

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.1503

**DESCRIPCIÓN FUNCIONAL QUE HA DE UTILIZARSE EN EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SOPORTE INFORMÁTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE REDES DE SATÉLITES NO GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE CON LOS LÍMITES CONTENIDOS EN EL ARTÍCULO S22 DEL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES**

(Resoluciones 130 (CMR-97) y 538 (CMR-97))

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que para el uso de sistemas no geoestacionarios en el servicio fijo por satélite (sistemas del SFS no OSG) en determinadas bandas de frecuencias que incluyen bandas cubiertas por los Apéndices S30, S30A y S30B, la CMR-97 ha adoptado límites de potencia provisionales y ha incluido estos límites en el Cuadro S22-1 del Artículo S22 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y en el Anexo 1 a la Resolución 130 (CMR-97) y el Anexo a la Resolución 538 (CMR-97);
- b) que estas bandas de frecuencias son utilizadas actualmente, o se planifica su extensa utilización, por sistemas de satélites geoestacionarios (sistemas OSG);
- c) que para llevar a cabo el examen reglamentario de tales sistemas del SFS no OSG, la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) necesita una herramienta informática que permita el cálculo de los niveles de potencia producidos por tales sistemas, sobre la base de las características específicas de cada sistema del SFS no OSG presentado a la Oficina para coordinación o notificación, según el caso;
- d) que los sistemas del SFS y del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) OSG tienen características individualizadas y que las evaluaciones de interferencia requerirán múltiples combinaciones de características de antena, niveles de interferencia y probabilidades;
- e) que los diseñadores de redes de satélites (SFS no OSG, SFS OSG y SRS OSG) han de tener conocimiento de las bases sobre las que la BR realizará tales comprobaciones;
- f) que dichas herramientas pueden estar ya desarrolladas o encontrarse en desarrollo y que pueden ser ofrecidas a la BR,

*recomienda*

- 1 que se utilice la descripción funcional especificada en el Anexo 1 para desarrollar herramientas informáticas destinadas a calcular los niveles de potencia producidos por sistemas del SFS no OSG y controlar la conformidad de estos niveles con los límites contenidos en el Cuadro S22-1 del Artículo S22 del RR;
- 2 que la Parte H del Anexo 1 es considerada por la BR como una base para la evaluación del soporte informático candidato suministrado por las administraciones.

NOTA 1 – La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones liderará, en consulta con la Comisión de Estudio 11 de Radiocomunicaciones, el mantenimiento futuro de esta Recomendación, en particular las modificaciones de la misma que permitan determinar la conformidad con las exigencias futuras planteadas por el UIT-R.

## ANEXO 1

## ÍNDICE

|  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| Parte A – Limitaciones fundamentales y supuestos básicos .....                     | 2             |
| Parte B – Parámetros de un sistema no OSG .....                                    | 14            |
| Parte C – Generación de contornos de dfp/p.i.r.e.....                              | 29            |
| Parte C' – Ubicación de la dfpe máxima de la red OSG .....                         | 39            |
| Parte D – Soporte informático para el examen de los ficheros no OSG .....          | 45            |
| Parte E – Prueba de la fiabilidad de los resultados del programa informático ..... | 85            |
| Parte F – Entorno operacional para el programa informático .....                   | 86            |
| Parte G – Desarrollo y mantenimiento del programa informático .....                | 87            |
| Parte H – Procedimientos de evaluación de un programa informático candidato .....  | 87            |

## **Descripción funcional del soporte informático que ha de utilizar la BR en la comprobación de la conformidad de los sistemas del SFS no OSG con los límites de la dfpe**

### PARTE A

#### **Limitaciones fundamentales y supuestos básicos**

## **1 Generalidades**

### **1.1 Composición del soporte informático**

#### **1.1.1 Objetivo**

El algoritmo de programa informático descrito en este Anexo está concebido para su aplicación por la BR al examen de las notificaciones de los sistemas del SFS no OSG y la comprobación de su conformidad con los límites de validación especificados por el RR.

#### **1.1.2 Diagrama de bloques del soporte informático**

El diagrama de bloques del algoritmo del soporte informático descrito en este Anexo se muestra en la Fig. 1. Se compone de dos secciones: La sección de datos iniciales y la sección de cálculo. La sección de datos iniciales contiene el conjunto completo de parámetros correspondientes al sistema no OSG notificado, un conjunto de parámetros del sistema OSG de referencia y los límites de la dfpe.

La sección de cálculo está diseñada para efectuar las estimaciones requeridas para examinar la conformidad de los sistemas no OSG notificados con los límites de dfpe. La sección de cálculo se basa en el concepto de contorno de la densidad de flujo de potencia (dfp) del enlace descendente (véase la Nota 1), contorno de la p.i.r.e. del enlace ascendente (véase la Nota 2) y contorno de la p.i.r.e. entre satélites (véase la Nota 3).

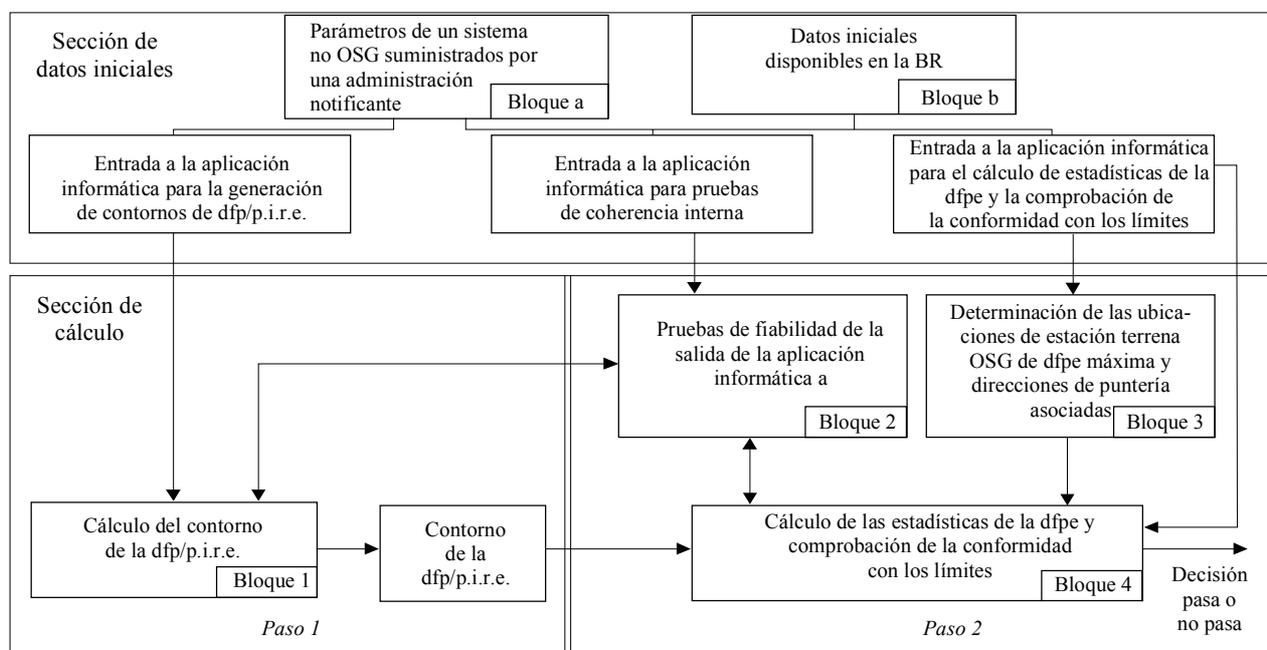
NOTA 1 – Un contorno de dfp es una dfp máxima producida por una estación espacial no OSG y definida en la Parte C.

NOTA 2 – Un contorno de p.i.r.e. es una p.i.r.e. máxima radiada por una estación terrena no OSG, y es función del ángulo con el eje de puntería del haz principal de la antena transmisora.

NOTA 3 – Un contorno de p.i.r.e. entre satélites es una p.i.r.e. máxima radiada por una estación espacial no OSG, y es una función del ángulo fuera de eje de la alineación de la estación espacial no OSG.

Un contorno dfp/p.i.r.e. se calcula en el Bloque 1 sobre la base de los parámetros del sistema no OSG notificado proporcionados por la sección de datos iniciales. El Bloque 4 comprueba que la interferencia compuesta producida por estaciones de redes no OSG cumplen con los límites de dfpe. La verificación del Bloque 4 se realiza basándose en las características de constelaciones de sistemas no OSG procedentes de la sección de datos iniciales, un contorno de dfp/p.i.r.e. procedente del Bloque 1 y datos de salida tomados del Bloque 3. La validez de los datos de salida se verifica en el Bloque 2.

FIGURA 1



1503-01

### 1.1.3 Reparto de responsabilidades entre administraciones y la BR en cuanto al empleo del soporte informático

Ante la gran complejidad de las características específicas de las diferentes configuraciones de sistemas no OSG en el soporte informático, parecería apropiado imponer algún tipo de responsabilidad a las administraciones notificantes de los sistemas no OSG pertinentes con respecto a las pruebas de los límites de dfpe. Por tanto, el procedimiento de examen del cumplimiento de los límites de dfpe constaría de dos etapas. La primera etapa se ocuparía del desarrollo del soporte informático (Bloque 1) y la realización de todos los cálculos por las administraciones notificantes de los sistemas de satélites no OSG. La etapa incluiría la estimación de un contorno de la dfp/p.i.r.e. producida por estaciones de redes no OSG interferentes. El contorno tendría en cuenta todas las características de las disposiciones de sistemas no OSG específicas. La primera etapa finalizaría con la entrega de la máscara dfp/p.i.r.e. en formato de documento o analítico a la BR. Además, la administración notificante proporcionaría a la BR el soporte informático utilizado en el Bloque 1 para la estimación del contorno de dfp/p.i.r.e., la descripción completa del soporte informático y los parámetros del Bloque a, así como cualquier otra información adicional útil para regenerar la máscara de dfp/p.i.r.e. La información mencionada debería también ponerse a disposición de las demás administraciones.

Los cálculos de la segunda etapa serían efectuados por la BR. La segunda etapa configuraría las siguientes operaciones:

- Definición de la geometría de la dfpe máxima de una estación espacial OSG y una estación terrena de esa red (Bloque 3). Garantizaría la verificación de la viabilidad de la comparación de una red no OSG notificada con cualquier otra red OSG del SFS y el SRS.
- Estimaciones estadísticas de la dfpe (Bloque 4).
- Verificación de los resultados del soporte informático para su validación (Bloque 2).
- Adopción de una decisión sobre la conformidad de la interferencia con los límites de dfpe (Bloque 4).

Las estimaciones se basan en los parámetros del sistema no OSG (Bloque a) proporcionados por una administración notificante y en los datos iniciales (Bloque b) disponibles en la BR.

Cualquier administración puede hacer uso del soporte informático que utiliza los algoritmos definidos en este Anexo junto con los datos sobre las redes no OSG para hacer estimaciones estadísticas de la interferencia en sus propias redes OSG y comprobar la conformidad con los límites de dfpe. Esto ayudaría a resolver las probables diferencias de opinión entre la BR y las administraciones concernidas.

Los elementos del diagrama de bloques del soporte informático examinados se presentan más adelante con detalle. Las Partes son las siguientes:

- Parte A – Se presentan las limitaciones básicas y los requisitos principales del sistema para el soporte informático como un conjunto.
- Parte B – Se examinan los parámetros de las redes no OSG y los datos iniciales de los Bloques a y b.
- Parte C – Se presentan las definiciones y los algoritmos de estimación de los contornos dfp/p.i.r.e. relativas a estaciones terrenas y espaciales de la red no OSG. Se analizan también asuntos específicos de los contornos que se aplican en la simulación (Bloque 1).
- Parte C' – Se examinan los procedimientos para definir el emplazamiento de dfpe máxima de las estaciones de la red OSG.
- Parte D – En esta Parte se tratan los requisitos generales del soporte informático relacionados con el examen de las notificaciones de redes no OSG, los algoritmos para la estimación de funciones estadísticas de la dfpe y el formato de presentación de los datos resultantes. La Parte D abarca los temas de los Bloques 3 y 4.
- Partes E, H – En estas Partes se definen los requisitos del soporte informático relacionados con la evaluación del soporte informático entregado y la verificación del soporte informático resultante para su validación (Bloque 2).
- Partes F, G – Se describe la documentación del soporte informático y a continuación se estudia el entorno de explotación y los requisitos de interfaz, y otros asuntos.

## 1.2 Unidades de medida

Para proporcionar de forma adecuada los resultados de la simulación y evitar errores en los mismos, en las expresiones a continuación sobre la descripción del soporte informático se utiliza un sistema común de unidades de medida. En el Cuadro 1 se muestra la lista de unidades de medida para los parámetros físicos básicos.

