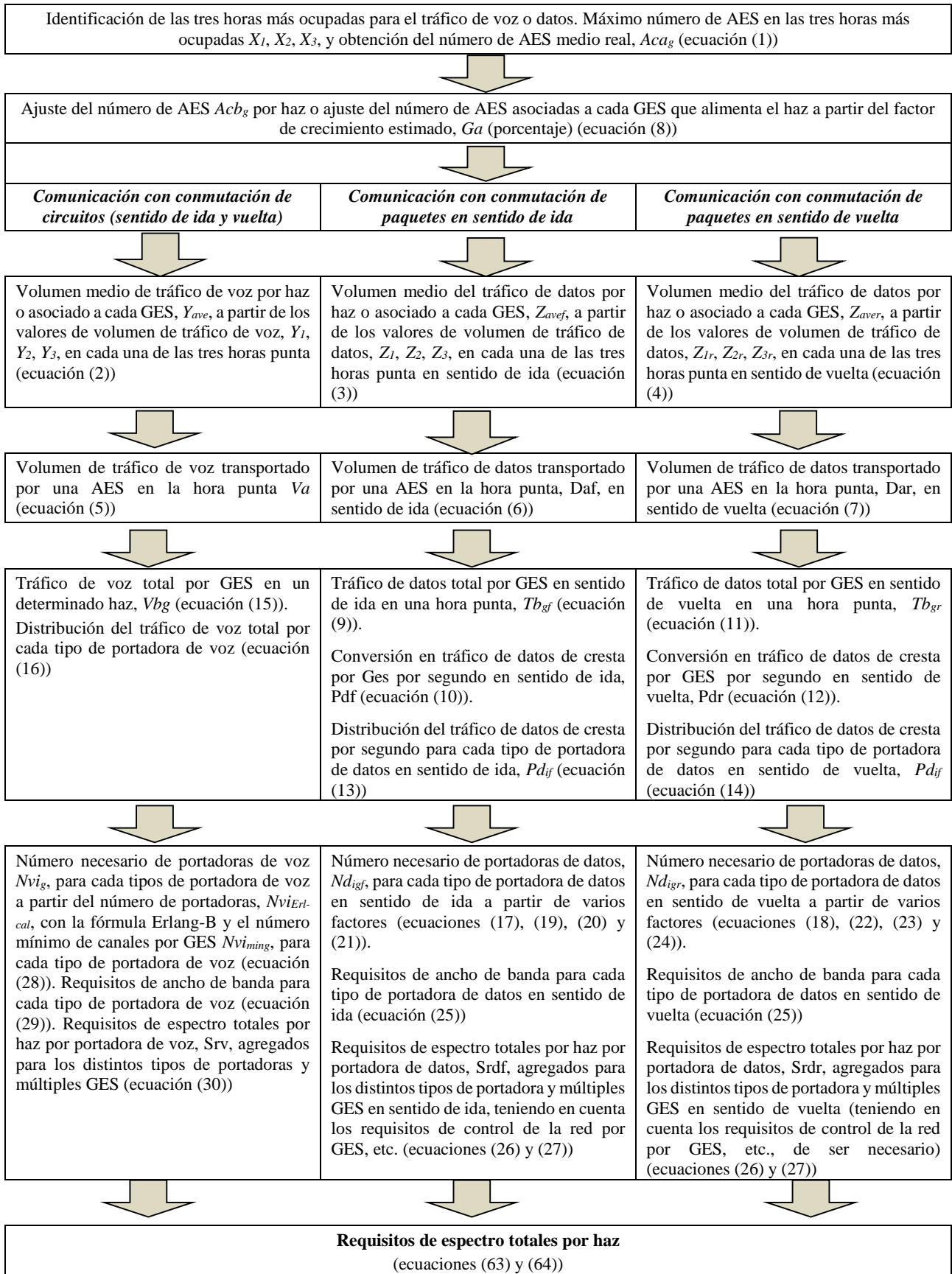
Los cálculos se basan en la información de tráfico de datos/voz total de las comunicaciones del SMA(R)S para todas las estaciones terrenas de aeronave (AES) que realmente ejecutan aplicaciones del SMA(R)S dentro de una zona de servicio específica de la red de satélites en cuestión.

En algunas redes de satélites puede haber más de una estación terrena en tierra (GES) prestando servicios SMA(R)S en un determinado haz de enlace de servicio. Dado que las portadoras de enlace de servicio normalmente no pueden ser compartidas por las GES, en tal caso será necesario determinar los requisitos de tráfico y espectro de cada GES por separado. Así, es importante que el número de AES asociado a cada GES incluya únicamente las AES que funcionan a través de esa GES.

Los requisitos totales de espectro para un haz alimentado por varias GES se determinan sumando los requisitos de espectro calculados de las GES que alimentan ese haz.

FIGURA 1

Gráfico ilustrativo del método general para calcular los requisitos de espectro del SMA(R)S





## 1.2 Parámetros

En los nombres de los parámetros se utiliza la siguiente notación para determinar la jerarquía y los sufijos:

- Estación terrena en tierra – «g»
- Espacio aéreo o zona de servicio – «a»
- Haz para el cálculo del espectro – «b»
- Tipo de tráfico – datos: «d»; voz: «v»; voz con conmutación de circuitos: «CS-voice»; RDSI con conmutación de circuitos: «CS-ISDN»; IP normalizado: «StdIP»; IP para difusión en directo: «StrIP»
- Requisitos o capacidad para una portadora específica – «c»
- Tipo de portadora – tipo portadora de voz: «j»; tipo portadora de datos: «d»; tipo subportadora de voz con conmutación de circuitos o tipo subportadora RDSI con conmutación de circuitos: «j»; tipo subportadora IP normalizado o tipo subportadora IP para difusión en directo: «k»
- Enlace de ida y vuelta – «f» o «r».

Los parámetros utilizados en la metodología del Anexo 1 se muestran en el Adjunto 1.

## 2 Estimación del número de AES y del volumen de información por AES que habrá de manejar el sistema de satélite considerado

Desde un punto de vista económico y operativo, suele ser preferible que el tráfico normal en una zona extensa se maneje con un haz mundial y que el tráfico intenso en el espacio aéreo congestionado lo sea por haces puntuales. La ventaja del haz mundial es que da cobertura a zonas que no pueden cubrirse con haces puntuales. En una configuración de implantación típica, se puede activar un conjunto de haces puntuales para dar servicio a las aeronaves a lo largo de rutas aéreas muy transitadas mientras que las aeronaves en el resto de zonas reciben servicio del haz mundial. Aunque el haz mundial puede proporcionar muchos de los servicios que ofrecen los haces puntuales, es probable que el haz mundial se utilice además para mensajes de radiodifusión, señalización y registro de las aeronaves en la red. En el diseño de las naves espaciales se puede incluir la adopción de haces puntuales para prestar servicios allí donde resulta más eficaz desde el punto de vista del espectro o de la potencia. Es importante saber cuántas AES reciben servicio de los haces puntuales y de los haces mundiales en los periodos de cresta. Como ya se ha indicado, se ha de determinar el número de AES (número de AES) que corresponden a un haz concreto del sistema de satélite considerado. El número de AES es el número de AES realmente operativas dentro de la zona especificada de la red de satélites y conectadas a esa red de satélites durante un determinado periodo y dentro de una zona/haz concreto. Téngase en cuenta que en el número de AES sólo se han de incluir aquéllas que se prevé vayan a utilizar la red de satélites.

El número de AES es un parámetro fundamental necesario para estimar las necesidades de espectro de las comunicaciones del SMA(R)S. El método utilizado para determinar ese número se basa en que se dispone de datos históricos sobre el número total de AES conectadas de cada haz del sistema del SMA(R)S durante las tres horas más ocupadas de un determinado año, y que se pueden estimar los requisitos futuros a partir de esos datos históricos, realizando los ajustes necesarios para tener en cuenta un aumento o una reducción de la demanda en el futuro.

Este método puede aplicarse a los sistemas establecidos para obtener una estimación lo más precisa posible de los requisitos de espectro del SMA(R)S.

Un sistema del SMA(R)S puede estar formado por varios satélites OSG, cuyos haces pueden solaparse en determinadas zonas. Los requisitos de espectro se determinan para cada uno de los haces del satélite, por lo que en las zonas de solapamiento se corre el riesgo de que las AES se cuenten dos veces, es decir, se asignen a dos satélites al mismo tiempo. Por tanto, al determinar el número de AES en zonas donde la cobertura se solapa, es necesario asegurarse de que el número de AES está adecuadamente repartido entre los satélites. Esto no es necesario cuando uno de los satélites es un satélite de reserva o de reserva activo.

Los datos de tráfico, tanto de conmutación de circuitos como de conmutación de paquetes, suele procesarse por horas en función de los registros de datos de llamada brutos. En tal caso, es posible obtener la siguiente información para cada hora de cada día de cualquier mes:

- Red de satélites/GES asociadas
- Haz: Mundial/puntual del satélite
- Día civil
- Hora (0-23 horas) (Nota: la 1ª hora se registra como «hora 0», la 24ª hora se registra como «hora 23»)
- Número de identificación de las AES en comunicación con la red de satélites/GES asociadas
- Hora de inicio y de fin de la comunicación.

Para estimar el volumen de información de tráfico, cuando el tráfico está formado por información de usuario y no comprende taras asociadas a la transmisión de la información, también se deben utilizar los siguientes parámetros:

- Unidad de tráfico (kbit/s para el tráfico de datos con conmutación de paquetes (en sentido de ida y de vuelta) y minutos para el tráfico con conmutación de circuitos).
- Volumen de tráfico (kbit/s o minutos).