CUADRO 1

**Sistema de unidades de medida para los parámetros físicos básicos utilizados en la descripción de la calidad del soporte informático**

| Parámetro   | Unidades                                    |
|---|---|
| Distancia   | km  |
| Ángulo  | grados                                      |
| Tiempo  | s   |
| Velocidad de rotación lineal  | km/s  |
| Velocidad de rotación angular   | grados/s                                    |
| Frecuencia  | GHz   |
| Anchura de banda de frecuencias   | kHz   |
| Potencia  | dBW   |
| Densidad espectral de potencia  | dB(W/Hz)                                    |
| dfp   | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Número medio de estaciones terrenas no OSG isofrecuencia por unidad de superficie | 1/km <sup>2</sup>                           |
| dfpe <sub>↓</sub> , dfpe <sub>↑</sub> o dfpe <sub>es</sub>                        | dB(W/BW <sub>ref</sub> )                    |
| Ganancia de antena  | dBi   |
| Posición geográfica en la superficie de la Tierra                                 | grados                                      |

### 1.3 Constantes

La descripción funcional del soporte informático para el examen de la notificación de redes no OSG por parte de la BR utiliza las siguientes constantes (constantes relativas a la Tierra).

CUADRO 2  
Constantes relativas a la Tierra

| Parámetro                                  | Notación   | Valor numérico                | Unidades                 |
|--|------------|-------------------------------|--------------------------|
| Radio de la Tierra                         | $R_e$      | 6 378,145                     | km                       |
| Radio de la órbita geostacionaria          | $R_{geo}$  | 42 164,2                      | km                       |
| Constante gravitacional                    | $\mu$      | $3,986012 \times 10^5$        | $\text{km}^3/\text{s}^2$ |
| Velocidad de la luz                        | $c$        | $2,99792458 \times 10^5$      | km/s                     |
| Velocidad angular de rotación de la Tierra | $\omega_e$ | $4,1780745823 \times 10^{-3}$ | grados/s                 |
| Periodo de rotación de la Tierra           | $T_e$      | 86 164,09054                  | s                        |
| Factor de no esfericidad de la Tierra      | $J_\alpha$ | $2,634 \times 10^{10}$        | $\text{km}^5/\text{s}$   |

### 1.4 Modelo de la Tierra

La fuerza de atracción de la Tierra es el factor principal para definir el movimiento orbital de los satélites. Otros factores adicionales son:

- las variaciones orbitales debidas al achatamiento de la Tierra por los polos y a las irregularidades de distribución de su masa;
- la atracción del Sol y de la Luna;
- la resistencia del medio al arrastre del satélite;
- la presión de la radiación solar, etc.

La descripción funcional del soporte informático que se presenta en este Anexo sólo tiene en cuenta las perturbaciones orbitales debidas al achatamiento de la Tierra. Ello es debido a que el efecto de otros factores perturbadores es significativamente menor. El achatamiento por los polos produce perturbaciones seculares y periódicas de la longitud del nodo ascendente y del argumento del perigeo de la órbita. En la Parte D se describen expresiones confeccionadas para tomar en consideración el efecto de achatamiento de la Tierra.

Las órbitas correspondientes a algunas trazas en tierra que se repiten pueden ser muy sensibles al modelo orbital exacto utilizado. Las administraciones pueden también proporcionar a la BR sus propias velocidades medias de precesión determinadas independientemente, las cuales podrán ser utilizadas por el soporte informático en lugar de los valores calculados mediante la ecuación de la Parte D.

## 2 Requisitos del sistema

En este Anexo se describen dos enfoques: el método analítico y la simulación temporal. En la simulación temporal los niveles de interferencia se evalúan para cada incremento paso de tiempo y en el método analítico los niveles de interferencia se evalúan para cada incremento de la posición (longitud y latitud) de un satélite de referencia de la red no OSG. Los § 2.1 y 2.2 de la Parte A se refieren a la elección de los pasos de tiempo y del número total de pasos de tiempo que han de utilizarse en el método de simulación temporal. El § 2.3 de la Parte A se refiere a la elección de los incrementos de longitud y de la latitud que se utilizarán en el enfoque del método analítico.

### 2.1 Paso de tiempo de simulación y exactitud

El paso de tiempo de simulación es uno de los parámetros más importantes en la determinación de una función de distribución de la interferencia procedente de redes no OSG basada en el modelo de simulación. Su valor especificado debe garantizar la ausencia de casos en los que se pierde y no se considera la interferencia de corta duración de nivel

elevado que excede un nivel aceptable. De lo contrario los resultados del análisis de simulación serán inexactos y a veces erróneos. La disminución del paso de tiempo de simulación permite aumentar la exactitud de los resultados obtenidos pero al mismo tiempo requiere un mayor número de pasos de tiempo de simulación y un aumento de los cálculos necesarios.

A continuación se muestra una descripción de los algoritmos de cálculo para el paso de tiempo de simulación en los enlaces ascendente y descendente.

### 2.1.1 Descripción del procedimiento de determinación del paso de tiempo de simulación mínimo del enlace descendente

El valor del paso de tiempo de simulación debe garantizar la adquisición y descripción de la mayoría de los escenarios de interferencia de corta duración con la exactitud requerida. La interferencia a corto plazo de nivel elevado es causada por la emisión de una estación espacial no OSG que se encuentra en línea (un satélite no OSG pasa a través del haz principal de una antena de estación terrena OSG). Por consiguiente, un método para determinar un paso de tiempo de simulación  $\Delta t_{ref}$  puede basarse en el aseguramiento del número necesario  $N_{hit}$  de estimaciones de la  $d\hat{f}_p \downarrow$  durante el intervalo de tiempo  $\Delta t$  en que un satélite no OSG para a través del haz principal de una antena de estación terrena OSG:

$$\Delta t_{ref} = \frac{\Delta t}{N_{hit}} \quad (1)$$

El tiempo requerido para el paso de un satélite no OSG a través del haz principal de una antena de estación terrena OSG depende del emplazamiento mutuo de las estaciones terrena y espacial de la red OSG así como de los parámetros orbitales de la red no OSG. La determinación del valor exacto  $\Delta t$  se presenta en general llena de obstáculos. El valor de  $\Delta t$  debe calcularse en el emplazamiento en el cual el tiempo de paso de un satélite no OSG a través del haz principal de la estación OSG es más pequeño. Puesto que esto ocurre cuando una estación terrena OSG está situada directamente debajo de una estación espacial OSG, el tiempo de paso  $\Delta t$  puede determinarse mediante las ecuaciones (2) y (3) (véase la Fig. 2):

$$\Delta t = \frac{2\varphi}{\omega} \quad (2)$$

donde:

$$\varphi = \frac{1}{2} \varphi_{3dB} - \arcsen \left[ \frac{R_e}{R_e + h} \sen \left( \frac{1}{2} \varphi_{3dB} \right) \right] \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{(\omega_s \cos(i) - \omega_e)^2 + (\omega_s \sen(i))^2} \quad (3)$$

$$\omega_s = \frac{0,071}{[(R_e + h)/R_e]^{1,5}}$$

$\omega_s$ : velocidad angular de rotación del satélite no OSG alrededor de la Tierra en la altitud operacional mínima (grados/s); para varias órbitas, debe seleccionarse el valor  $\omega_s$  más grande

$\omega_e$ : velocidad angular de rotación de la Tierra en el Ecuador (grados/s)

$i$ : inclinación orbital (grados)

$\varphi_{3dB}$ : anchura de haz de 3 dB de la antena de la estación terrena OSG (grados)

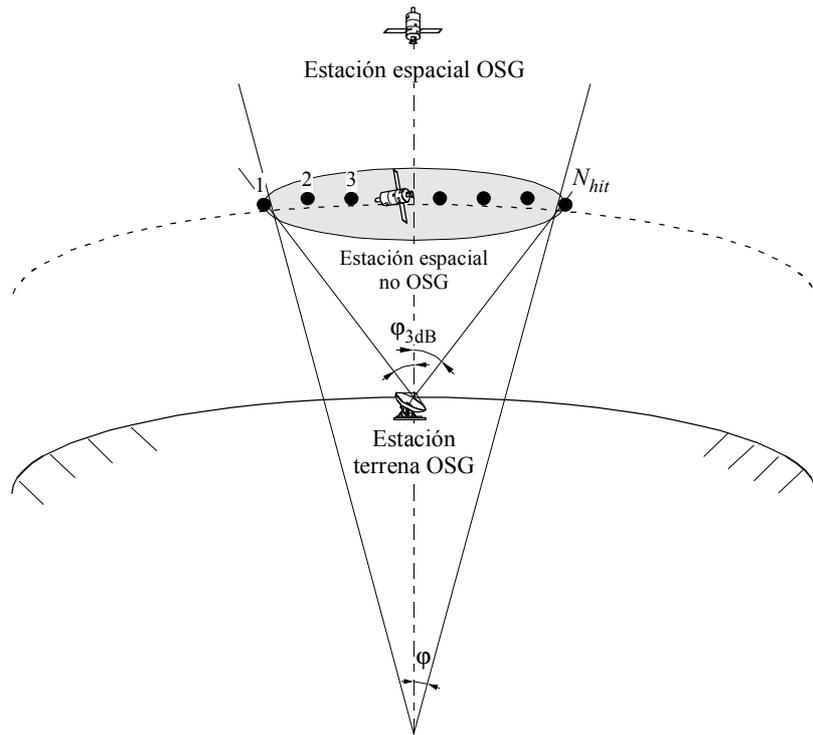
$R_e$ : radio de la Tierra (km)

$h$ : altitud de la órbita (km) (véase la Nota 1).

NOTA 1 – En el caso de una constelación con varios valores de  $h$  para diferentes subconstelaciones o planos, debe utilizarse el valor más pequeño. En el caso de órbitas elípticas debe utilizarse la altura mínima de funcionamiento.

El valor  $N_{hit}$  define la exactitud de la simulación. Cuanto mayor es  $N_{hit}$  mayor es la exactitud de los resultados finales.

FIGURA 2



1503-02

La selección del valor de  $N_{hit}$  puede basarse en la Recomendación UIT-R S.1325, que recomienda un valor de  $N_{hit}$  de 5 y superior. En el caso en que una constelación de satélites de la red no OSG está formada por satélites de parámetros orbitales diferentes, es necesario determinar un paso de tiempo de simulación para cada tipo de órbita concernida y definir un valor mínimo.

CUADRO 3

Datos de entrada

| Parámetro  | Designación  | Unidades |
|--|--------------|----------|
| Inclinación orbital  | $i$          | grados   |
| Altitud de la órbita o, en el caso de órbitas elípticas, altura mínima de funcionamiento   | $h$          | km       |
| Anchura de haz de 3 dB de la antena de estación terrena OSG  | $\phi_{3dB}$ | grados   |
| Número de operaciones de cálculo de $dfpe_{\downarrow}$ requeridas durante el tiempo en que un satélite no OSG pasa a través del haz principal de una antena de estación terrena OSG | $N_{hit}$    | —        |

2.1.2 Algoritmo para la determinación del paso de tiempo de simulación del enlace descendente

Algoritmo de cálculo:

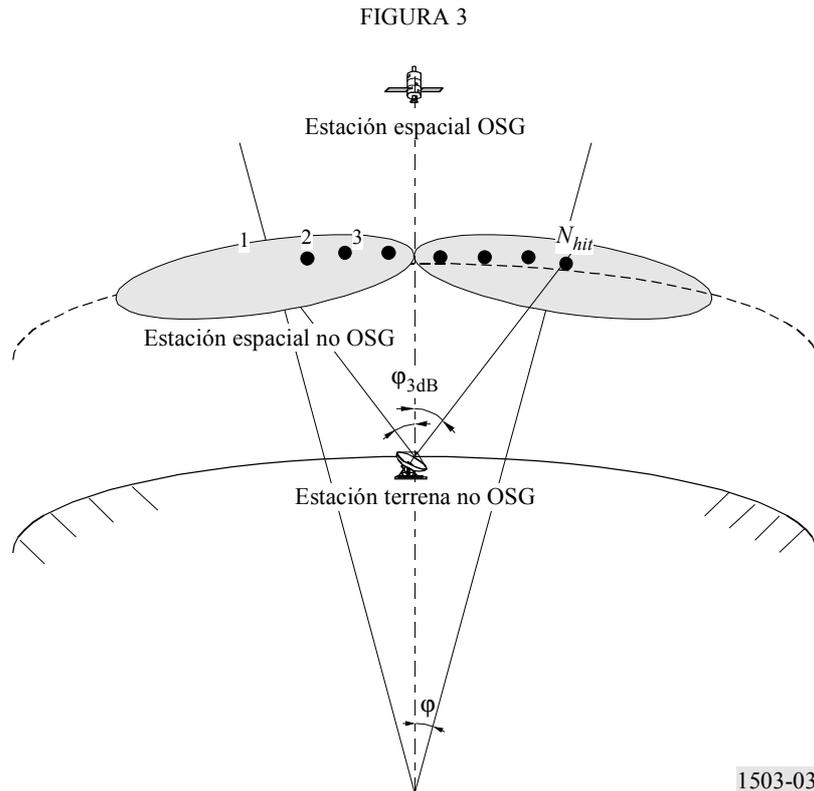
Paso 1: Introducción de los datos listados en el Cuadro 3.