A partir de esta información se pueden identificar las tres horas punta de un año determinado para cada categoría de tráfico de datos de voz y paquetes en cada haz de una red de satélites analizando los registros de llamada de las GES correspondientes a dicho haz. A veces un haz puede estar alimentado por más de una GES y entonces se debe determinar el tráfico de hora punta para cada una de las GES por separado. Una vez identificadas las tres horas punta, se determina el número de AES para cada una de esas horas punta y el valor medio del número de AES para esas tres horas punta se utiliza en el análisis posterior. Cada uno de estos pasos se realiza por separado para el tráfico de voz y de datos de manera que se determinan dos valores para el número de AES: uno aplicable al tráfico de voz y otro aplicable al tráfico de datos. En todos los casos se asume que no hay una diferencia significativa en el volumen de tráfico asociado a cada una de las tres horas punta.

El número de AES medio real por haz asociado a una determinada GES se obtiene con la siguiente ecuación:

$$ACa_g = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (1)$$

donde  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son el número de AES para cada una de las tres horas punta que generan el mayor tráfico de voz o datos en un año determinado.

El volumen medio de tráfico de voz por GES en un haz determinado en la hora punta se obtiene con:

$$Y_{ave} = (Y_1 + Y_2 + Y_3) / 3 \quad (2)$$

donde  $Y_1$ ,  $Y_2$  y  $Y_3$  son los valores del volumen de tráfico de voz en cada una de las tres horas punta correspondientes a  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ .

Para las redes de satélites del SMA(R)S establecidas se pueden obtener los volúmenes de información de tráfico de datos para el sentido de ida y de vuelta por separado a partir de los datos históricos del tráfico.

El volumen medio del tráfico de datos por GES en un haz determinado en la hora punta en sentido de ida se obtiene con:

$$Z_{avef} = (Z_{1f} + Z_{2f} + Z_{3f})/3 \quad (3)$$

donde  $Z_{1f}$ ,  $Z_{2f}$  y  $Z_{3f}$  son los valores del volumen del tráfico de datos en sentido de ida en cada una de las tres horas punta correspondientes a  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ .

Del mismo modo, el volumen medio del tráfico de datos por GES en un determinado haz en la hora punta en sentido de vuelta se obtiene con:

$$Z_{aver} = (Z_{1r} + Z_{2r} + Z_{3r})/3 \quad (4)$$

donde  $Z_{1r}$ ,  $Z_{2r}$  y  $Z_{3r}$  son los valores del volumen del tráfico de datos en sentido de vuelta en cada una de las tres horas punta correspondientes a  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ .

El volumen del tráfico de voz transportado por una AES en la hora punta se obtiene con:

$$V_a = Y_{ave} / ACa_g \text{ min} \quad (5)$$

El volumen de tráfico de datos transportado por una AES en sentido de ida en la hora punta se obtiene con:

$$D_{af} = Z_{avef} / ACa_g \text{ kbit} \quad (6)$$

El volumen de tráfico de datos transportado por una AES en sentido de vuelta en la hora punta se obtiene con:

$$D_{ar} = Z_{aver} / ACa_g \text{ kbit} \quad (7)$$

De acuerdo con este procedimiento, se puede obtener el número de AES para cada haz y tipo de servicio de voz y datos, así como al volumen de tráfico asociado transportado por cada AES típica.

A fin de tener en cuenta el aumento o descenso a corto plazo de la actividad de tráfico, el número de AES ajustado,  $ACb_g$ , por haz asociado a una determinada GES se obtiene con la siguiente ecuación:

$$ACb_g = ACa_g \times (1 + G_a/100) \quad (8)$$

donde  $G_a$  es el porcentaje estimado de cambios en el número de aeronaves que reciben servicio de la red de satélites considerada durante el año en cuestión.

### 3 Cálculo del volumen de información por tipo de tráfico

El cálculo del volumen de información puede realizarse por separado para cada tipo de tráfico distinto. En las siguientes subcláusulas se presenta un método para determinar el volumen de información por cada uno de los siguientes tipos de tráfico:

- comunicación con conmutación de paquetes (incluida la voz por paquetes);
- conmutación con conmutación de circuitos (voz y posiblemente datos).

El volumen de información por cada tipo de tráfico en el haz se obtendrá considerando únicamente la parte del número de AES que soporta un tipo de tráfico concreto.

### 3.1 Comunicación con conmutación de paquetes (incluida la voz por paquetes)

La velocidad de datos de cresta de las portadoras de datos correspondientes a cada tipo de portadora puede calcularse de la siguiente manera. El tráfico total por GES en un determinado haz ( $Tb_{gf}$  (kbit)) en sentido de ida en la hora punta puede obtenerse con:

En el caso del tráfico de enlace de ida en kbit/hora:

$$Tb_{gf} = Daf \times ACb_g \quad (9)$$

y la velocidad de datos de cresta por haz en sentido de ida ( $Pdf$  (kbit/s)) se calcula con:

$$Pdf = (hs \times Tb_{gf}/3\ 600) \quad (10)$$

donde:

$Daf$ : información de tráfico de datos media que ha de tratar una AES (kbit/hora) en sentido de ida

$hs$ : factor de conversión de la velocidad de datos media en kbit/s en la velocidad de datos de cresta requerida en kbit/s en sentido de ida.

El parámetro  $hs$  tiene en cuenta las posibles fluctuaciones de la velocidad global de la transmisión de datos durante los tres periodos horarios más ocupados. Si el volumen de datos generado (por ejemplo, velocidad de llegada de datos) está uniformemente distribuido a lo largo del periodo considerado, el valor de  $hs$  será 1. Sin embargo, cuando el volumen de datos generado es de naturaleza esporádica, será necesario determinar para  $hs$  un valor superior a 1. En la actualidad no se conoce ningún modelo que pueda representar fielmente la generación de datos y sus velocidades de llegada en los sistemas del SMA(R)S. Por tanto, corresponderá a los operadores del sistema sugerir un valor adecuado para  $hs$ , que represente/modelice el comportamiento de su sistema, ofreciendo una justificación suficiente.

El tráfico de datos total por GES en un determinado haz ( $Tb_{gr}$  (kbit)) en sentido de vuelta en la hora punta puede obtenerse con:

En el caso del tráfico del enlace de retorno en kbit/hora:

$$Tb_{gr} = Dar \times ACb_g \quad (11)$$

y la velocidad de datos de cresta requerida por haz en sentido de vuelta ( $Pdr$  (kbit/s)) se calcula con:

$$Pdr = (hs \times Tb_{gr}/3\ 600) \quad (12)$$

donde:

$Dar$ : información de tráfico de datos media que ha de tratar una AES (kbit/hora) en sentido de vuelta

$hs$ : factor de conversión de la velocidad de datos media en kbit/s en la velocidad de datos de cresta requerida en kbit/s en sentido de vuelta.

Si dentro de un haz hay operativas portadoras de datos por paquetes de distinto tipo, la velocidad de datos de información de cresta por GES en un determinado haz que se habrá de soportar en sentido de ida y de vuelta puede dividirse por cada tipo de portadora de la siguiente manera:

$$Pd_{if} = rd_i \times Pdf \quad (13)$$

$$Pd_{ir} = rd_i \times Pdr \quad (14)$$

donde:

$rd_i$ : relación ( $i$ ) del tipo de portadora de datos.

En este caso,  $rd_i$  será la relación entre el volumen de tráfico de datos asociado a cada tipo de portadora ( $i$ ) y el volumen de tráfico de datos total ( $Tb$ ).

### 3.2 Comunicación con conmutación de circuitos

La comunicación con conmutación de circuitos suele utilizarse para soportar determinadas aplicaciones de voz y datos (como RDSI). El tráfico con conmutación de circuitos se mide en minutos.

El tráfico de voz total por GES en un haz determinado en la hora punta ( $Vb_g$  (Erlang)) puede calcularse con:

$$Vb_g = (Va \times ACb_g)/60 \quad (15)$$

donde  $Va$  es el tráfico de voz medio en minutos obtenido con la ecuación (5) del § 2.

El volumen de información medio por señal de voz que ha de manejar un sistema de satélite ( $Va$ ) puede obtenerse agregando la cantidad de tráfico de voz de un determinado periodo de tiempo,  $tp$ , (es decir, la hora punta).

Cuando se utilizan diversos tipos de portadoras para transportar el tráfico con conmutación de circuitos, el tráfico de voz total ( $Vb_g$ ) puede dividirse para cada tipo de portadora de la siguiente manera:

$$Vb_{g_j} = rv_j \times Vb_g \quad (16)$$

donde:

$rv_j$ : relación entre el volumen de tráfico por tipo de portadora de voz ( $j$ ) y el volumen de tráfico total.

## 4 Cálculo del ancho de banda necesario para cada haz y tipo de portadora

### 4.1 Comunicación con conmutación de paquetes (incluida la voz por paquetes)

El número necesario de circuitos especificados por haz y GES en sentido de ida ( $Nd_{igf}$ ) y en sentido de vuelta ( $Nd_{igr}$ ) puede calcularse con las siguientes fórmulas:

$$Nd_{igf} = \text{Maximum} (\text{Roundup}(Pd_{if}/Cd_{if}), Nd_{imingf}) \quad (17)$$

$$Nd_{igr} = \text{Maximum} (\text{Roundup}(Pd_{ir}/Cd_{ir}), Nd_{imigr}) \quad (18)$$

donde:

$Pd_{if}$ : velocidad de datos de información de cresta que se ha de soportar (kbit/s) en sentido de ida

$Pd_{ir}$ : velocidad de datos de información de cresta que se ha de soportar (kbit/s) en sentido de vuelta

$Cd_{if}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las portadoras de datos normalizadas en kbit/s, habida cuenta de la tara de canal en sentido de ida

$Cd_{ir}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las portadoras de datos normalizadas en kbit/s, habida cuenta de la tara de canal en sentido de vuelta

$Nd_{imingf}$ : número mínimo de circuitos por GES necesarios para cada tipo de portadora de datos en sentido de ida

$Nd_{imigr}$ : número mínimo de circuitos por GES necesarios para cada tipo de portadora de datos en sentido de vuelta.