Paso 2: Para satélites con diferentes altitudes e inclinaciones – cálculo de los pasos de tiempo de simulación mediante las ecuaciones (1) y (2).

Paso 3: Selección de un paso de tiempo de simulación.

### 2.1.3 Descripción del procedimiento de determinación del paso de tiempo de simulación mínimo del enlace ascendente

La interferencia de enlace ascendente a corto plazo de nivel alto estaría causada por emisiones procedentes de una estación terrena no OSG durante un suceso en línea (cuando una estación espacial OSG se encuentra en el haz principal de la antena de la estación terrena no OSG). El número  $N_{hit}$  requerido de mediciones de la  $dfpe_{\uparrow}$  debe efectuarse dentro del periodo de permanencia del satélite OSG en el haz principal de la antena de estación terrena no OSG para asegurar la adquisición y definición del suceso en línea. Si la estación terrena no OSG se encuentra exactamente debajo del satélite OSG (véase la Fig. 3) el valor del paso de tiempo de simulación mínimo se puede calcular utilizando las expresiones (1) y (2). En tal caso debe tomarse la anchura del haz principal de la antena de estación terrena no OSG en lugar de la anchura del haz principal de la antena de estación terrena OSG.



CUADRO 4

**Datos de entrada**

| Parámetro  | Designación  | Unidades |
|--|--------------|----------|
| Inclinación orbital  | $i$          | grados   |
| Altitud de la órbita   | $h$          | km       |
| Anchura de haz de 3 dB de la antena de estación terrena no OSG   | $\phi_{3dB}$ | grados   |
| Número de operaciones de cálculo de la $dfpe_{\uparrow}$ requeridas durante el tiempo en que un satélite OSG en el que éste pasa a través del haz principal de una antena de estación terrena no OSG | $N_{hit}$    | –        |

### 2.1.4 Algoritmo para la determinación del paso de tiempo de simulación del enlace ascendente

Algoritmo de cálculo:

*Paso 1:* Introducción de los datos listados en el Cuadro 4.

*Paso 2:* Para satélites con diferentes altitudes e inclinaciones – cálculo de los pasos de tiempo de simulación mediante las ecuaciones (1) y (2).

*Paso 3:* Selección de un paso de tiempo de simulación.

### 2.1.5 Descripción del procedimiento de determinación del paso de tiempo de simulación mínimo entre satélites

El tamaño del paso de tiempo utilizado en los cálculos de la  $dfpe_{es}$  se obtiene considerando que el satélite no OSG debe encontrarse dentro el haz principal del satélite OSG al menos en  $N_{hit}$  pasos de tiempo. Puesto que el paso de tiempo más corto tiene lugar cuando el haz en el OSG está apuntado lo más lejos posible de punto subsatelital, y siendo:

$R_e$ : radio de la Tierra

$h$ : altura de la órbita no OSG

$R_{geo}$ : radio de la órbita geoestacionaria

$\varphi_{3dB}$ : anchura de haz de potencia mitad de un haz OSG.

El paso de tiempo puede entonces calcularse mediante el algoritmo siguiente (véase la Fig. 4):

Calcular:

$$\theta_1 = \arcsen\left(\frac{R_e}{R_{geo}}\right)$$

$$\theta_2 = 180 - \arcsen\left(\sen(\theta_1) \frac{R_{geo}}{R_e + h}\right)$$

$$\theta_3 = 180 - (\theta_1 + \theta_2)$$

$$D_1 = (R_e + h) \frac{\sen \theta_3}{\sen \theta_1}$$

$$D_2 = 2D_1 \sen\left(\frac{\varphi_{3dB}}{2}\right)$$

$$D_3 = D_2 \cos(180 - \theta_2)$$

Calcular a continuación el valor:

$$\varphi = 2 \arctg\left[\frac{D_3/2}{(R_e + h) - (D_2/2) \sen(180 - \theta_2)}\right] \quad (4)$$

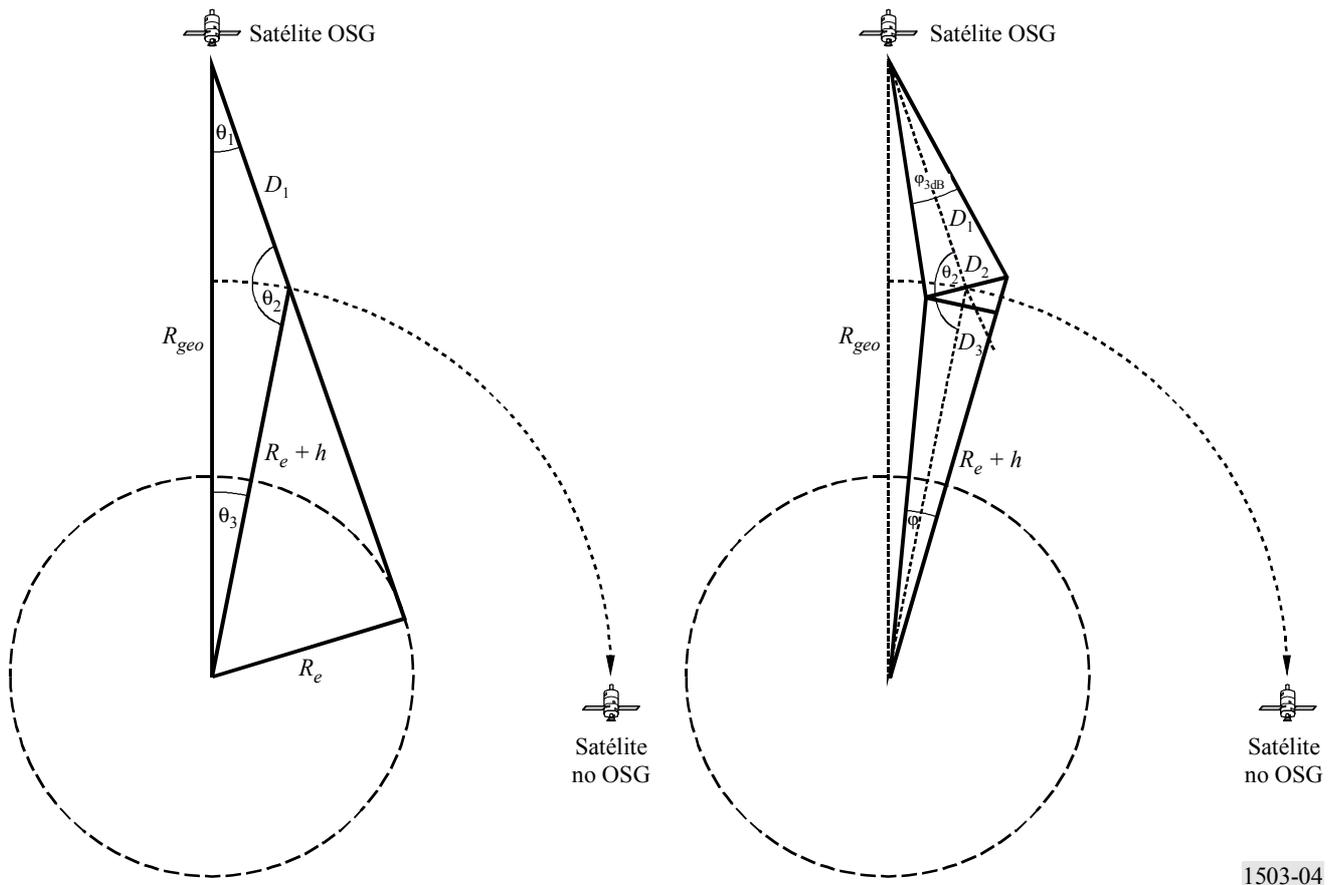
el cual puede utilizarse en la ecuación (2) para calcular el tamaño del paso que ha de utilizarse.

## 2.2 Tiempo total de la pasada de simulación

En este punto se describe el cálculo del número de pasos de tiempo para los algoritmos de  $dfpe_{\downarrow}$  y  $dfpe_{\uparrow}$  especificados en la Parte D. El primer enfoque básico considera por separado constelaciones con repetición de la traza en tierra y constelaciones sin repetición de la traza en tierra, y que los sistemas que utilizan repetición de la traza en tierra tienen implementado el mantenimiento en posición para garantizar que el satélite sigue una sola traza en tierra. Por ejemplo, en el caso de un órbita de 6 h, habría perturbaciones y errores de lanzamiento de menor entidad que producirían derivas orbitales a menos que se utilizara el mantenimiento en posición durante el funcionamiento para garantizar la repetición de la traza. Las administraciones deben por tanto indicar a la BR si se utiliza el mantenimiento en posición para el seguimiento de una traza única.

FIGURA 4

Parámetros geométricos que intervienen en las ecuaciones



1503-04

Algunas constelaciones tienen diferentes valores de inclinación, altura o excentricidad entre planos. En este caso se supone que, para mantener la cobertura, la constelación debe concebirse de modo que la separación entre planos no cambie de manera importante. En el caso de repetición de las trazas en tierra, esto significa que habrá un solo periodo de repetición para la constelación. Este periodo es el tiempo al cabo del cual todos los satélites de la constelación vuelven a la misma posición con respecto a la Tierra y con respecto a cada uno de los demás satélites, dentro de las limitaciones del mantenimiento en posición. En el caso de no repetición de las trazas en tierra, habrá un único periodo de precesión alrededor del Ecuador para todos los planos orbitales.

Este enfoque se utilizará en constelaciones con órbitas circulares y órbitas elípticas.

En el Cuadro 5 se presentan los parámetros de entrada utilizados en todos los tipos de constelaciones.

CUADRO 5

Datos de entrada

| Parámetro   | Designación | Unidades |
|---|-------------|----------|
| La constelación repite Sí/No  | Tipo        | –        |
| Número mínimo de muestras tomadas para alcanzar significación estadística | $N_S = 10$  | –        |

En ambos casos el paso de tiempo se puede calcular por el método descrito anteriormente. El número de pasos de tiempo debe ser como mínimo:

$$N_{min} = N_S \times 100 / (100 - (\% \text{ máximo de los Cuadros del Artículo S22 del RR que es menor que } 100\%))$$

Así, por ejemplo, para el caso del 99,999% el número mínimo de pasos sería:

$$N_{min} = 1\,000\,000$$

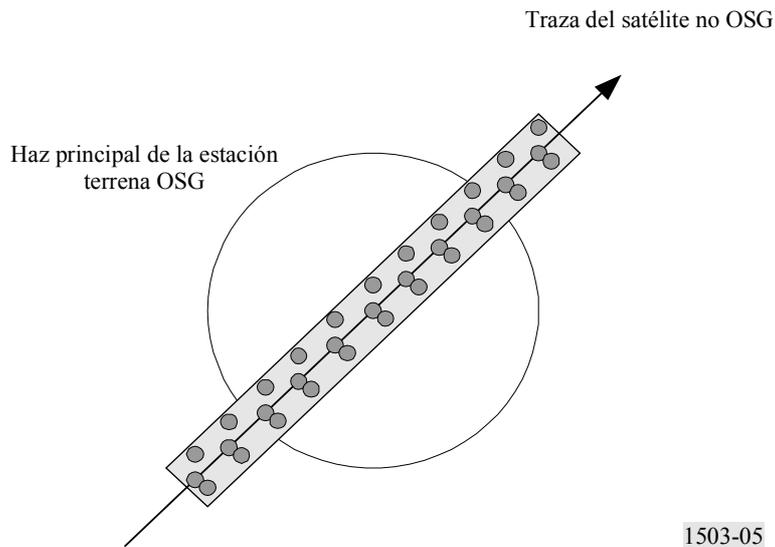
**2.2.1 Órbitas repetitivas**

Para las órbitas especificadas como repetitivas, el predictor orbital debe ser exacto a fin de garantizar la repetibilidad. De este modo, las administraciones tienen la posibilidad de especificar la velocidad de precesión de longitud exacta con respecto a un predictor orbital de masa puntual que garantice que la órbita se repetirá. En la Parte D se encuentran la definición y el uso de este parámetro.

Con este parámetro, una órbita simulada se repetiría, pero de hecho habría una ligera deriva (drift) debido a los errores de mantenimiento en posición longitudinal. Este efecto es modelado mediante mecanismos tales como el muestreo aleatorio o la deriva lineal de la órbita, como se estudia en la Parte D.

Se espera que los cambios del mantenimiento en posición dentro del plano de la órbita no generen diferencias, por lo que no se incluyen. El resultado debe ser parecido al diagrama de la Fig. 5:

FIGURA 5



En la Fig. 5 puede verse que el resultado estaría constituido por una serie de muestras dentro del haz principal de la estación terrena OSG que es suficientemente fino para resolver el haz principal, incluye la deriva del mantenimiento en posición y produce muestras suficientes para generar las estadísticas requeridas.

CUADRO 6

**Datos de entrada**

| Parámetro                                | Designación  | Unidades |
|--|--------------|----------|
| Periodo de repetición de la constelación | $P_{repeat}$ | s        |

Dados los siguientes parámetros:

$N_{min}$ : número mínimo de pasos de tiempo requeridos para alcanzar significación estadística

$P_{repeat}$ : periodo de tiempo al cabo del cual la constelación se repite (s)

$T_{step}$ : paso de tiempo (s)

$N_{tracks}$ : número de trazas a través del haz principal, = 5, como se especifica en la Recomendación UIT-R S.1325.

En este caso el paso de tiempo no debe dividir exactamente el periodo de repetición de la constelación. Si:

$$N_{repsteps} = P_{repeat}/T_{step}$$

es un número entero, se calcula entonces un paso de tiempo revisado igual a:

$$T'_{step} = T_{step} (1 + N_{repsteps})/N_{repsteps}$$

Se calcula el periodo de tiempo requerido para alcanzar el número mínimo de pasos de tiempo necesario para tener significación estadística:

$$T_{sig} = N_{min} \cdot T_{step}$$

Este valor corresponde al siguiente número de repeticiones de la constelación:

$$N_{rep} = \text{Redondear } (T_{sig}/P_{repeat}) \text{ al entero superior más próximo}$$

El número de repeticiones de la constelación es el mayor de  $N_{rep}$  o  $N_{tracks}$ . Es decir,

$$N_{run} = \text{máx } (N_{rep}, N_{tracks})$$

El tiempo total de pasada es entonces:

$$T_{run} = N_{run} \cdot P_{repeat}$$

Con lo que el número de pasos de tiempo es:

$$N_{steps} = \text{Redondear } (T_{run}/T_{step}) \text{ al entero inferior más próximo.}$$

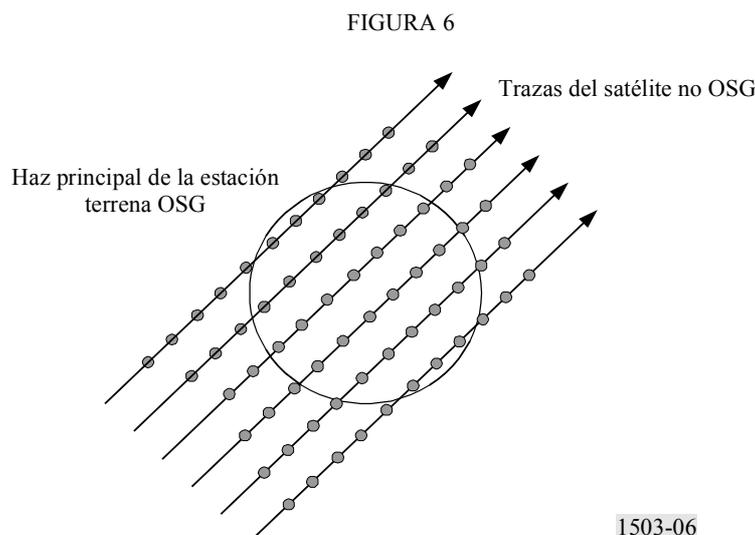
### 2.2.2 Órbitas no repetitivas

En este caso debe examinarse la separación longitudinal entre pasos sucesivos del nodo ascendente de modo que haya suficientes trazas dentro del haz principal. El tamaño del paso de tiempo y el número de pasos de tiempo pueden utilizarse para determinar el grado de precesión de una órbita particular dentro de la pasada. Los mismos números pueden utilizarse para determinar cuantos pasos de tiempo se requieren para que la órbita derive alrededor del Ecuador. El periodo orbital puede emplearse entonces para obtener la diferencia entre trazas.

La constante que define el número requerido de puntos dentro del haz principal puede utilizarse para especificar el número requerido de trazas a través del haz principal (es decir,  $N_{track} = N_{hits}$ ). Si la separación entre trazas es demasiado ancha o demasiado estrecha (resultando un número insuficiente de muestras o de un número excesivo de tiempos de pasada, respectivamente), puede utilizarse la precesión artificial.

Se espera que la deriva del mantenimiento en posición se anule en el largo plazo, con lo cual no sería necesario utilizarla en estos cálculos.

El resultado debe ser similar a la Fig. 6:



En la Fig. 6 puede verse que el resultado estará formado por un conjunto de trazas dentro del haz principal de la estación terrena OSG que es suficientemente fino para resolver el haz principal y produce suficientes muestras para generar las estadísticas requeridas.

CUADRO 7

Datos de entrada

| Parámetro  | Designación  | Unidades |
|--|--------------|----------|
| Inclinación orbital  | $i$          | grados   |
| Semieje mayor de la órbita   | $a$          | km       |
| Anchura de haz de 3 dB de la antena de la estación terrena OSG <sup>(1)</sup>  | $\Phi_{3dB}$ | grados   |
| Número requerido de trazas de un satélite no OSG que pasa a través del haz principal de una antena de estación terrena OSG | $N_{tracks}$ | –        |

- <sup>(1)</sup> En el caso de calcular la longitud de la pasada para  $dfpe_{\downarrow}$ . En el caso de  $dfpe_{es}$  y  $dfpe_{\uparrow}$ :  
 $dfpe_{\uparrow}$ : se calcula  $\phi$  utilizando la abertura de haz de la estación terrena no OSG especificada en su contorno de p.i.r.e. valiéndose del cálculo de la ecuación (3)  
 $dfpe_{es}$ : se calcula  $\phi$  utilizando la abertura de haz del satélite OSG en el cálculo de la ecuación (4).

Son necesarios dos parámetros:

- $S_{pass}$ : separación longitudinal entre sucesivos pasos ascendentes a través del plano ecuatorial
- $S_{req}$ : resolución requerida de pasos a través del plano ecuatorial basada en el tamaño del haz de la estación terrena OSG.

Estos parámetros se calculan con los siguientes pasos:

*Paso 1:* Cálculo de la velocidad de regresión nodal de la órbita no OSG,  $\Omega_r$ , utilizando la siguiente ecuación:

$$\Omega_r = -6,91951 \times 10^{-3} \times (R_e/a)^{3,5} \cos(i) \quad \text{grados/min}$$

donde:

$i$ : inclinación orbital (grados).

*Paso 2:* Cálculo del periodo Kepleriano del satélite,  $P_k$ , suponiendo una órbita circular y la ausencia de perturbaciones orbitales:

$$P_k = 84,48905 (a/R_e)^{1,5} \quad \text{min}$$

Conversión de este periodo a segundos obteniéndose:

$$T_{period} = P_k \cdot 60$$

*Paso 3:* Cálculo del periodo nodal del satélite,  $P_n$ , teniendo en cuenta el achatamiento de la Tierra:

$$P_n = P_k \{1 - [0,75 \cdot J_2 (6 - 5 (\sin i)^2) \cdot (R_e/a)^2]\} \quad \text{min}$$

donde  $J_2$  es el termino de primer orden del achatamiento de la Tierra = 0,001082636 (sin dimensión).

*Paso 4:* Cálculo del espaciamiento longitudinal entre sucesivos pasos ascendentes a través del plano ecuatorial,  $S$ , dada la velocidad de rotación de la Tierra ( $\Omega_e = 0,250684$  grados/min):

$$S_{pass} = (\Omega_e - \Omega_r) P_n \quad \text{grados}$$

Las ecuaciones anteriores se aplican a las órbitas circulares. Cuando se trata de sistemas con órbitas elípticas, donde los cálculos serían significativamente diferentes, el valor de  $S_{pass}$  debe ser suministrado por la administración.

*Paso 5:* A partir del ancho del haz y de la altura de la estación espacial OSG, puede calcularse  $S_{req}$  mediante la ecuación (3):

$$S_{req} = \frac{2\phi}{N_{tracks}}$$

*Paso 6:* Cálculo del número de órbitas para poblar completamente los alrededores del Ecuador, teniendo en cuenta que cada plano tiene nodos ascendente y descendente:

$$N_{orbits} = \frac{180}{S_{req}}$$

*Paso 7:* Redondear  $N_{orbits}$  al entero próximo superior.

*Paso 8:* Cálculo del ángulo total que ha girado la órbita durante este tiempo:

$$S_{total} = N_{orbits} \cdot S_{pass}$$

*Paso 9:* Cálculo del número de múltiplos de  $360^\circ$  correspondiente a este valor, redondeando por encima al número entero más próximo:

$$N_{360} = 1 + S_{total} \text{ mod } 360$$

*Paso 10:* Cálculo de la separación entre planos correspondiente a este valor:

$$S_{actual} = \frac{360N_{360}}{N_{orbits}}$$

*Paso 11:* Para garantizar que la órbita deriva con la velocidad de precesión requerida debe incluirse la siguiente precesión artificial adicional:

$$S_{artificial} = S_{actual} - S_{pass} \quad \text{grados/órbita}$$

o:

$$D_{artificial} = \frac{S_{artificial}}{T_{period}} \quad \text{grados/s}$$

*Paso 12:* En la Parte D se da más información acerca del modo de utilización de este parámetro. El tiempo de pasada total es entonces el tiempo de precesión alrededor del Ecuador, a saber:

$$T_{run} = T_{period} \cdot N_{orbits}$$

*Paso 13:* El número total de pasos es pues:

$$N_{steps} = \text{Redondear } (T_{run} / T_{step}) \text{ al valor entero inferior más próximo.}$$

### 2.3 Incrementos de longitud y latitud que se utilizarán en el enfoque del método analítico

En el enfoque del método analítico (véase el § 6 de la Parte D), se varía la posición (longitud y latitud) de un satélite de referencia no OSG en algunos incrementos especificados, cubriendo la gama completa de los valores posibles de longitud y latitud. Estos incrementos de longitud y latitud desempeñan un cometido similar al paso de tiempo (time step) en el método de simulación temporal, y deben elegirse de modo que se garantice la precisión de los resultados. La elección de estos parámetros debe hacerse de conformidad con las directrices de los § 6.3 y 6.4 de la Parte D.

## PARTE B

### Parámetros de un sistema no OSG

## 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes

Deben especificarse algunos parámetros de una red no OSG y otros datos, a fin de realizar las funciones de soporte informático requeridas:

- *Función 1:* Calcular los contornos de la  $dfp$  para los satélites no OSG (enlace descendente) y el contorno de la  $p.i.r.e.$  para las estaciones terrenas transmisoras a dichos satélites (enlace ascendente).
- *Función 2:* Aplicar el contorno de  $p.i.r.e.$  en el cálculo de los niveles de la  $dfpe_{\uparrow}$  y los niveles de la  $dfpe_{\downarrow}$  (distribuciones temporales acumulativas de  $dfpe_{\uparrow}$  o  $dfpe_{\downarrow}$ ).
- *Función 3:* Determinar si los niveles de los contornos de  $dfp/p.i.r.e.$  son coherentes con los parámetros básicos de transmisión de la red no OSG, solamente en el caso en que haya disparidad de opinión.

Los cometidos de la administración de la red no OSG y de la BR se examinan en el § 2.1 de la Parte A. La primera de las funciones anteriores (Función 1) corresponde a la administración de la red no OSG, la cual facilita a la BR los parámetros utilizados en dicha función para que corrobore la validez de los contornos de dfp de acuerdo con la Función 3. La BR necesita que se le faciliten los parámetros detallados para la realización de la Función 2.

## 1.2 Ámbito de aplicación y visión general

En este punto se identifican las entradas al soporte informático en cuatro puntos principales. En el § 2 de la Parte B se definen todas las entradas para facilitar el diseño de las bases de datos de la BR. En los § 3 a 5 de la Parte B se describen las entradas según su uso dentro de los tres elementos funcionales del soporte informático: Función 1 – Generación de los contornos de dfp (§ 3 de la Parte B); Función 2 – Comparación de los niveles de dfpe con los valores límite (§ 4 de la Parte B) y Función 3 – Comprobación de la coherencia interna de los parámetros presentados (§ 5 de la Parte B).

Se señala que en los Cuadros siguientes, los corchetes que aparecen en los nombres de las variables representan un índice relativo a esta variable y no un texto provisional.

## 1.3 Referencias cruzadas entre los puntos siguientes

En el Cuadro a continuación se indican los correspondientes puntos de este Anexo en los cuales se aplican generalmente los parámetros de entrada y de las bases de datos. En el § 2 de la Parte B se proporcionan referencias cruzadas más precisas para parámetros específicos.

| Función de soporte informático   | Puntos correspondientes de este Anexo donde se aplican los parámetros de entrada |
|--|--|
| Función 1 – Generación de contornos de dfp/p.i.r.e.  | § 1 a 4 de la Parte C  |
| Función 2 – Cálculo de las distribuciones temporales acumulativas de $dfpe_{\uparrow}$ y $dfpe_{\downarrow}$ | § 1 a 6 de la Parte D  |
| Función 3 – Pruebas  | Parte E  |

## 2 Parámetros comunes de la base de datos de la BR

### 2.1 Parámetros proporcionados por la administración del sistema no OSG

En el Anexo 1 a la Parte B se detallan los parámetros existentes y futuros del Apéndice S4 del RR de cualquier constelación de satélites del SFS no OSG que han de proporcionar las administraciones a la BR para el procesamiento de las peticiones de coordinación o las notificaciones.