Se necesitará un número mínimo de canales para el funcionamiento de los sistemas del SMA(R)S a fin de cumplir los requisitos de disponibilidad definidos por las normas de la OACI. Corresponderá al operador del sistema determinar, con la suficiente justificación técnica, el número mínimo de canales para su sistema.

A continuación se presenta un método para calcular  $Cd_{if}$  y  $Cd_{ir}$ .

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{if}$ ) disponible para la entrega de los datos de servicio en sentido de ida (tierra-aeronave) puede determinarse con las siguientes ecuaciones:

$$R_{iracf} = (R_{Ti} - R_d - R_{frm} - R_f) \quad (19)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (20)$$

$$Cd_{if} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (21)$$

donde:

$R_{Ti}$ : velocidad de transmisión de portadora (kbit/s)

$R_d$ : velocidad binaria ficticia (kbits/s)

$R_{frm}$ : velocidad multitrama y de identificación de formato (kbit/s)

$R_f$ : velocidad de señalización de trama (kbit/s)

$R_{iracf}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de ida (kbit/s)

$R_{irbcf}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de ida (kbit/s)

$CR$ : tasa de corrección de errores en recepción (relación numérica)

$r_{rf}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento y la interferencia en sentido de ida (valor entre 0 y 1). Téngase en cuenta que los canales de radiodifusión repetirán los mensajes a intervalos determinados, por lo que no debe aplicarse el factor de retransmisión a la radiodifusión.

La determinación de los valores correspondientes a los parámetros y relaciones anteriores corresponde al operador del sistema. Se han de justificar debidamente los valores escogidos.

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{ir}$ ) disponible para la entrega de los datos de servicio en sentido de vuelta (aeronave-tierra) puede determinarse con las siguientes ecuaciones:

$$R_{iracr} = (R_{Ti} - R_{uwf} - R_p) \quad (22)$$

$$R_{irbcr} = R_{iracr} \times CR \quad (23)$$

$$Cd_{ir} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (24)$$

donde:

$R_{Ti}$ : velocidad de transmisión de portadora (kbit/s)

$R_{uwf}$ : velocidad binaria de palabra única y evacuación (kbit/s)

$R_{iracr}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)

$R_{irbcr}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)

$CR$ : tasa de corrección de errores en recepción (relación numérica)

$R_p$ : velocidad binaria preambular (kbit/s)

$r_{rr}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento, la interferencia o las colisiones en sentido de vuelta (valor entre 0 y 1).

La determinación de los valores correspondientes a los parámetros y relaciones anteriores corresponde al operador del sistema. Se han de justificar debidamente los valores escogidos.

NOTA 1 – Los elementos anteriores están normalizados con respecto a la duración de la trama o la duración de la ráfaga a fin de que sean coherentes con los demás parámetros en términos de unidad (kbit/s).

Los parámetros  $r_{rf}$  y  $r_{rr}$  se necesitan en sistemas donde pueda darse la retransmisión de paquetes, lo que puede ocurrir por diversos motivos. Uno de ellos, de particular importancia para el enlace de retorno, es la utilización de protocolos de acceso aleatorio como «slotted ALOHA». Con tales protocolos es posible que haya colisiones entre paquetes en el receptor, lo que impide la correcta recepción de los paquetes deseados. Por consiguiente, es necesario retransmitir los paquetes perdidos. Otro posible motivo de la retransmisión de un paquete es que no se reciba tal paquete por problemas de propagación, como la obstrucción de la antena de la AES o el desvanecimiento. Para determinar los valores de  $r_{rf}$  y  $r_{rr}$  se ha de realizar un cuidadoso análisis a partir de las características del sistema del SMA(R)S específico y que puede depender de las estadísticas de tráfico durante las horas punta. Por tanto, no se pueden facilitar valores de aplicación general, y será necesario analizar detalladamente y explicar los valores propuestos.

El ancho de banda necesario por haz y GES ( $SRd_g$ ) puede calcularse de la siguiente manera:

$SRd_g$  se determina multiplicando el ancho de banda atribuida a cada tipo de portadora ( $Ddi$ ) y el número necesario de portadoras mediante la acumulación de todos los tipos de portadoras:

$$BWd_{ig} = Nd_{ig} \times Ddi \text{ (kHz)} \quad (25)$$

donde:

$BWd_{ig}$ : ancho de banda calculado para un tipo de portadora específico (i)

$Ddi$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de portadora de datos en kHz.

$$SRd_g = \Sigma (BWd_{ig}) + SRxi_g \quad (26)$$

donde:

$\Sigma (BWd_{ig})$ : es la suma del ancho de banda de cada tipo de portadora de datos

$SRxi_g$ : requisito de espectro de las portadoras de control de la red por GES (por ejemplo, portadoras piloto).

Así, el requisito total de espectro de las portadoras de datos en un haz ( $SRd$ ) puede calcularse como:

$$SRd = \Sigma (SRd_g) \quad (27)$$

donde  $\Sigma (SRd_g)$  es la suma del ancho de banda de cada GES.

NOTA 2 – En este contexto es posible calcular por separado los requisitos de los enlaces de ida y de vuelta, es decir,  $SRdf$  y  $SRdr$ , pues las características y la carga de tráfico de los enlaces son diferentes.

## 4.2 Comunicación con conmutación de circuitos

La comunicación con conmutación de circuitos suele utilizarse para los servicios de voz, pero también puede utilizarse para algunas aplicaciones de datos, como la RDSI. El número de circuitos necesarios para las comunicaciones con conmutación de circuitos ( $Nv$ ) puede obtenerse con la fórmula Erlang-B para satisfacer  $V_{bgj}$  (Erlang). El método para obtener el número de circuitos se describe detalladamente

en el § 7.5 del Manual «Teletraffic Engineering» de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D de enero de 2005<sup>2</sup>.

El objetivo de la teoría de tráfico Erlang es determinar cuántos elementos de servicio han de facilitarse para alcanzar el grado de servicio (GoS) especificado. Por ejemplo, en un sistema donde no hay puesta en cola, el GoS puede ser que no se bloquee (es decir, rechace) más de 1 llamada entre 100 debido a que estén en uso todos los circuitos (GoS de 0,01), lo que se convierte en la probabilidad objetivo del bloqueo de llamadas,  $P_b$ , al utilizar la fórmula Erlang-B. La norma de la OACI relativa al grado de servicio se encuentra en el Anexo 10 al Convenio de Aviación Civil Internacional, Volumen III, 4.6.5.1.3.1, y establece que el sistema dispondrá de recursos de canal de tráfico vocal suficientes de manera que la probabilidad de bloqueo de una llamada de voz del SMA(R)S originada por una AES o una GES presentada al sistema no será superior a  $10^{-2}$ .

En algunas redes de satélites existentes se suele atribuir un número mínimo determinado de canales,  $Nvg_{min}$ , a cada GES de un determinado haz. Para cada tipo de portadora de voz, el número necesario de canales se calcula con la fórmula Erlang B para un determinado grado de servicio (GoS). Se toma el número más alto, es decir:

$$Nvi_g = \max (Nvi_{min}, Nvi_{Erl-Bcal}) \quad (28)$$

donde:

- $Nvi_{min}$ : número mínimo de canales por GES necesario para cada tipo de portadora de voz
- $Nvi_{Erl-Bcal}$ : número de canales según los cálculos de la fórmula Erlang-B para cada tipo de portadora de voz, como función de  $V_{bgj}$ .

Cuando el volumen de tráfico es muy bajo, es necesario facilitar un número mínimo de canales por GES para cada tipo de portadora de voz. Sin embargo, será necesario determinar cuidadosamente ese número a fin de no aumentar el número de canales y, así, elevar innecesariamente las necesidades de espectro.

El ancho de banda necesario ( $SRv$ ) puede calcularse multiplicando el ancho de banda atribuido por tipo de portadora de voz ( $Dvi$ ) por el número de canales de voz necesarios, y sumando entonces los valores de ancho de banda necesario de todos los tipos de portadora de voz.

$$BW_{vi,g} = Nvi_g \times Dvi \text{ (kHz)} \quad (29)$$

donde:

- $BW_{vi,g}$ : espectro necesario para un tipo de portadora específico en kHz
- $Nvi$ : número de portadoras de tipo ( $i$ )
- $Dvi$ : ancho de banda por tipo de portadora de voz ( $i$ ) en kHz.

Las necesidades totales de espectro de las portadoras de voz en un haz ( $SRv$ ) pueden calcularse con:

$$SRv = \sum_{(i=1 \text{ to } n)} \sum_{(g=1 \text{ to } m)} (BW_{vi,g}) \quad (30)$$

donde:

- $n$ : número total de tipos de portadora soportados
- $m$ : número total de GES en un haz.

---

<sup>2</sup> Comisión de Estudio 2 del UIT-D, Cuestión 16/2, Manual «Teletraffic Engineering», Ginebra, enero de 2005. La primera edición del Manual «Teletraffic Engineering» se publicó conjuntamente por la UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones y el ITC, International Teletraffic Congress, <http://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Pages/Publications.aspx>.



En general, las necesidades de espectro para la voz con conmutación de circuitos suelen ser idénticas en sentido de ida y en sentido de vuelta.

### 4.3 Servicios de seguridad de banda ancha

Los servicios de seguridad de banda ancha del SMA(R)S están en fase de desarrollo. La aplicabilidad de esta cláusula dependerá de la finalización del examen de este servicio que realice la OACI. Las características de los servicios de seguridad de banda ancha pueden ser fundamentalmente distintas de las de los servicios aeronáuticos tradicionales, pues las llamadas o «sesiones» podrán compartir simultáneamente el mismo canal, contrariamente a lo que ocurre en los actuales servicios de voz del SMA(R)S, donde en cada canal sólo puede haber una llamada. El sistema de seguridad en banda ancha permitirá esta compartición atribuyendo intervalos de tiempo exclusivos que definan el acceso al canal para cada sesión solicitada. Así, varias sesiones simultáneas pueden compartir el mismo canal (en función de su capacidad inherente) sin conflicto.

La compartición del canal es posible gracias a que el intervalo de tiempo atribuido suele durar entre 5 y 20 milisegundos y depende del tipo de servicio. Los intervalos atribuidos deben ser lo suficientemente largos y frecuentes para facilitar el caudal de datos o las velocidades binarias necesarios.

Los servicios de seguridad de banda ancha pueden ofrecer una capacidad mayor que los actuales servicios del SMA(R)S, lo que implica que se pueden llevar a cabo más sesiones en el mismo bloque de espectro a cambio de aumentar la complejidad del diseño de la carga útil del satélite, los terminales y los sistemas que gestionan los servicios de seguridad de banda ancha.

Dentro de los servicios de seguridad de banda ancha se ofrecerán los siguientes servicios.

#### *Servicios con conmutación de circuitos (CS)*

- 1) Voz con conmutación de circuitos para comunicaciones de voz únicamente
- 2) Servicio RDSI con conmutación de circuitos para comunicaciones de voz y algunas comunicaciones de datos

El ancho de banda y la duración del intervalo necesario para el tráfico con conmutación de circuitos son fijos y dependen del tipo específico de AES.

#### *Servicios con conmutación de paquetes*

- 3) Servicio IP (protocolo Internet) de difusión en directo con velocidades de datos de usuario garantizadas

En las mismas condiciones de enlace, la velocidad de datos máxima ofrecida al usuario se basa en el tipo de terminal AES. La ocupación del canal se controla dinámicamente a fin de facilitar los datos necesarios en todo momento.

- 4) Servicio IP normalizado, también conocido como IP básico, con velocidades de datos en función de la capacidad disponible en un canal

El servicio IP normalizado intentará llenar lo más posible el canal atribuido, lo que implica que las velocidades de datos de cresta podrán ser superiores a las del IP de difusión en directo, pero no estarán garantizadas. Todos los servicios anteriores se utilizarán para transportar comunicaciones del SMA(R)S con prioridad 1 a 6 según las categorías del Artículo 44 del RR. El método presentado en esta cláusula supone que todo el tráfico considerado es de comunicaciones del SMA(R)S con prioridad 1 a 6 y que ese tráfico no está mezclado con tráfico de menor prioridad o tráfico ajeno al SMA(R)S.

Normalmente la carga útil del satélite se divide en una serie de portadoras (de 200 kHz, por ejemplo) que contienen una o más subportadoras utilizadas para la señalización o el transporte del tráfico de

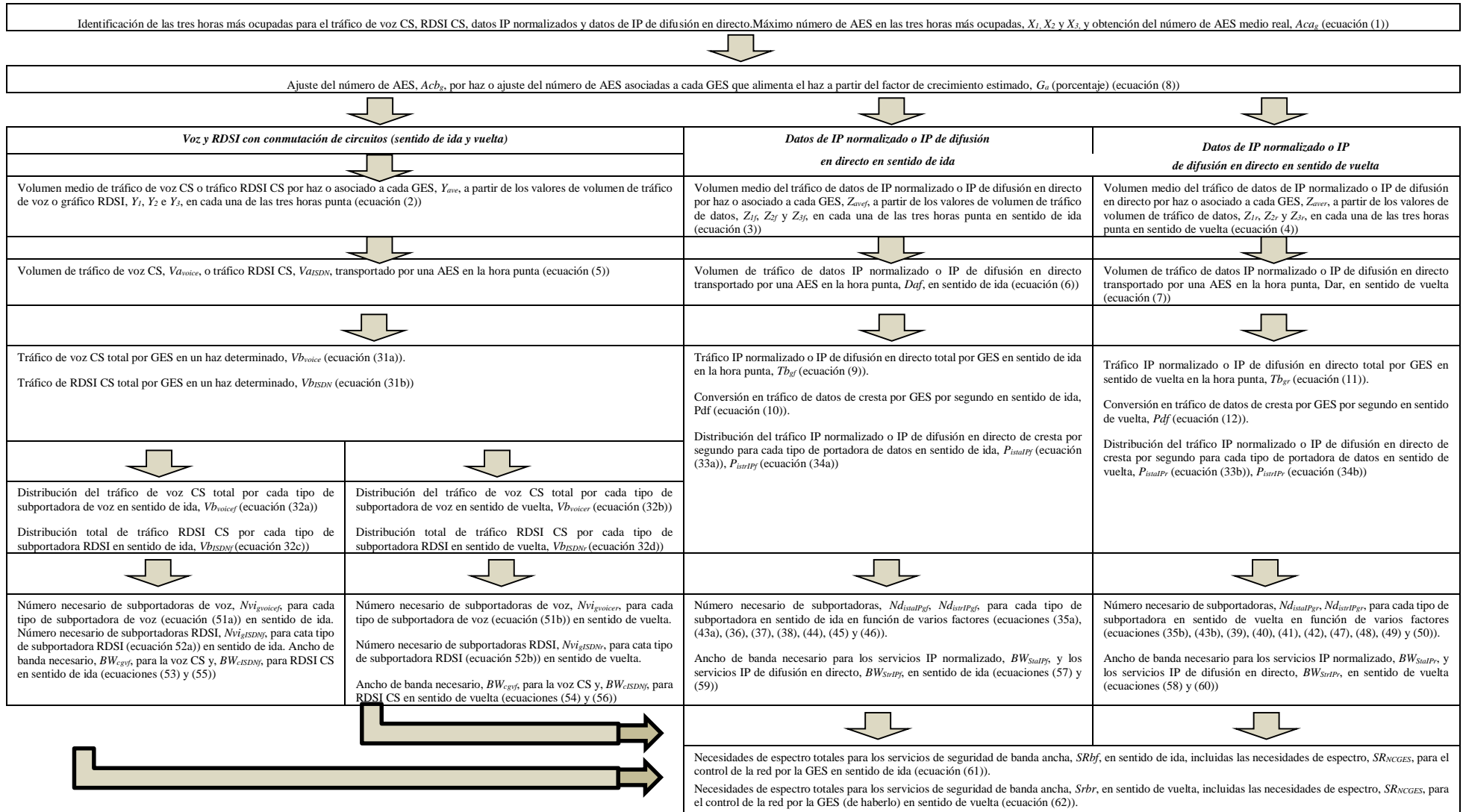
seguridad de banda ancha. Las portadoras de transporte de tráfico pueden asumir una serie de sesiones de uno o más usuarios y de uno o más de los distintos tipos de servicio enumerados antes. Como mínimo, se atribuye una portadora a cada haz estrecho de satélite y se atribuye una portadora adicional a un haz cuando la capacidad de portadora se llena como resultado de las demandas de tráfico, en función de la disponibilidad. La capacidad disponible para ofrecer servicios de seguridad es bidimensional y no sólo se ha de considerar el dominio de frecuencia, sino también el dominio temporal.

Los servicios de seguridad de banda ancha utilizarán distintas duraciones de trama/ráfaga, esquemas de modulación y velocidades de codificación en función del tipo de servicio y de las condiciones del enlace.

Dado que los servicios de seguridad de banda ancha tienen características distintas, es necesario modificar en cierta medida la metodología general de los §§ 4.1 y 4.2 anteriores. La metodología para estos servicios se muestra en la Fig. 2 y se describe en las subcláusulas siguientes.

FIGURA 2

Gráfico ilustrativo del método para calcular las necesidades de espectro del SMA(R)S para los servicios de seguridad de banda ancha



#### 4.3.1 Estimación del número de AES y del volumen de tráfico por AES que se ha de manejar

La metodología expuesta en el § 2 para estimar el número de AES y el volumen de tráfico que ha de manejar cada AES también es aplicable a los diversos tipos de servicios que se consideran dentro de los servicios de seguridad de banda ancha (ecuaciones (1) a (8)).

La ecuación (5) para estimar el volumen de tráfico de voz vale tanto para los servicios de voz con conmutación de circuitos como para los servicios RDSI con conmutación de circuitos. Del mismo modo, las ecuaciones (6) y (7) para estimar el tráfico de datos de paquetes en sentido de ida y vuelta respectivamente también valen para los servicios de datos IP de difusión en directo e IP normalizados en sentido de ida y de vuelta.

#### 4.3.2 Cálculo de los volúmenes de tráfico de voz con conmutación de circuitos y RDSI

El tráfico de voz con conmutación de circuitos total por GES en un determinado haz,  $Vb_{gvoice}$ , en Erlangs, puede obtenerse con:

$$Vb_{gvoice} = (Va_{voice} \times ACb_{gv})/60 \quad (31a)$$

donde  $Va_{voice}$  es el tráfico de voz medio en minutos basado en la ecuación (5) y  $ACb_{gv}$  es número ajustado de AES por haz o el número ajustado de AES asociadas a cada GES que alimenta el haz para el tráfico de voz con conmutación de circuitos.

El tráfico RDSI con conmutación de circuitos total por GES en un determinado haz,  $Vb_{gISDN}$ , en Erlangs, puede obtenerse con:

$$Vb_{gISDN} = (Va_{ISDN} \times ACb_{gISDN})/60 \quad (31b)$$

donde  $Va_{ISDN}$  es el tráfico de voz medio en minutos basado en la ecuación (5) y  $ACb_{gISDN}$  es el número ajustado de AES por haz o el número ajustado de AES asociadas a cada GES que alimenta el haz para el tráfico RDSI con conmutación de circuitos.

Se asume que el 100% del tráfico de voz con conmutación de circuitos o RDSI con conmutación de circuitos total se utiliza en cada sentido de manera semejante a como lo hacen los servicios de voz del SMA(R)S clásicos.

El tráfico de voz con conmutación de circuitos total,  $Vb_{gvoicejf}$ , para el tipo de subportadora de voz ( $j$ ) en sentido de ida puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$Vb_{gvoicejf} = brv_{jf} \times Vb_{gvoice} \quad (32a)$$

donde:

$brv_{jf}$ : relación entre el volumen de tráfico para el tipo de subportadora de voz ( $j$ ) y el volumen total de tráfico de voz con conmutación de circuitos en sentido de ida.