### 2.2 Parámetros de las entradas y las bases de datos suministrados por la BR

| $S_B$<br>§ 2.5, 3.4.5 y 4.1.4.5 de la Parte D | Tamaño del bin de cuantificación de las estadísticas de la dfpe (0,1 dB) |
|---|--|
| REGION1_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 1 (sí o no)                                    |
| REGION1_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 1 (sí o no)                                    |
| REGION2_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 2 (sí o no)                                    |
| REGION2_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 2 (sí o no)                                    |
| REGION3_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 3 (sí o no)                                    |
| REGION3_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D           | Aplicabilidad a la Región 3 (sí o no)                                    |

|  |   |
|--|---|
| REFBW<br>§ 3.1 de la Parte D           | Anchura de banda de referencia para los cálculos de la $df_{pe}$ (kHz)  |
| NEPFD_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D      | Número de puntos de la $df_{pe\downarrow}$  |
| EPFD_DOWN_RR[I]<br>§ 3.1 de la Parte D | Conjunto de valores NEPFD_DOWN (dB(W/m <sup>2</sup> )) en la anchura de banda de referencia, tomado del Artículo S22 del RR |
| DOWN_PC_RR[I]<br>§ 3.1 de la Parte D   | Conjunto de porcentajes NEPFD_DOWN (%) tomado del Artículo S22 del RR   |

|  |   |
|--|---|
| RAFBW<br>§ 4.1.1 de la Parte D         | Anchura de banda de referencia para los cálculos de la $df_{pe\uparrow}$ (kHz)  |
| NEPFD_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D      | Número de puntos de la $df_{pe\uparrow}$  |
| EPFD_UP_RR[I]<br>§ 4.1.1 de la Parte D | Conjunto de valores NEPFD_UP (dB(W/m <sup>2</sup> )) en la anchura de banda de referencia, tomado del Artículo S22 del RR |
| UP_PC_RR[I]<br>§ 4.1.1 de la Parte D   | Conjunto de porcentajes NEPFD_UP, tomado del Artículo S22 del RR  |

|  |  |
|--|--|
| F_DOWN <sub>sat</sub><br>§ 3.4.2 de la Parte D | Frecuencia central de transmisión del enlace descendente (GHz)   |
| Nfreq<br>§ 3.4.2 de la Parte D                 | Número de frecuencias/regiones   |
| GSO_SEPARATION<br>§ 2.5 de la Parte D          | Separación entre puntos de prueba del satélite OSG (1°)  |
| GSO_LONG<br>§ 3.4.3 y 4.1.4.3 de la Parte D    | Longitud(es) del satélite OSG (grados)   |
| GSO_ES_LAT<br>§ 3.4.3 de la Parte D            | Latitud de la estación terrena OSG (grados)  |
| GSO_ES_LONG<br>§ 3.4.3 de la Parte D           | Longitud de la estación terrena OSG (grados)   |
| GSO_ES_PATTERN<br>§ 3.4.3 de la Parte D        | Diagrama de ganancia de antena de referencia de la estación terrena OSG, tomado de los especificados en el § 5.5 de la Parte D |
| GSO_ES_D_ANT<br>§ 3.1 y 3.4.3 de la Parte D    | Diámetro de la antena de la estación terrena   |

|  |   |
|--|---|
| BS_LAT<br>§ 4.1.2 y 4.1.4.3 de la Parte D          | Latitud de la alineación OSG  |
| BS_LONG<br>§ 4.1.2 y 4.1.4.3 de la Parte D         | Longitud de la alineación OSG   |
| ES_F<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D                    | Frecuencia del enlace ascendente (GHz)  |
| GSO_SAT_PATTERN<br>§ 4.1.1 y 4.1.4.2 de la Parte D | Diagrama de ganancia de antena de referencia del satélite OSG y parámetros correspondientes, seleccionados de entre los que figuran en el § 5.5.2 de la Parte D |
| GSO_SAT_PEAKGAIN<br>§ 4.1.1 de la Parte D          | Ganancia de cresta del satélite OSG   |
| GSO_SAT_BEAMWIDTH<br>§ 4.1.1 de la Parte D         | Anchura de haz de potencia mitad del satélite OSG   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| RIFBW<br>§ 4.2.1 de la Parte D      | Anchura de banda de referencia para los cálculos de $dfpe_{es}$ (kHz)                        |
| NEPFD_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D   | Número de puntos de $dfpe_{es}$  |
| EPFD_IS[I]<br>§ 4.2.1 de la Parte D | Conjunto de valores de NEPFD_IS (dB(W/m <sup>2</sup> )) en la anchura de banda de referencia |
| IS_PC[I]<br>§ 4.2.1 de la Parte D   | Conjunto de porcentajes de NEPFD_IS  |
| IS_F<br>§ 4.2.4.2 de la Parte D     | Frecuencia para el cálculo de $dfpe_{es}$ (GHz)  |

Aplicables al método analítico solamente:

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| PHISTEPCG<br>§ 3.4.4 de la Parte D   | Incremento de longitud para el reticulado grueso (grados) |
| THETASTEPCG<br>§ 3.4.4 de la Parte D | Incremento de latitud para el reticulado grueso (grados)  |
| PHISTEPFG<br>§ 3.4.4 de la Parte D   | Incremento de longitud para el reticulado fino (grados)   |
| THETASTEFG<br>§ 3.4.4 de la Parte D  | Incremento de latitud para el reticulado fino (grados)    |

### 3 Entradas del sistema no OSG al soporte informático

Todos los datos, algoritmos, puntos de prueba y metodologías utilizados para la generación de contornos de la  $dfp$  deberán proporcionarse a la BR para que pueda verificar los contornos de  $dfp$  presentados con fines de archivo en caso de disparidad de opinión.

#### 3.1 Parámetros orbitales no OSG

|   |  |
|---|--|
| $N_{sat}$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D              | Número de satélites no OSG   |
| $N_{co}[latitud]$<br>§ 3.4.2 de la Parte D                | Número máximo de satélites no OSG que funcionan en la misma frecuencia en la latitud $lat$ |
| $A[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Semieje mayor de la órbita (km)  |
| $E[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Excentricidad de la órbita   |
| $I[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Inclinación de la órbita (grados)  |
| $O[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Longitud del nodo ascendente de la órbita (grados)   |
| $W[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Argumento del perigeo (grados)   |
| $V[N]$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D                 | Anomalía verdadera (grados)  |
| $W_{delta}$<br>§ 3.4.2 y 4.1.4.2 de la Parte D            | Gama del mantenimiento en posición para el nodo ascendente                                 |
| $H_{MIN}$<br>§ 3.4.2 de la Parte D                        | Altura mínima de funcionamiento (km)   |
| ORBIT_PRECESS<br>§ 3.4.4, 4.1.4.4 y 4.2.4.4 de la Parte D | Velocidad de precisión   |

## 3.2 Entradas de parámetros de RF no OSG

### 3.2.1 Estaciones terrenas

|   |   |
|---|---|
| non_GSO_ES_PATTERN<br>§ 3.3 de la Parte C | Diagrama de antena de estación terrena no OSG   |
| $P$<br>§ 3.4 de la Parte C                | Potencia máxima a la entrada de la antena de estación terrena no OSG, en la anchura de banda de referencia (dBW)                        |
| FSTART_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D        | Inicio de la banda de frecuencias del enlace ascendente (GHz)   |
| FEND_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D          | Fin de la banda de frecuencias del enlace ascendente (GHz)  |
| REGION1_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D       | Aplicable en la Región 1  |
| REGION2_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D       | Aplicable en la Región 2  |
| REGION3_UP<br>§ 4.1.1 de la Parte D       | Aplicable en la Región 3  |
| ES_TRACK<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D       | Número máximo de satélites no OSG que funcionan en la misma frecuencia sometidos a seguimiento  |
| ES_EIRP<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D        | p.i.r.e. por estación terrena no OSG (dBW) en la anchura de banda de referencia RAFBW   |
| ES_MINELEV<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D     | Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena no OSG cuando está transmitiendo (grados)   |
| ES_MIN_GSO<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D     | Ángulo mínimo al arco OSG (grados)  |
| ES_DENSITY<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D     | Número medio de estaciones terrenas no OSG isofrecuencia con enlace OSG (km <sup>2</sup> )  |
| ES_DISTANCE<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D    | Distancia media entre células o estaciones en centros de la proyección del haz que funcionan en la misma frecuencia con enlace OSG (km) |

### 3.2.2 Satélites

|   |  |
|---|--|
| FSTART_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D                      | Inicio de la banda de frecuencias del enlace descendente (GHz)   |
| FEND_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D                        | Fin de la banda de frecuencias del enlace descendente (GHz)  |
| REGION1_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D                     | Aplicable en la Región 1   |
| REGION2_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D                     | Aplicable en la Región 2   |
| REGION3_DOWN<br>§ 3.1 de la Parte D                     | Aplicable en la Región 3   |
| $P_i$<br>§ 2.3.1 de la Parte C                          | Potencia máxima emitida por el haz $i$ de la antena del satélite no OSG (dBW) en la anchura de banda de referencia   |
| $G$<br>§ 2.3.1 de la Parte C                            | Ganancia de la antena del satélite no OSG (dBi)  |
| $G_{cross}$<br>§ 2.3.1 de la Parte C                    | Ganancia de polarización cruzada de la antena del satélite no OSG (dBi)  |
| $N_{co}$<br>§ 2.3.1 de la Parte C                       | Número máximo de haces isofrecuencia, copolarizados  |
| $N_{cruzada}$<br>§ 2.3.1 de la Parte C                  | Número máximo de haces de polarización cruzada isofrecuencia   |
| APUNTAMIENTO DE ANTENA<br>§ 2.4.1 y 2.4.2 de la Parte C | Descripción del método de apuntamiento de la antena del satélite no OSG (por ejemplo, células orientables/fijas respecto a la Tierra, fijas respecto a la dirección de desplazamiento del satélite, fijas respecto a las líneas de longitud) |

### 3.2.3 Cálculos de $dfpe_{es}$

|  |  |
|--|--|
| FSTART_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D         | Inicio de la banda de frecuencias donde se aplica $dfpe_{es}$ (GHz)                    |
| FEND_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D           | Fin de la banda de frecuencias donde se aplica $dfpe_{es}$ (GHz)                       |
| REGION1_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D        | Aplicable en la Región 1   |
| REGION2_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D        | Aplicable en la Región 2   |
| REGION3_IS<br>§ 4.2.1 de la Parte D        | Aplicable en la Región 3   |
| non_GSO_SS_EIRP<br>§ 4.2.4.2 de la Parte D | p.i.r.e. por estación espacial no OSG (dBW) en la anchura de banda de referencia RIFBW |

### 3.3 Datos detallados acerca de la(s) técnica(s) de mitigación empleada(s)

Descripción de la técnica de mitigación utilizada, incluidos todos los aspectos que afectan al cálculo de los contornos de la  $dfp$ .

### 3.4 Sistema de referencia espacial de la $dfp$

#### 3.4.1 Dirección de transmisión del enlace ascendente

|  |  |
|--|--|
| Técnica de mitigación<br>§ 2.2 de la Parte C | Descripción de la observancia de una zona de exclusión en la extensión de la célula no OSG o de la observancia de una zona de exclusión en el centro de la célula (texto definiendo las técnicas de mitigación utilizadas para los sentidos de transmisión del enlace ascendente y el enlace descendente), u otras |
|--|--|

#### 3.4.2 Dirección de transmisión del enlace descendente

|  |  |
|--|--|
| Técnica de mitigación<br>§ 2.2 de la Parte C | Descripción de la observancia de una zona de exclusión en la extensión de la célula no OSG o de la observancia de una zona de exclusión en el centro de la célula (texto definiendo las técnicas de mitigación utilizadas para los sentidos de transmisión del enlace ascendente y el enlace descendente), u otras |
|--|--|

## 4 Entradas al soporte informático para el cálculo de $dfpe_{\uparrow}$ y $dfpe_{\downarrow}$ y la comprobación del cumplimiento de los límites

### 4.1 Entradas de los parámetros orbitales no OSG

Véase el § 3.1 de la Parte B.