El tráfico de voz con conmutación de circuitos total,  $Vb_{gvoicejr}$ , para el tipo de subportadora ( $j$ ) en el sentido de vuelta puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$Vb_{gvoicejr} = brv_{jr} \times Vb_{gvoice} \quad (32b)$$

donde:

$brv_{jr}$ : relación entre el volumen de tráfico para el tipo de subportadora de voz ( $j$ ) y el volumen total de tráfico de voz con conmutación de circuitos en sentido de vuelta.

El tráfico RDSI con conmutación de circuitos total,  $Vb_{gISDNjf}$ , para el tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) en sentido de ida puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$Vb_{gISDNjf} = br_{ISDNjf} \times Vb_{gISDN} \quad (32c)$$

donde:

$br_{ISDNjf}$ : relación entre el volumen de tráfico para el tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) y el volumen total de tráfico RDSI con conmutación de circuitos en sentido de ida.

El tráfico RDSI con conmutación de circuitos total,  $Vb_{gISDNjr}$ , para el tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) en sentido de vuelta puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$Vb_{gISDNjr} = br_{ISDNjr} \times Vb_{gISDN} \quad (32d)$$

donde:

$br_{ISDNjr}$ : relación entre el volumen de tráfico para el tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) y el volumen total de tráfico RDSI con conmutación de circuitos en sentido de vuelta.

### 4.3.3 Cálculo de los volúmenes de tráfico de datos IP de difusión en directo y de datos IP normalizado

Parte de la metodología expuesta en el § 3.1 es aplicable también a los tipos de servicio IP de difusión continua e IP normalizado para el cálculo de los volúmenes de tráfico (ecuaciones (9) a (12)). Sin embargo, a fin de facilitar la comprensión y la aplicación, se repiten a continuación las ecuaciones con las notaciones específicas para los servicios IP de difusión en directo e IP normalizado en sentido de ida y de vuelta.

#### Volumen de tráfico de datos IP normalizado

Dado que el tráfico IP normalizado de seguridad en banda ancha se transporta por subportadoras de distintos tipos, la velocidad de datos de información de cresta por haz en sentido de ida y de vuelta puede obtenerse, para cada tipo de subportadora, con la siguiente ecuación:

$$Pd_{kStdIPf} = brd_{kStdIP} \times Pd_{StdIPf} \quad (33a)$$

$$Pd_{kStdIPr} = brd_{kStdIP} \times Pd_{StdIPr} \quad (33b)$$

donde:

$Pd_{StdIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP normalizado en sentido de ida

$Pd_{StdIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP normalizado en sentido de vuelta

$Pd_{kStdIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo de subportadora específico para el tráfico IP normalizado en sentido de ida

$Pd_{kStdIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo de subportadora específico para el tráfico IP normalizado en sentido de vuelta

$brd_{kStdIP}$ : relación de tipo de subportadora de datos IP normalizado ( $k$ ).

En este caso,  $brd_{kStdIP}$  será la relación entre el volumen de tráfico IP normalizado asociado al tipo de subportadora ( $k$ ) y el volumen de tráfico de datos IP normalizado total ( $Tb_{StdIP}$ ).

#### Volumen de tráfico de datos IP de difusión en directo

Dado que el tráfico IP de difusión en directo de seguridad en banda ancha se transporta por subportadoras de distintos tipos, la velocidad de datos de información de cresta por haz en sentido de ida y de vuelta puede obtenerse, para cada tipo de subportadora, con la siguiente ecuación:

$$Pd_{kStrIPf} = brd_{kStrIP} \times Pd_{StrIPf} \quad (34a)$$

$$Pd_{kStrIPr} = brd_{kStrIP} \times Pd_{StrIPr} \quad (34b)$$

donde:

$Pd_{StrIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de ida

$Pd_{StdIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de vuelta

$Pd_{kStrIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo de subportadora específico para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de ida

$Pd_{kStrIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo de subportadora específico para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de vuelta

$brd_{kStrIP}$ : relación de tipo de subportadora de datos IP de difusión en directo.

En este caso,  $brd_{kStrIP}$  será la relación entre el volumen de tráfico IP de difusión en directo asociado al tipo de subportadora ( $k$ ) y el volumen de tráfico de datos IP de difusión en directo total ( $Tb_{StrIP}$ ).

#### 4.3.4 Cálculo del número necesario de subportadoras para los tipos de servicio IP normalizado e IP de difusión directa

También en este caso, a fin de facilitar la comprensión y la aplicación, se repiten las descripciones y las ecuaciones para calcular el número necesario de subportadoras con las notaciones específicas para los servicios IP de difusión directa e IP normalizado en sentido de ida y de vuelta.

##### Tráfico IP normalizado

El número necesario de subportadoras especificadas por haz y GES ( $Nd_{kStdIPgf}$ ) en sentido de ida y ( $Nd_{kStdIPgr}$ ) en sentido de vuelta puede calcularse con las siguientes fórmulas:

$$Nd_{kStdIPgf} = \text{Roundup}(Pd_{kStdIPf}/Cd_{kStdIPf}) \quad (35a)$$

$$Nd_{kStdIPgr} = \text{Roundup}(Pd_{kStdIPr}/Cd_{kStdIPr}) \quad (35b)$$

donde:

$Pd_{kStdIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora  $k$  (kbit/s) en sentido de ida

$Pd_{kStdIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora  $k$  (kbit/s) en sentido de vuelta

$Cd_{kStdIPf}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos normalizadas, en kbit/s, habida cuenta de la tara del canal y de otros factores pertinentes en sentido de ida

$Cd_{kStdIPr}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos normalizadas, en kbit/s, habida cuenta de la tara del canal y de otros factores pertinentes en sentido de vuelta.

A continuación se presenta otro método para calcular  $Cd_{kStdIPf}$  y  $Cd_{kStdIPr}$ .

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{kf}$ ) disponible para entregar los datos del servicio IP normalizado en sentido de ida puede determinarse a partir de las siguientes ecuaciones:

$$R_{iracf} = (R_{Tk} - R_{uw} - R_{pi}) \quad (36)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (37)$$

$$Cd_{kStdIPf} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (38)$$

donde:

- $R_{Tk}$ : velocidad de transmisión de subportadora (kbit/s)
- $R_{uw}$ : velocidad binaria de palabra única (kbits/s)
- $R_{pi}$ : velocidad binaria piloto (kbit/s)
- $R_{iracf}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de ida (kbit/s)
- $R_{irbcf}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de ida (kbit/s)
- $CR$ : velocidad de codificación de corrección de errores en recepción (FEC) (relación numérica)
- $r_{rf}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento o la interferencia (valor entre 0 y 1) en sentido de ida.

Corresponderá al operador del sistema determinar los valores para los parámetros y relaciones anteriores. Estos valores se facilitarán con justificaciones técnicas suficientes.

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{kStdIPr}$ ) disponible para la entrega de datos del servicio IP normalizado en sentido de vuelta puede determinarse a partir de las ecuaciones siguientes:

$$R_{iracr} = (R_{Tk} - R_{gr} - R_{uw}) \quad (39)$$

$$R_{irbcr-weuw} = R_{iracr} \times CR \quad (40)$$

$$R_{irbcr} = R_{irbcr-weuw} - R_{euw} \quad (41)$$

$$Cd_{kStdIPr} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (42)$$

donde:

- $R_{Tk}$ : velocidad de transmisión de subportadora (kbit/s)
- $R_{gr}$ : velocidad binaria de tiempo de guarda y tiempo CW de rampa ascendente (kbits/s)
- $R_{uw}$ : velocidad binaria de palabra única (kbits/s)
- $R_{iracr}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)
- $R_{irbcr-weuw}$ : velocidad de información antes de la codificación con palabra única incorporada en sentido de vuelta (kbit/s)
- $R_{irbcr}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)
- $CR$ : velocidad de codificación de FEC (relación numérica)
- $R_{euw}$ : velocidad binaria de UW incorporada (kbit/s)
- $r_{rr}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento, la interferencia, colisiones (valor entre 0 y 1) en sentido de vuelta.

Corresponderá al operador del sistema determinar los valores para los parámetros y relaciones anteriores. Estos valores se facilitarán con justificaciones técnicas suficientes.

NOTA – Los elementos anteriores están normalizados con respecto a la duración del intervalo o la duración de la ráfaga a fin de mantener la coherencia con los demás parámetros en términos de unidades (kbit/s).

### Tráfico IP de difusión en directo

El número necesario de subportadoras especificadas por haz y GES ( $Nd_{kStrIPgf}$ ) en sentido de ida y ( $Nd_{kStdIPgr}$ ) en sentido de vuelta puede calcularse con las siguientes fórmulas:

$$Nd_{kStrIPgf} = \text{Roundup}(Pd_{kStrIPf}/Cd_{kStrIPf}) \quad (43a)$$

$$Nd_{kStrIPgr} = \text{Roundup}(Pd_{kStrIPr}/Cd_{kStrIPr}) \quad (43b)$$

donde:

- $Pd_{kStrIPf}$ : velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar la subportadora de tipo  $k$  (kbit/s) en sentido de ida
- $Pd_{kStrIPr}$ : velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar la subportadora de tipo  $k$  (kbit/s) en sentido de vuelta
- $Cd_{kStrIPf}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos normalizadas, en kbit/s, habida cuenta de la tara del canal y de otros factores pertinentes en sentido de ida
- $Cd_{kStrIPr}$ : velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos normalizadas, en kbit/s, habida cuenta de la tara del canal y de otros factores pertinentes en sentido de vuelta.

A continuación se presenta un método para calcular  $Cd_{kStrIPf}$  y  $Cd_{kStrIPr}$ .

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{kf}$ ) disponible para entregar los datos del servicio IP normalizado en sentido de ida puede determinarse a partir de las siguientes ecuaciones:

$$R_{iracf} = (R_{Tk} - R_{uw} - R_{pi}) \quad (44)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (45)$$

$$Cd_{kStdIPf} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (46)$$

donde:

- $R_{Tk}$ : velocidad de transmisión de subportadora (kbit/s)
- $R_{uw}$ : velocidad binaria de palabra única (kbits/s)
- $R_{pi}$ : velocidad binaria piloto (kbit/s)
- $R_{iracf}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de ida (kbit/s)
- $R_{irbcf}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de ida (kbit/s)
- $CR$ : velocidad de codificación de corrección de errores en recepción (FEC) (relación numérica)
- $r_{rf}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento o la interferencia (valor entre 0 y 1) en sentido de ida.

Corresponderá al operador del sistema determinar los valores para los parámetros y relaciones anteriores. Estos valores se facilitarán con justificaciones técnicas suficientes.

La velocidad de transmisión de portadora efectiva ( $Cd_{kStrIPr}$ ) disponible para la entrega de datos del servicio IP normalizado en sentido de vuelta puede determinarse a partir de las ecuaciones siguientes:

$$R_{iracr} = (R_{Tk} - R_{gr} - R_{uw}) \quad (47)$$

$$R_{irbcr-weuw} = R_{iracr} \times CR \quad (48)$$

$$R_{irbcr} = R_{irbcr-weuw} - R_{euw} \quad (49)$$

$$Cd_{kStdIPr} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (50)$$



donde:

- $R_{Tk}$ : velocidad de transmisión de subportadora (kbit/s)
- $R_{gr}$ : velocidad binaria de tiempo de guarda y tiempo CW de rampa ascendente (kbits/s)
- $R_{uw}$ : velocidad binaria de palabra única (kbits/s)
- $R_{iracr}$ : velocidad de información tras la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)
- $R_{irbcr-ueuw}$ : velocidad de información antes de la codificación con palabra única incorporada en sentido de vuelta (kbit/s)
- $R_{irbcr}$ : velocidad de información antes de la codificación en sentido de vuelta (kbit/s)
- $CR$ : velocidad de codificación de FEC (relación numérica)
- $R_{euw}$ : velocidad binaria de UW incorporada (kbit/s)
- $r_{rr}$ : relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento, la interferencia, colisiones (valor entre 0 y 1) en sentido de vuelta.

Corresponderá al operador del sistema determinar los valores para los parámetros y relaciones anteriores. Estos valores se facilitarán con justificaciones técnicas suficientes.

NOTA – Los elementos anteriores están normalizados con respecto a la duración del intervalo o la duración de la ráfaga a fin de mantener la coherencia con los demás parámetros en términos de unidades (kbit/s).

#### 4.3.5 Cálculo del número necesario de subportadoras para los servicios de voz y RDSI con conmutación de circuitos

Se propone aquí utilizar la fórmula Erlang-B descrita en el § 4.2 para calcular el número de subportadoras necesarias para soportar el tráfico de voz y RDSI con conmutación de circuitos en sentido de ida y de vuelta.

##### Tráfico de voz con conmutación de circuitos (CS)

El número de portadoras de voz necesarias para transportar el tráfico de voz CS en sentido de ida se calcula con:

$$N_{vi_{gvoicef}} = \max (N_{vi_{voice\_min\ gf}}, N_{vi_{voice\ Erl-Bcalf}}) \quad (51a)$$

donde:

- $N_{vi_{voice\_min\ gf}}$ : número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora de voz en sentido de ida
- $N_{vi_{voice\ Erl-Bcalf}}$ : número de subportadoras según el cálculo de la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora de voz, como función de  $Vb_{gvoicef}$ , en sentido de ida.

El número de subportadoras de voz necesarias para transportar el tráfico de voz CS en sentido de vuelta se calcula con:

$$N_{vi_{gvoicer}} = \max (N_{vi_{voice\_min\ gr}}, N_{vi_{voice\ Erl-Bcalr}}) \quad (51b)$$

donde:

- $N_{vi_{voice\_min\ gr}}$ : número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora de voz en sentido de vuelta
- $N_{vi_{voice\ Erl-Bcalr}}$ : número de subportadoras según el cálculo de la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora de voz, como función de  $Vb_{gvoicejr}$ , en sentido de vuelta.

##### Tráfico RDSI con conmutación de circuitos (CS)

El número de subportadoras RDSI necesarias para transportar el tráfico RDSI CS en sentido de ida:

$$Nv_{igISDNf} = \max (Nv_{iSDN\_min\ gr}, Nv_{iSDN\ Erl-Bcalf}) \quad (52a)$$

donde:

$Nv_{iSDN\_min\ gr}$ : número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de ida

$Nv_{iSDN\ Erl-Bcalf}$ : número de subportadoras según el cálculo de la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora RDSI, como función de  $Vb_{gISDNjf}$ , en sentido de ida.

El número de subportadoras RDSI necesarias para transportar el tráfico RDSI CS en sentido de vuelta:

$$Nv_{igISDNr} = \max (Nv_{iSDN\_min\ gr}, Nv_{iSDN\ Erl-Bcalr}) \quad (52b)$$

donde:

$Nv_{iSDN\_min\ gr}$ : número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de vuelta

$Nv_{iSDN\ Erl-Bcalr}$ : número de subportadoras según el cálculo de la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora RDSI, como función de  $Vb_{gISDNjr}$ , en sentido de vuelta.

#### 4.3.6 Cálculo del ancho de banda necesario para las distintas subportadoras y necesidades globales de espectro para los servicios de seguridad de banda ancha

El ancho de banda atribuido a las diversas subportadoras depende del esquema de modulación, la velocidad de codificación y el tipo de terminal. Las distintas subportadoras dentro de cada portadora transportan diferentes tipos de tráfico – una mezcla de voz con conmutación de circuitos, RDSI, IP de difusión en directo e IP básico – cada uno de ellos con anchos de banda distintos.

El ancho de banda necesario para cada tipo de subportadora se evalúa por separado tanto en sentido de ida como en sentido de vuelta y posteriormente se adicionan las necesidades de ancho de banda para los servicios de voz con conmutación de circuitos, RDSI con conmutación de circuitos, IP normalizado e IP de difusión en directo.

##### 4.3.6.1 Necesidades de ancho de banda para los servicios de voz con conmutación de circuitos

En sentido de ida:

$$BW_{CS-voicef} = \sum Nv_{igvoicef} \times Dd_{CS-voicef} \quad (53)$$

donde:

$Dd_{CS-voicef}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora de voz ( $i$ ) en sentido de ida en kHz

$Nv_{igvoicef}$ : Número de subportadoras necesarias para el servicio de voz CS en sentido de ida.

En sentido de vuelta:

$$BW_{CS-voicer} = \sum Nv_{igvoicer} \times Dd_{CS-voicer} \quad (54)$$

donde:

$Dd_{CS-voicer}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora de voz ( $i$ ) en sentido de vuelta en kHz

$Nv_{igvoicer}$ : Número de subportadoras necesarias para el servicio de voz CS en sentido de vuelta.

##### 4.3.6.2 Necesidades de ancho de banda para los servicios RDSI con conmutación de circuitos

En sentido de ida:

$$BW_{CS-ISDNf} = \sum Nv_{igISDNf} \times Dd_{CS-ISDNf} \quad (55)$$

donde:

$Dd_{CS-ISDNif}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora RDSI ( $i$ ) en sentido de ida en kHz

$Nv_{igISDNf}$ : número de subportadoras necesarias para el servicio RDSI CS en sentido de ida.

En sentido de vuelta:

$$BW_{CS-ISDNr} = \sum Nv_{igISDNr} \times Dd_{CS-ISDNr} \quad (56)$$

donde:

$Dd_{CS-ISDNir}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora RDSI ( $i$ ) en sentido de vuelta en kHz

$Nv_{igISDNr}$ : número de subportadoras necesarias para el servicio RDSI CS en sentido de vuelta.

#### 4.3.6.3 Necesidades de ancho de banda de los servicios IP normalizado

En sentido de ida:

$$BW_{StdIPf} = \sum Nd_{kgStdIPgf} \times Dd_{StdIPkf} \quad (57)$$

donde:

$Dd_{StdIPkf}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP normalizado ( $k$ ) en sentido de ida en kHz

$Nd_{kgStdIPgf}$ : Número de subportadoras necesarias para el servicio IP normalizado en sentido de ida.

En sentido de vuelta:

$$BW_{StdIPr} = \sum Nd_{kgStdIPgr} \times Dd_{StdIPkr} \quad (58)$$

donde:

$Dd_{StdIPkr}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP normalizado ( $k$ ) en sentido de vuelta en kHz

$Nd_{kgStdIPgr}$ : Número de subportadoras necesarias para el servicio IP normalizado en sentido de vuelta.

#### 4.3.6.4 Necesidades de ancho de banda para los servicios IP de difusión en directo

En sentido de ida:

$$BW_{StrIPf} = \sum Nd_{kgStrIPgf} \times Dd_{StrIPkf} \quad (59)$$

donde:

$Dd_{StrIPkf}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP de difusión en directo ( $k$ ) en sentido de ida en kHz

$Nd_{kgStrIPgf}$ : número de subportadoras necesarias para el servicio IP de difusión en directo en sentido de ida.

En sentido de vuelta:

$$BW_{StrIPr} = \sum Nd_{kgStrIPgr} \times Dd_{StrIPkr} \quad (60)$$

donde:

$Dd_{StrIPkr}$ : ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP de difusión en directo ( $k$ ) en sentido de vuelta en kHz

$N_{kgStrIPgr}$ : número de subportadoras necesarias para el servicio IP de difusión en directo en sentido de vuelta.