## 4.2 Contorno de la dfp del enlace descendente no OSG

| MIN_EXCLUDE<br>§ 3.4.2 de la Parte D   | Ángulo de la zona de exclusión   |
|--|--|
| Opción 1<br>pfd_mask (satélite,<br>latitud, $\alpha$ (o $X$ ), $\Delta L$ )<br>§ 2 de la Parte C | El contorno de la dfp se define por: <ul style="list-style-type: none"> <li>– el satélite no OSG</li> <li>– la latitud del punto subsatelital no OSG</li> <li>– el ángulo de separación <math>\alpha</math> entre esta estación espacial no OSG y el arco OSG, como se ve desde cualquier punto de la superficie de la Tierra. El ángulo <math>\alpha</math> es por consiguiente el ángulo topocéntrico mínimo medido desde esta estación terrena particular entre la estación espacial no OSG interferente y cualquier estación espacial del arco OSG (o el ángulo de separación <math>X</math>, que es el ángulo entre una línea proyectada desde el arco OSG a través de la estación espacial no OSG a tierra y una línea que va de la estación espacial no OSG al borde del haz no OSG)</li> <li>– la diferencia de longitud <math>\Delta L</math> entre el punto subsatelital no OSG y el punto en el arco de la OSG en el que <math>\alpha</math> (o <math>X</math>) se hace mínimo</li> </ul> |
| Opción 2<br>pfd_mask (satélite,<br>latitud, Az, El)<br>§ 2 de la Parte C                         | El contorno de la dfp se define por: <ul style="list-style-type: none"> <li>– el satélite no OSG</li> <li>– la latitud del punto subsatelital no OSG</li> <li>– el ángulo de acimut, definido en el § 5.4.3 de la Parte D</li> <li>– el ángulo de elevación, definido en el § 5.4.3 de la Parte D</li> </ul>   |

## 4.3 Contorno de la dfp del enlace ascendente no OSG

|  |  |
|--|--|
| Técnica de mitigación<br>§ 2.2 de la Parte C | Descripción de la observancia de una zona de no funcionamiento en la extensión de la célula no OSG o de la observancia de una zona de no funcionamiento en el centro de la célula (texto definiendo las técnicas de mitigación utilizadas para los sentidos de transmisión del enlace ascendente y el enlace descendente), u otras |
| ES_EIRP[ $\theta$ ]<br>§ 3.1 de la Parte C   | p.i.r.e. de la estación terrena no OSG como una función del ángulo con respecto al eje de puntería   |
| ES_TRACK<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D          | Número máximo de satélites no OSG isofrecuencia sometidos a seguimiento  |
| ES_MINELEV<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D        | Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena no OSG cuando está transmitiendo (grados)  |
| ES_MIN_GSO<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D        | Ángulo mínimo del arco OSG (grados)  |
| ES_DENSITY<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D        | Número medio de estaciones terrenas no OSG (km <sup>2</sup> )  |
| ES_DISTANCE<br>§ 4.1.4.2 de la Parte D       | Distancia media entre células o entre centros de la proyección del haz (km)  |

## 4.4 Puntos de prueba del conformidad de la dfp

### 4.4.1 Puntos identificados por la administración notificante

La administración debe proporcionar los puntos más sensibles (máxima dfpe), que producirán la interferencia más grande a las redes OSG. Proporcionará además la metodología aplicada a la determinación de estos puntos. Esto incluye los emplazamientos de los satélites OSG, el eje de puntería de la antena del satélite OSG y las estaciones terrenas OSG.

#### 4.4.2 Puntos determinados por la BR en el tratamiento previo

La BR debe determinar estos puntos y debe proporcionar una indicación de la metodología utilizada para su determinación.

## 5 Entradas al soporte informático para las pruebas de coherencia interna

Datos tomados del § 3 de la Parte B y del Anexo 1 a la Parte B.

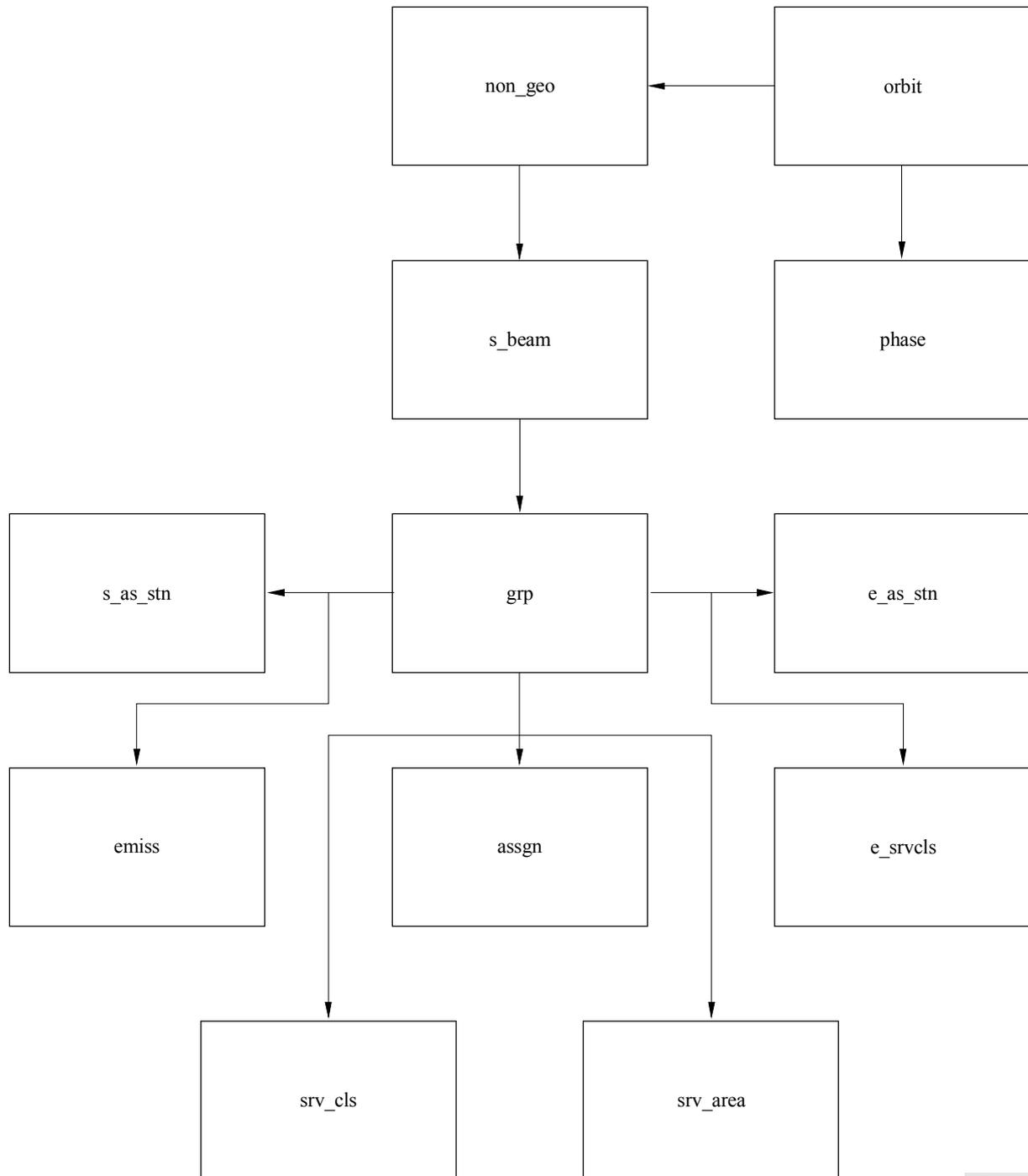
### ANEXO 1

#### A LA PARTE B

En el Anexo 1 a la Parte B se presenta el formato real de la base de datos del Apéndice S4 del RR, el cual debe actualizarse para incluir los parámetros que se necesitan.

En el Cuadro 8 se listan las informaciones actuales del Apéndice S4 del RR relativas a sistemas de satélites no OSG incluidos actualmente en la base de datos sobre sistemas de redes espaciales de la BR y las bases sobre datos gráficos (Sistema gráfico de gestión de interferencia (GIMS, *graphical interference management system*) asociadas. La relación entre los cuadros de la base de datos se muestra en la Fig. 7. Serían necesarios, por supuesto, nuevos elementos de datos alfanuméricos o gráficos utilizados para el procesamiento de los cálculos de la dfp relativos a las redes de satélites no OSG, los cuales deben ser identificados, definidos en cuanto a su formato y ubicación en la estructura de la base de datos de la BR y añadidos a este Cuadro. La lista de tales elementos adicionales debe finalmente servir de base para la administración de las contribuciones referentes a la información adicional o modificada que ha de añadirse al Apéndice S4 del RR en la próxima CMR. Una vez que el Apéndice S4 del RR haya sido actualizado, la BR incluirá dichos elementos en los formularios de notificación y en la base de datos.

FIGURA 7



CUADRO 8

Datos sobre un sistema no OSG notificados de acuerdo con el ApS4/II

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato   | S4/II   | Descripción  | Comentario |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|-----------|---|--|------------|
| <b>assgn</b>      |                   |                                    |           | x   | Frecuencia asignada  |            |
|                   | freq_sym          | C.2.a                              | X         | x   | Símbolo que indica kilohertzio [K], megahertzio [M] o gigahertzio [G]  |            |
|                   | freq_assgn        | C.2.a                              | 9(5).9(5) | x   | Frecuencia asignada  |            |
| <b>e_as_stn</b>   |                   |                                    |           | x   | <b>Estación terrena asociada</b>   |            |
|                   | stn_name          | C.10.b.1                           | X(20)     | x   | Nombre de la estación transmisora o receptora  |            |
|                   | ctry              |                                    | XXX       | x   | Símbolo del país o zona geográfica en la que se encuentra la estación  |            |
|                   | stn_type          | C.10                               | X         | x   | Código que indica si la estación terrena es específica [S] o típica [T]  |            |
|                   | long_deg          | C.10.b.2                           | 999       | x   | Parte grados de la coordenada longitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                              |            |
|                   | long_ew           | C.10.b.2                           | X         | x   | Indicador de dirección de longitud: Este [E] u Oeste [W]   |            |
|                   | long_min          | C.10.b.2                           | 99        | x   | Parte minutos de la coordenada longitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                             |            |
|                   | long_sec          | C.10.b.2                           | 99        | x   | Parte segundos de la coordenada longitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                            |            |
|                   | lat_deg           | C.10.b.2                           | 99        | x   | Parte grados de la coordenada latitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                               |            |
|                   | lat_ns            | C.10.b.2                           | X         | x   | Indicador de dirección de longitud: Norte [N] o Sur [S]  |            |
|                   | lat_min           | C.10.b.2                           | 99        | x   | Parte minutos de la coordenada latitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                              |            |
|                   | lat_sec           | C.10.b.2                           | 99        | x   | Parte minutos de la coordenada latitud de la estación expresada en grados, minutos y segundos                              |            |
|                   | noise_t           | C.10.c.5                           | 9(6)      | x   | Temperatura de ruido total del sistema de recepción, expresada en kelvins y referida a la salida de la antena de recepción |            |
|                   | gain              | C.10.c.2                           | S99.9     | x   | Ganancia isotrópica máxima de la antena expresada en dB, con un decimal  |            |
| bmwidth           | C.10.c.3          | 999.99                             | x         | Anchura angular del lóbulo principal expresada en grados, con dos decimales |  |            |

CUADRO 8 (Continuación)

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato | S4/II | Descripción  | Comentario |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------|-------|--|------------|
| <b>e_as_stn</b>   |                   |                                    |         | x     | <b>Estación terrena asociada (cont.)</b>   |            |
|                   | ant_type          | C.10.c.4a                          | X(12)   | x     | Diagrama de radiación de antena indicado por una referencia a la Recomendación UIT-R apropiada |            |
|                   | diag_e            | C.10.c.4b                          | 99      | x     | Número del adjunto del diagrama de radiación   |            |
|                   | coefa             |                                    | 99.9    | x     | Para antenas no estándar   |            |
|                   | coefb             |                                    | 99.9    | x     | Para antenas no estándar   |            |
|                   | coefc             |                                    | 99.9    | x     | Para antenas no estándar   |            |
|                   | coefd             |                                    | 99.9    | x     | Para antenas no estándar   |            |
|                   | phi1              |                                    | 99.9    | x     | Para antenas no estándar   |            |
| <b>e_srvcsl</b>   |                   |                                    |         | x     | <b>Naturaleza del servicio y clase de estación para una estación terrena asociada</b>          |            |
|                   | stn_cls           | C.10.c.1a                          | XX      | x     | Clase de código de estación  |            |
|                   | nat_srv           | C.10.c.1b                          | XX      | x     | Código de naturaleza del servicio  |            |
| <b>emiss</b>      |                   |                                    |         | x     | <b>Emisión</b>   |            |
|                   | design_emi        | C.7.a                              | X(9)    | x     | Designación de la emisión  |            |
|                   | pwr_tot_pk        | C.8.a.1/C.8.b.1                    | S99.9   | x     | Potencia entregada a la antena [dBW]   |            |
|                   | pwr_ds_max        | C.8.a.2/C.8.b.2                    | S99.9   | x     | Densidad máxima de potencia [dBW/Hz]   |            |
|                   | pwr_min_pk        | C.8.c.1                            | S99.9   | x     | Potencia mínima de creta entregada a la antena [dBW]   |            |
|                   | pwr_ds_min        | C.8.c.2                            | S99.9   | x     | Densidad mínima de potencia [dBW/Hz]   |            |
|                   | c_to_n            | C.8.e                              | S99.9   | x     | Objetivo de C/N (total, con cielo despejado)   |            |

CUADRO 8 (Continuación)

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato | S4/II                         | Descripción  | Comentario                    |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------|-------------------------------|--|-------------------------------|
| <b>grp</b>        |                   |                                    |         | x                             | <b>Datos comunes a un grupo de frecuencias asignadas</b>   |                               |
|                   | emi_rcp           |                                    | X       | x                             | Código de identificación de un haz en transmisión [E] o en recepción [R]   |                               |
|                   | beam_name         | B.1                                | X(4)    | x                             | Designación del haz principal de la antena del satélite  |                               |
|                   | bdwidth           | C.3.a                              | 9(8)    | x                             | Banda de frecuencias asignada expresada en kHz   |                               |
|                   | d_inuse           | A.2.a                              | 9(8)    | x                             | Fecha de entrada en servicio   | Fecha en el formato yyyyymmdd |
|                   | f_emi_type        | C.8.a/C.8.b                        | X       | x                             | Bandera indicadora de que, para el conjunto de emisiones asociadas a una lista de asignaciones de frecuencias, los valores proporcionados de la densidad de potencia máxima y potencia de cresta máxima son del tipo C.8.b |                               |
|                   | emi_rsn           | C.8.c                              | 99      | x                             | Número de los adjuntos indicando el motivo de la falta de información sobre la densidad mínima de potencia y potencia de cresta mínima (C.8.c)   |                               |
|                   | noise_t           | C.5.a                              | 9(6)    | x                             | Temperatura de ruido del sistema receptor  |                               |
|                   | polar_type        | C.6                                | XX      | x                             | Símbolo indicativo del tipo y el sentido de la polarización, cuando es aplicable (en el caso de polarización circular o elíptica)  |                               |
|                   | polar_ang         | C.6                                | 999.99  | x                             | En el caso de polarización lineal, valor del ángulo (grados) medido en el sentido contrario a las agujas del reloj en un plano normal al eje del haz desde el plano ecuatorial al vector eléctrico de la onda              |                               |
|                   | diag_area         | C.11.a                             | 99      | x                             | Número del adjunto del diagrama de zona de servicio  |                               |
|                   | diag_spect        | C.9.c                              | 99      | x                             | Número del adjunto del diagrama del contorno del espectro  |                               |
|                   | pwr_max           | C.8.g/C.8.d                        | S99.9   | x                             | Potencia total máxima en el cresta de la envolvente (dBW) o potencia combina máxima (dBW) suministrada a la entrada de la antena   |                               |
|                   | attch_mux         | C.9.c                              | 99      | x                             | Número del adjunto para el tipo de modulación y de acceso múltiple   |                               |
|                   | area_no           | C.11.a                             | 99      | x                             | Número secuencial que asocia un diagrama de zona de servicio particular con el grupo   |                               |
| area_name         |                   | X(20)                              | x       | Nombre de la zona de servicio |  |                               |

CUADRO 8 (Continuación)

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato | S4/II  | Descripción   | Comentario   |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------|--|---|--|
| <b>non_geo</b>    |                   |                                    |         | x  | <b>Estación espacial no geoestacionaria</b>   |  |
|                   | sat_name          | A.1                                | X(20)   | x  | Nombre del satélite   |  |
|                   | inclin_ang        | A.4.b.1                            | 999.9   | x  | Ángulo de inclinación de la órbita del satélite con respecto al plano del Ecuador   |  |
|                   | prd_ddd           | A.4.b.2                            | 999     | x  | Parte días del periodo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un satélite no geoestacionario por un punto en su órbita    |  |
|                   | prd_hh            | A.4.b.2                            | 99      | x  | Parte horas del periodo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un satélite no geoestacionario por un punto en su órbita   |  |
|                   | prd_mm            | A.4.b.2                            | 99      | x  | Parte minutos del periodo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un satélite no geoestacionario por un punto en su órbita |  |
|                   | apog              | A.4.b.3a                           | 9(5).99 | x  | Altitud más alejada del satélite no geoestacionario por encima de la superficie de la Tierra o de otro cuerpo de referencia (km)          | Las distancias > 99 999 km se expresan como el producto de los valores de los campos «apogeo» y «apog_exp» (véase más adelante)<br>por ejemplo: 125 000 = 1,25 × 10 <sup>5</sup>   |
|                   | apog_exp          | A.4.b.3a                           | 99      | x  | Parte exponente del apogeo expresada en potencias de 10   | Para indicar el exponente; asignar 0 para 10 <sup>0</sup> , 1 para 10 <sup>1</sup> , 2 para 10 <sup>2</sup> , etc.   |
|                   | perig             | A.4.b.3b                           | 9(5).99 | x  | Altitud más próxima del satélite no geoestacionario por encima de la superficie de la Tierra o de otro cuerpo de referencia (km)          | Las distancias > 99 999 km se expresan como el producto de los valores de los campos «perigeo» y «perig_exp» (véase más adelante)<br>por ejemplo: 125 000 = 1,25 × 10 <sup>5</sup> |
|                   | perig_exp         | A.4.b.3b                           | 99      | x  | Parte exponente del perigeo expresada en potencias de 10  | Para indicar el exponente; asignar 0 para 10 <sup>0</sup> , 1 para 10 <sup>1</sup> , 2 para 10 <sup>2</sup> , etc.   |
|                   | ref_body          |                                    | X       | x  | Código del cuerpo de referencia alrededor del cual gira el satélite   |  |
|                   | nbr_sat           | A.4.b.4                            | 9(4)    | x  | Número de satélites no geoestacionarios utilizados en una órbita no geoestacionaria idéntica  |  |
| nbr_plane         | A.4.b.5           | 99                                 | x       | Número de planos orbitales no geoestacionarios |   |  |

CUADRO 8 (Continuación)

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato | S4/II | Descripción   | Comentario                     |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------|-------|---|--------------------------------|
| <b>orbit</b>      |                   |                                    |         | x     | <b>Plano orbital de un satélite no geoestacionario</b>                                    |                                |
|                   | nbr_sat_pl        | A.4.b.5                            | 99      | x     | Número de satélites por plano orbital no geoestacionario                                  |                                |
|                   | right_asc         | A.4.b.5                            | 999.99  | x     | Separación angular (grados) entre el nodo ascendente y el equinoccio de primavera         |                                |
|                   | inclin_ang        | A.4.b.5                            | 999.9   | x     | Ángulo de inclinación de la órbita del satélite con respecto al plano del Ecuador         |                                |
|                   | semi_major        | A.4.b.5                            | 9(5)    | x     | Semieje mayor de la órbita del satélite (km)  |                                |
|                   | eccentr           | A.4.b.5                            | 9.99    | x     | Excentricidad de la órbita del satélite   |                                |
|                   | perig_arg         | A.4.b.5                            | 999.9   | x     | Separación angular (grados) entre el nodo ascendente y el perigeo de una órbita elíptica  |                                |
| <b>phase</b>      |                   |                                    |         | x     | <b>Ángulo de fase inicial de un satélite no geoestacionario en el plano orbital</b>       |                                |
|                   | phase_ang         | A.4.b.5                            | 999.9   | x     | Ángulo de fase inicial del satélite en el plano orbital                                   |                                |
| <b>s_as_stn</b>   |                   |                                    |         | x     | <b>Estación espacial asociada</b>   |                                |
|                   | <i>sat_name</i>   | C.10.a                             | X(20)   | x     | Nombre de la estación espacial asociada   |                                |
|                   | <i>beam_name</i>  |                                    | X(4)    | x     | Designación del haz de la antena del satélite asociado                                    |                                |
|                   | stn_type          | C.10                               | X       | x     | Tipo de estación espacial asociada: geoestacionaria [G] o no geoestacionaria [N]          |                                |
|                   | long_nom          |                                    | S999.99 | x     | Longitud nominal de la estación espacial asociada, indicando «-» para Oeste «+» para Este | En grados de -179,99 a +180,00 |

CUADRO 8 (Fin)

| Nombre del Cuadro | Elemento de datos | Elementos en el Apéndice S4 del RR | Formato | S4/II                    | Descripción  | Comentario |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|---------|--------------------------|--|------------|
| <b>s_beam</b>     |                   |                                    |         | x                        | <b>Haz de la antena del satélite</b>   |            |
|                   | <i>emi_rcp</i>    |                                    | X       | x                        | Código que indica si un haz es transmisor [E] o receptor [R]   |            |
|                   | <i>beam_name</i>  | B.1                                | X(4)    | x                        | Designación del haz de la antena del satélite  |            |
|                   | <i>ang_alpha</i>  | B.4.b                              | 999.9   | x                        | Orientación del haz del satélite   |            |
|                   | <i>ang_beta</i>   | B.4.b                              | 99.9    | x                        | Orientación del haz del satélite   |            |
|                   | <i>ant_type</i>   | B.4.a/B.4.b                        | X(12)   | x                        | Diagrama de radiación de la antena indicado por una referencia a la Recomendación UIT-R apropiada    |            |
|                   | <i>diag_e</i>     | B.4.a/B.4.b                        | 99      | x                        | Número del adjunto para el diagrama de radiación   |            |
|                   | <i>diag_elev</i>  | B.4.b                              | 99      | x                        | Número del adjunto del diagrama de ganancia en función del ángulo de elevación                       |            |
|                   | <i>gain</i>       | B.4.a                              | S99.9   | x                        | Ganancia isotrópica máxima de la antena expresada en dB con un decimal; ganancia copolar para planos |            |
|                   | <i>loss_atth</i>  | B.4.b                              | 99      | x                        | Número del adjunto de los datos de pérdidas de dispersión  |            |
|                   | <i>pwr_max_4k</i> | B.4.b                              | S99.9   | x                        | p.i.r.e. máxima en 4 kHz   |            |
|                   | <i>pwr_avg_4k</i> | B.4.b                              | S99.9   | x                        | p.i.r.e. media en 4 kHz  |            |
|                   | <i>pwr_max_1m</i> | B.4.b                              | S99.9   | x                        | p.i.r.e. máxima en 1 MHz   |            |
|                   | <i>pwr_avg_1m</i> | B.4.b                              | S99.9   | x                        | p.i.r.e. media en 1 MHz  |            |
| <i>coefa</i>      |                   | 99.9                               | x       | Para antenas no estándar |  |            |
| <i>coefb</i>      |                   | 99.9                               | x       | Para antenas no estándar |  |            |
| <b>srv_area</b>   |                   |                                    |         | x                        | <b>Zona de servicio</b>  |            |
|                   | <i>ctry</i>       | C.11.a                             | XXX     | x                        | Símbolo del país o zona geográfica   |            |
| <b>srv_cls</b>    |                   |                                    |         | x                        | <b>Naturaleza del servicio y clase de estación para el grupo de asignaciones de frecuencias</b>      |            |
|                   | <i>stn_cls</i>    | C.4.a                              | XX      | x                        | Clase de estación  |            |
|                   | <i>nat_srv</i>    | C.4.b                              | XX      | x                        | Naturaleza del servicio  |            |

## PARTE C

**Generación de contornos de dfp/p.i.r.e.****1 Definición**

El objeto de la confección de contornos de la dfp es definir una envolvente de la potencia radiada por las estaciones espaciales no OSG y las estaciones terrenas no OSG de modo que los resultados de los cálculos incluyan cual sería la potencia radiada con independencia de la asignación de recursos y la estrategia de conmutación utilizadas en los diferentes periodos de la vida de un sistema no OSG.

Para calcular el contorno de dfp se puede utilizar el concepto de ángulo de referencia basado en el satélite.

**2 Generación de contornos de la dfp de los satélites****2.1 Presentación general**

Los contornos de la dfp de los satélites viene definida por la dfp máxima generada por cualquier estación espacial del sistema no OSG interferente vista desde cualquier punto de la superficie de la Tierra. Para el soporte informático de verificación de la BR se recomienda utilizar un contorno cuadrimensional, definida mediante una de las dos opciones siguientes:

*Opción 1:* Como una función de:

- el satélite no OSG;
- la latitud del punto subsatelital no OSG;
- el ángulo de separación  $\alpha$  entre esta estación espacial no OSG y el arco OSG, como se ve desde cualquier punto de la superficie de la Tierra. El ángulo  $\alpha$  es por tanto el ángulo topocéntrico mínimo medido desde esta estación terrena concreta entre la estación espacial no OSG interferente y cualquier estación espacial situada en el arco OSG (o el ángulo de separación  $X$ , que es el ángulo entre una línea proyectada desde el arco OSG a través de la estación espacial no OSG a tierra y una línea desde la estación espacial no OSG al borde del haz no OSG);
- la diferencia  $\Delta L$  de longitud entre el punto subsatelital no OSG y el punto del arco OSG en el que  $\alpha$  (o  $X$ ) se hace mínimo.