#### 4.3.6.5 Necesidades globales de espectro en sentido de ida y de vuelta

Las necesidades totales de espectro de los servicios de seguridad de banda ancha,  $SRbf$ , en sentido de ida dependen del número de portadoras necesarias para abarcar el número de subportadoras requeridas y se calculan con la siguiente fórmula:

$$SRbf = \{\text{Roundup}((BW_{cs-voicef} + BW_{CS-ISDNf} + BW_{StdIPf} + BW_{StrIPf} + SR_{NCGESf})/Xf)\} \times Xf \quad (61)$$

donde:

$SR_{NCGESf}$ : necesidades de espectro para el control de red por la GES en kHz en sentido de ida

$Xf$ : ancho de banda de una portadora en sentido de ida (kHz).

Roundup ( $x$ ) es el valor de  $x$  redondeado al entero siguiente.

Las necesidades de espectro totales de los servicios de seguridad de banda ancha,  $SRbr$ , en sentido de vuelta dependen del número de portadoras necesarias para abarcar el número de subportadoras requeridas y se calcula con la siguiente fórmula:

$$SRbr = \{\text{Roundup}((BW_{cs-voicer} + BW_{CS-ISDNr} + BW_{StdIPr} + BW_{StrIPr} + SR_{NCGESr})/Xr)\} \times Xr \quad (62)$$

donde:

$SR_{NCGESr}$ : necesidades de espectro para el control de red por la GES (de haberlo) en kHz en sentido de vuelta

$Xr$ : ancho de banda de una portadora en sentido de vuelta (kHz).

Roundup ( $x$ ) es el valor de  $x$  redondeado al entero siguiente.

## 5 Necesidades de espectro para un haz de la red considerada

Las necesidades totales de espectro en sentido de ida y en sentido de vuelta por haz pueden obtenerse con las siguientes fórmulas:

$$SRf = SRdf + SRvf + SRbf \quad (63)$$

$$SRr = SRdr + SRvr + SRbr \quad (64)$$

donde:

$SRdf$ : espectro necesario para el tráfico de datos por haz en sentido de ida

$SRvf$ : espectro necesario para el tráfico de voz por haz en sentido de ida

$SRbf$ : espectro necesario para el tráfico de seguridad de banda ancha por haz en sentido de ida

$SRdr$ : espectro necesario para el tráfico de datos por haz en sentido de vuelta

$SRvr$ : espectro necesario para el tráfico de voz por haz en sentido de vuelta

$SRbr$ : espectro necesario para el tráfico de seguridad de banda ancha por haz en sentido de vuelta

$SRf$ : espectro de ida necesario por haz

$SRr$ : espectro de vuelta necesario por haz.

En las negociaciones de coordinación de frecuencias, el espectro asignado a cada haz deberá tener en cuenta otras limitaciones, como las que impone la canalización del transpondedor de satélite.

## 6 Ejemplos de cálculos

En el Adjunto 2 pueden encontrarse ejemplos de cálculos realizados con la metodología expuesta.

### Adjunto 1 al Anexo 1

#### Parámetros utilizados en la metodología

CUADRO A1

#### Parámetros utilizados en la metodología del Anexo 1

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$ACa_g$	Número real de AES por haz asociadas a una determinada GES	Número
$X_1, X_2, X_3$	Número de AES en cada una de las tres horas más ocupadas que generan el mayor tráfico de voz o datos en un año determinado	Número
$G_a$	Crecimiento estimado del número de aeronaves durante el año en cuestión, en porcentaje	%
$ACb_g$	Número ajustado de AES por haz asociadas a una determinada GES	Número
$Y_1, Y_2, Y_3$	Valores de los volúmenes de tráfico de voz en cada una de las tres horas punta correspondientes a $X_1, X_2, X_3$	Minutos
$Y_{ave}$	Volumen medio de tráfico de voz por GES en un determinado haz en la hora punta	Minutos
$Z_{1f}, Z_{2f}, Z_{3f}$	Valores de los volúmenes de tráfico de datos en sentido de ida en cada una de las tres horas punta correspondientes a $X_1, X_2, X_3$	kbit
$Z_{avef}$	Volumen medio de tráfico de datos por GES en un determinado haz en la hora punta en sentido de ida	kbit
$Z_{1r}, Z_{2r}, Z_{3r}$	Valores de los volúmenes de tráfico de datos en sentido de vuelta en cada una de las tres horas correspondientes a $X_1, X_2, X_3$	kbit
$Z_{aver}$	Volumen medio de tráfico de datos por GES en un determinado haz en la hora punta en sentido de vuelta	kbit
$V_a$	Volumen de tráfico de voz transportado por una AES en la hora punta	Minutos
$D_{af}$	Volumen de tráfico de datos transportado por una AES en sentido de ida en la hora punta	kbit
$D_{ar}$	Volumen de tráfico de datos transportado por una AES en sentido de vuelta en la hora punta	kbit
$T_{b_{gf}}$	Tráfico de datos total por GES en un determinado haz en sentido de ida en la hora punta	kbit
$P_{df}$	Velocidad de datos de cresta necesaria por haz en sentido de ida	kbit/s
$h_s$	Factor de conversión de la velocidad de datos media en kbit/s en velocidad de datos de cresta en kbit/s	Número

CUADRO A1 (continuación)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$Tb_{gr}$	Tráfico de datos total por GES en un determinado haz en sentido de vuelta en la hora punta	kbit
$Pdr$	Velocidad de datos de cresta necesaria por haz en sentido de vuelta	kbit/s
$rd_i$	Relación de tipo de portadora de datos para los distintos tipos de portadoras de datos. Relación entre el volumen de tráfico de datos asociado a un tipo de portadora ( $i$ ) y el volumen de tráfico de datos total	Número
$Pd_{if}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz que ha de soportar en sentido de ida cada tipo de portadora	kbit/s
$Pd_{ir}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz que ha de soportar en sentido de vuelta cada tipo de portadora	kbit/s
$Vb_g$	Tráfico de voz total por GES en un determinado haz en la hora punta	Erlangs
$rv_j$	Relación de tipo de portadora de voz para los distintos tipos de portadoras de voz. Relación entre el volumen de tráfico del tipo de portadora de voz ( $j$ ) y el volumen de tráfico total	Número
$Cd_{if}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las portadoras de datos normalizadas habida cuenta de la tara de canal en sentido de ida	kbit/s
$Cd_{ir}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir, la capacidad de transmisión de las portadoras de datos normalizadas habida cuenta de la tara de canal en sentido de vuelta	kbit/s
$Nd_{igf}$	Número de circuitos especificados necesarios por haz por GES en sentido de ida	Entero
$Nd_{igr}$	Número de circuitos especificados necesarios por haz por GES en sentido de vuelta	Entero
$Nd_{ig}$	Número de circuitos especificados necesarios por haz por GES en cualquier sentido	Entero
$Nd_{imingf}$	Número mínimo de circuitos por GES necesarios para cada tipo de portadora de datos en sentido de ida	Entero
$Nd_{imingr}$	Número mínimo de circuitos por GES necesarios para cada tipo de portadora de datos en sentido de vuelta	Entero
$R_{Ti}$	Velocidad de transmisión de portadora	kbit/s
$R_d$	Velocidad binaria ficticia	kbit/s
$R_{frm}$	Velocidad multitrama y de identificación de formato	kbit/s
$R_f$	Velocidad de señalización de trama	kbit/s
$R_{iracf}$	Velocidad de información tras la codificación en sentido de ida	kbit/s
$R_{irbcf}$	Velocidad de información antes de la codificación en sentido de ida	kbit/s
$CR$	Relación de corrección de errores en recepción (relación numérica)	Número
$r_{rf}$	Relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento o la interferencia en sentido de ida (valor entre 0 y 1)	Número
$R_{uwf}$	Velocidad binaria de palabra única y de evacuación	kbit/s
$R_{iracr}$	Velocidad de información tras la codificación en sentido de vuelta	kbit/s

CUADRO A1 (continuación)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$R_{irbcr}$	Velocidad de información antes de la codificación en sentido de vuelta	kbit/s
$CR$	Relación de corrección de errores en recepción (relación numérica)	Número
$R_p$	Velocidad binaria de preámbulo	kbit/s
$r_{rr}$	Relación de retransmisiones debidas al desvanecimiento o la interferencia en sentido de vuelta (valor entre 0 y 1)	Número
$BWd_i$	Ancho de banda calculado para un tipo de portadora específico (i)	kHz
$Dd_i$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de portadora de datos	kHz
$SRxig$	Necesidades de espectro para el control de la red por la GES y etc.	kHz
$SRd_g$	Ancho de banda necesario por haz y por GES	kHz
$SRd$	Necesidades de espectro totales para las portadoras de datos de un haz	kHz
$Nv_{i\text{ming}}$	Número mínimo de canales por GES necesarios para cada tipo de portadora de voz	Entero
$Nv_{i\text{ Erl-Bcal}}$	Número de canales por GES de acuerdo con la fórmula Erlang-B para cada tipo de portadora de voz	Entero
$Nv_{ig}$	Número máximo de canales por GES necesarios para cada tipo de portadora de voz	Entero
$Dv_i$	Ancho de banda por tipo de portadora de voz	kHz
$Va_{\text{voice}}$	Volumen de tráfico de voz CS transportado por una AES en la hora punta	Minutos
$Va_{\text{ISDN}}$	Volumen de tráfico RDSI CS transportado por una AES en la hora punta	Minutos
$ACb_{gv}$	Número ajustado de AES por haz o número ajustado de AES asociadas a una GES que alimenta el haz para tráfico de voz con conmutación de circuitos	Número
$ACb_{g\text{ISDN}}$	Número ajustado de AES por haz o número ajustado de AES asociadas a una GES que alimenta el haz para tráfico RDSI	Número
$Vb_{g\text{voice}}$	Tráfico total de voz con conmutación de circuitos por GES en un haz determinado en la hora punta	Erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}}$	Tráfico total RDSI con conmutación de circuitos por GES en un haz determinado en la hora punta	Erlangs
$Vb_{g\text{voice}j}$	Tráfico total de voz con conmutación de circuitos por tipo de subportadora de voz (j) en sentido de ida	Erlangs
$Vb_{g\text{voice}j}$	Tráfico total de voz con conmutación de circuitos por tipo de subportadora de voz (j) en sentido de vuelta	Erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}j}$	Tráfico total RDSI con conmutación de circuitos por tipo de subportadora RDSI (j) en sentido de ida	Erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}j}$	Tráfico total RDSI con conmutación de circuitos por tipo de subportadora RDSI (j) en sentido de vuelta	Erlangs
$Br_{vj}$	Relación entre el volumen de tráfico por tipo de subportadora de voz (j) y el volumen total de tráfico de voz con conmutación de circuitos en sentido de ida	Número

CUADRO A1 (continuación)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$Br_{Vjr}$	Relación entre el volumen de tráfico por tipo de subportadora de voz ( $j$ ) y el volumen total de tráfico de voz con conmutación de circuitos en sentido de vuelta	Número
$br_{ISDNj}$	Relación entre el volumen de tráfico por tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) y el volumen total de tráfico RDSI con conmutación de circuitos en sentido de ida	Número
$br_{ISDNjr}$	Relación entre el volumen de tráfico por tipo de subportadora RDSI ( $j$ ) y el volumen total de tráfico RDSI con conmutación de circuitos en sentido de vuelta	Número
$Pd_{StdIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP normalizado en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{StdIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP normalizado en sentido de vuelta	kbit/s
$Pd_{kStdIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo específico de subportadora ( $k$ ) para el tráfico IP normalizado en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{kStdIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo específico de subportadora ( $k$ ) para el tráfico IP normalizado en sentido de vuelta	kbit/s
$br_{kStdIP}$	Relación de tipo de subportadora de datos IP normalizada ( $k$ )	Número
$Pd_{StrIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{StrIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de vuelta	kbit/s
$Pd_{kStrIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo específico de subportadora ( $k$ ) para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{kStrIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta por haz correspondiente a un tipo específico de subportadora ( $k$ ) para el tráfico IP de difusión en directo en sentido de vuelta	kbit/s
$br_{kStrIP}$	Relación de tipo de subportadora de datos IP de difusión en directo ( $k$ )	Número
$Tb_{StdIP}$	Volumen total de tráfico de datos IP normalizado	kbit
$Tb_{StrIP}$	Volumen total de tráfico de datos IP de difusión directa	kbit
$Nd_{kStdIPgf}$	Número de subportadoras IP normalizado especificadas necesarias por haz y GES en sentido de ida	Entero
$Nd_{kStdIPgr}$	Número de subportadoras IP normalizado especificadas necesarias por haz y GES en sentido de vuelta	Entero
$Pd_{kStdIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora IP normalizado $k$ en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{kStdIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora IP normalizado $k$ en sentido de vuelta	kbit/s
$Cd_{kStdIPf}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos IP normalizado habida cuenta de la tara de canal y otros factores pertinentes en sentido de ida	kbit/s



CUADRO A1 (continuación)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$Cd_{kStrIPr}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos IP normalizado habida cuenta de la tara de canal y otros factores pertinentes en sentido de vuelta	kbit/s
$Nd_{kStrIPgf}$	Número de subportadoras IP de difusión directa especificadas necesarias por haz y GES en sentido de ida	Entero
$Nd_{kStrIPgr}$	Número de subportadoras IP de difusión directa especificadas necesarias por haz y GES en sentido de vuelta	Entero
$Pd_{kStrIPf}$	Velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora IP de difusión directa ( $k$ ) en sentido de ida	kbit/s
$Pd_{kStrIPr}$	Velocidad de datos de información de cresta que ha de soportar el tipo de subportadora IP de difusión directa ( $k$ ) en sentido de vuelta	kbit/s
$Cd_{kStrIPf}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos IP de difusión directa habida cuenta de la tara de canal y de otros factores pertinentes en sentido de ida	kbit/s
$Cd_{kStrIPr}$	Velocidad de transmisión de información efectiva, es decir la capacidad de transmisión de las subportadoras de datos IP de difusión directa habida cuenta de la tara de canal y de otros factores pertinentes en sentido de vuelta	kbit/s
$R_{Tk}$	Velocidad de transmisión de subportadora	kbit/s
$R_{uw}$	Velocidad binaria de palabra única	kbit/s
$R_{pi}$	Velocidad binaria piloto	kbit/s
$R_{gr}$	Velocidad binaria de tiempo de guarda y tiempo CW de rampa ascendente	kbit/s
$R_{irber-weuw}$	Velocidad de información antes de la codificación con palabra única incorporada en sentido de vuelta	kbit/s
$R_{euw}$	Velocidad de palabra única incorporada	kbit/s
$Nvi_{voicef}$	Número de subportadoras de voz necesarias para transportar el tráfico de voz CS en sentido de ida	Entero
$Nvi_{voice\_min\ gf}$	Número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora de voz en sentido de ida	Entero
$Nvi_{voice\ Erl-Bcalf}$	Número de subportadoras calculado con la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora de voz en sentido de ida	Entero
$Nvi_{voicer}$	Número de subportadoras de voz necesarias para transportar el tráfico de voz CS en sentido de vuelta	Entero
$Nvi_{voice\_min\ gr}$	Número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora de voz en sentido de vuelta	Entero
$Nvi_{voice\ Erl-Bcalr}$	Número de subportadoras calculado con la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora de voz en sentido de vuelta	Entero
$Nvi_{gISDNf}$	Número de subportadoras RDSI necesarias para transportar el tráfico RDSI CS en sentido de ida	Entero
$Nvi_{ISDN\_min\ gf}$	Número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de ida	Entero

CUADRO A1 (continuación)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$N_{vi_{ISDN\ Erl-Bcalf}}$	Número de subportadoras calculado con la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de ida	Número
$N_{vi_{gISDNr}}$	Número de subportadoras RDSI necesarias para transportar el tráfico RDSI CS en sentido de vuelta	Entero
$N_{vi_{ISDN\_min\ gr}}$	Número mínimo de subportadoras por GES necesarias para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de vuelta	Entero
$N_{vi_{ISDN\ Erl-Bcalr}}$	Número de subportadoras calculado con la fórmula Erlang-B para cada tipo de subportadora RDSI en sentido de vuelta	Entero
$Dd_{CS-voiceif}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora de voz ( $i$ ) en sentido de ida	kHz
$BW_{CS-voiceif}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios de voz CS en sentido de ida	kHz
$Dd_{CS-voiceir}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora de voz ( $i$ ) en sentido de vuelta	kHz
$BW_{CS-voiceir}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios de voz CS en sentido de vuelta	kHz
$Dd_{CS-ISDNif}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora RDSI ( $i$ ) en sentido de ida	kHz
$BW_{CS-ISDNif}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios RDSI CS en sentido de ida	kHz
$Dd_{CS-ISDNir}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora RDSI ( $i$ ) en sentido de vuelta	kHz
$BW_{CS-ISDNir}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios RDSI CS en sentido de vuelta	kHz
$Dd_{StdIPkf}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP normalizado ( $k$ ) en sentido de ida	kHz
$BW_{StdIPf}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios IP normalizado en sentido de ida	kHz
$Dd_{StdIPkr}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP normalizado ( $k$ ) en sentido de vuelta	kHz
$BW_{StdIPr}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios IP normalizado en sentido de vuelta	kHz
$Dd_{StrIPkf}$	Ancho de banda a cada tipo de subportadora IP de difusión en directo ( $k$ ) en sentido de ida	kHz
$BW_{StrIPf}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios IP de difusión en directo en sentido de ida	kHz
$Dd_{StrIPkr}$	Ancho de banda atribuido a cada tipo de subportadora IP de difusión en directo ( $k$ ) en sentido de vuelta	kHz
$BW_{StrIPr}$	Necesidades de ancho de banda para los servicios IP de difusión en directo en sentido de vuelta	kHz
$Xf$	Ancho de banda de una portadora en sentido de ida	kHz
$Xr$	Ancho de banda de una portadora en sentido de vuelta	kHz
$SR_{NGESf}$	Necesidades de espectro para el control de red por GES en sentido de ida	kHz

CUADRO A1 (*fin*)

Parámetro	Descripción	Unidad asumida en la metodología
$SR_{NGESr}$	Necesidades de espectro para el control de red por GES (de haberlo) en sentido de vuelta	kHz
$SR_{df}$	Espectro necesario para el tráfico de datos por haz en sentido de ida	kHz
$SR_{vf}$	Espectro necesario para el tráfico de voz por haz en sentido de ida	kHz
$SR_{bf}$	Espectro necesario para el tráfico de seguridad de banda ancha por haz en sentido de ida	kHz
$SR_{dr}$	Espectro necesario para el tráfico de datos por haz en sentido de vuelta	kHz
$SR_{vr}$	Espectro necesario para el tráfico de voz por haz en sentido de vuelta	kHz
$SR_{br}$	Espectro necesario para el tráfico de seguridad de banda ancha por haz en sentido de vuelta	kHz
$SR_f$	Espectro de ida necesario por haz	kHz
$SR_r$	Espectro de vuelta necesario por haz.	kHz

## Adjunto 2 al Anexo 1

### Ejemplos de cálculo de las necesidades de espectro del SMA(R)S

Este Adjunto contiene ejemplos de cálculos, y las notas explicativas correspondientes, basados en el método presentado en el Anexo 1. En la primera hoja de cálculo se presenta un ejemplo aplicable a los sistemas sin servicios de seguridad de banda ancha, y en la segunda hoja de cálculo se da un ejemplo aplicable a los sistemas que sólo emplean servicios de seguridad de banda ancha.

Ejemplo de cálculo aplicable a sistemas sin servicios de seguridad de banda ancha



AMS(R)S\_methodol  
ogy example calcula

Ejemplo de cálculo aplicable a sistemas que sólo emplean servicios de seguridad de banda ancha



AMS(R)S\_methodol  
ogy example calcula