*Opción 2:* Como una función de:

- el satélite no OSG;
- la latitud del punto subsatelital no OSG;
- el ángulo de acimut, definido en el § 5.4.3 de la Parte D;
- el ángulo de elevación, definido en el § 5.4.3 de la Parte D.

Cualesquiera que sean los parámetros (por ejemplo, ángulo  $\alpha$ , ángulo  $X$ , ...) utilizados para generar el contorno de la dfp, ésta debe convertirse a uno de los formatos de las opciones anteriores.

La estación espacial no OSG puede generar simultáneamente un número máximo determinado de haces, lo que debe tomarse en consideración con el fin de ajustar mejor el diseño del sistema y no sea demasiado limitativo para los sistemas no OSG.

En el cálculo del contorno de la dfp se implementan las técnicas de mitigación utilizadas por el sistema no OSG, tales como la evitación del arco OSG. La evitación del arco OSG define una zona de no funcionamiento en tierra situada en el campo de visión de una estación espacial no OSG. La ubicación de esta zona de no funcionamiento en tierra se desplazará en función de la latitud del punto subsatelital no OSG. A fin de conseguir un modelo más exacto de un sistema no OSG, la latitud del punto subsatelital no OSG se toma como un parámetro del cálculo del contorno de la dfp.

La utilización de contornos de la dfp con ángulo  $\alpha$ , o  $X$ , implica emplear la misma definición del ángulo OSG para el ángulo de exclusión en el cálculo de la dfpe.

## 2.2 Descripción de las técnicas de mitigación

En este punto debe explicarse cuidadosamente la técnica de mitigación implantada en el sistema no OSG al objeto de que sea completamente modelada en el cálculo de la dfpe $\gamma$ .

En cuanto al uso de una zona de no funcionamiento alrededor del arco OSG, hay al menos tres métodos diferentes de modelar un sistema no OSG basado en una arquitectura celular:

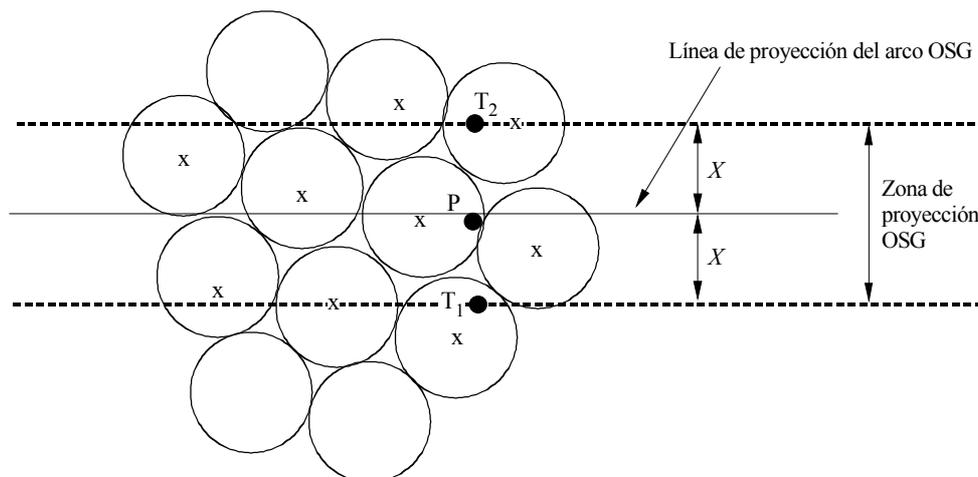
- Observancia de una zona de no funcionamiento en la extensión de la célula: un haz de una estación espacial no OSG es apagado si el ángulo de separación entre esta estación espacial no OSG y el arco OSG, en cualquier punto de la célula no OSG, es menor de  $\alpha_0$  (ángulo de evitación del arco OSG).
- Observancia de una zona de no funcionamiento en el centro de la célula : una haz de una estación espacial no OSG es apagado cuando el centro de la célula ve esta estación espacial no OSG con un ángulo menor que  $\alpha_0$  a partir del arco OSG.
- Una referencia basada en el satélite: un haz de una estación espacial no OSG se apaga cuando un ángulo de referencia basado en el satélite,  $X$ , es menor que  $X_0$ . El ángulo de referencia  $X$  es el ángulo entre la línea proyectada desde el arco OSG a través de la estación espacial no OSG a la Tierra y una línea que va desde la estación espacial no OSG al borde del haz no OSG.

Un sistema no OSG puede utilizar otras técnicas de mitigación que no se recogen aquí. La información sobre estas técnicas será suministrada por la administración no OSG para la descripción y verificación del contorno de la dfp.

En las Figs. 8a y 8b se definen el ángulo  $\alpha$  y el ángulo  $X$ :

FIGURA 8a

### Vista en planta de los haces y del ángulo de exclusión basado en el satélite



x: haz apagado cuando el borde se encuentra dentro de la zona de proyección OSG

1503-08a

## 2.3 Cálculo de la dfp

### 2.3.1 Cálculo de la dfp

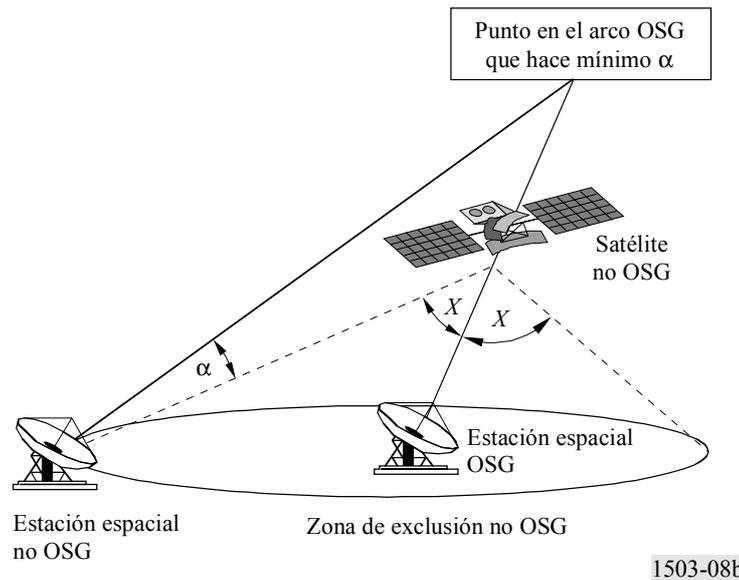
La dfp radiada por una estación espacial no OSG en cualquier punto de la superficie de la Tierra es la suma de las dfp producidas por todos los haces iluminantes en la banda de isofrecuencias.

Algunos sistemas no OSG tienen antenas de seguimiento que apuntan a células fijas en la superficie de la Tierra y no se mueven con el vehículo espacial. No obstante, como el contorno de la dfp se genera respecto al emplazamiento no OSG, pueden formularse hipótesis en el desarrollo del contorno de dfp. Con la hipótesis simple de que las células se desplazan respecto al vehículo espacial se puede llegar a distribuciones geográficas inexactas de los niveles de la dfpe.

Se ha señalado que, como los sistemas no OSG utilizan técnicas de mitigación de la interferencia, no existirá alineación de haz principal con haz principal. Por tanto, los efectos de la despolarización determinan que deban incluirse como fuentes de interferencia las contribuciones de copolarización y contrapolarización.

FIGURA 8b

Relación entre las geometrías del ángulo de exclusión basado en el satélite,  $X$ , y el ángulo basado en tierra,  $\alpha$ , en el caso de interferencia producida por redes no OSG en redes OSG



Esta implementación de la máscara de dfp toma en cuenta explícitamente la co-polarización y la polarización cruzada de los satélites no OSG hacia las estaciones terrenas OSG para cualquier tipo de polarización (circular-hacia-circular o lineal-hacia-lineal). La isolación entre sistemas con polarizaciones de distinto tipo (circular-hacia-lineal) no está cubierto directamente. Un estudio ha demostrado que la interferencia total media hacia toda tasa de elipticidad y orientación de polarización de elipse representa un incremento neto muy pequeño de 0,048 dB de la potencia de la señal interferente recibida en la antena del SRS. Los límites de cualquier contribución de polarización cruzada, que serán muy improbablemente alcanzados, oscilan entre -30 dB y +3 dB.

Entonces:

$$dfp = 10 \log \left( \sum_i^{N_{co}} 10^{dfp\_co_i / 10} + \sum_j^{N_{cruzada}} 10^{dfp\_cruzada_j / 10} \right)$$

siendo:

- $dfp$ : dfp radiada por una estación espacial no OSG (dB(W/m<sup>2</sup>)) en la anchura de banda de referencia
- $i$ : índice de los haces iluminados en la polarización considerada
- $N_{co}$ : número máximo de haces que pueden ser iluminados simultáneamente en la polarización considerada
- $dfp\_co_i$ : dfp producida en el punto considerado de la superficie de la Tierra por un haz en la polarización considerada (dB(W/m<sup>2</sup>)) en la anchura de banda de referencia
- $j$ : índice de los haces iluminados en la polarización opuesta a la polarización considerada
- $N_{cruzada}$ : número máximo de haces que pueden ser iluminados simultáneamente en la polarización opuesta a la polarización considerada
- $dfp\_cruzada_j$ : dfp producida en el punto considerado de la superficie de la Tierra por un haz en la polarización opuesta a la polarización considerada (dB(W/m<sup>2</sup>)) en la anchura de banda de referencia

y

$$dfp\_co_i = P_i + G_i - 10 \log_{10} (4 \pi d^2)$$

donde:

- $P_i$ : potencia máxima emitida por el haz en la anchura de banda de referencia (dB(W/BW<sub>ref</sub>))
- BW<sub>ref</sub>: anchura de banda de referencia (kHz)

- $G_i$ : ganancia generada por el haz  $i$  en la polarización considerada, en el punto considerado de la superficie de la Tierra (dBi)
- $d$ : distancia entre la estación espacial no OSG y el punto considerado de la superficie de la Tierra (si la ganancia de la antena del satélite no OSG se encuentra en situación de isoflujo,  $d$  es la altitud de la estación espacial no OSG) (m)

y

$$pdf\_cruzada_j = P_j + G\_cruzada_j - 10 \log_{10} (4 \pi d^2)$$

donde:

$G\_cruzada_j$ : ganancia de polarización cruzada generada por el haz  $j$  iluminado en la polarización opuesta a la polarización considerada, en el punto considerado en la superficie de la Tierra (dBi).

Se espera que los parámetros utilizados para generar las máscaras de dfp/p.i.r.e. correspondan al comportamiento del sistema no OSG a lo largo de su tiempo de vida previsto.

### 2.3.2 Ganancia de la antena del satélite en el punto considerado de la superficie de la Tierra

El objetivo de este punto es determinar la ganancia en la dirección de un punto M en la superficie de la Tierra cuando la antena del satélite apunta a la célula  $i$ . La antena puede definirse según cuatro sistemas de coordenadas:

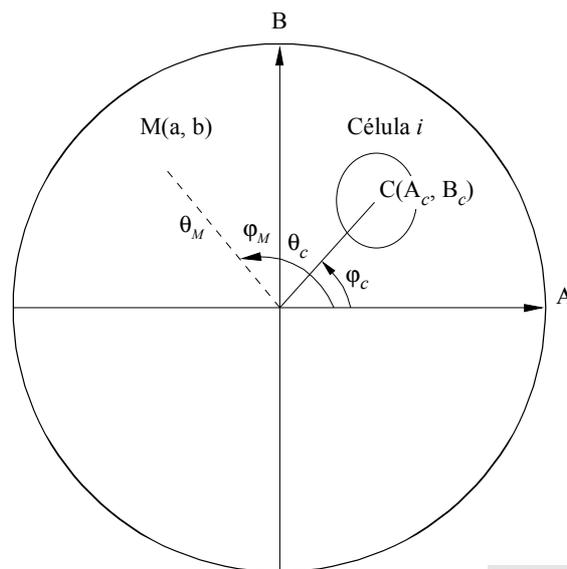
- $\varphi$ : coordenada esférica
- $v$ :  $u = \text{sen } \theta \cos \varphi$ ,  $v = \text{sen } \theta \text{ sen } \varphi$
- B:  $A = \theta \cos \varphi$ ,  $B = \theta \text{ sen } \varphi$
- (Az, El):  $\text{sen } (\text{El}) = \text{sen } \theta \text{ sen } \varphi$ ,  $\text{tg } (\text{Az}) = \text{tg } \theta \cos \varphi$

A título de ejemplo, se han efectuado los cálculos a continuación sobre la referencia de antena (A, B).

El muestreo del diagrama de antena no OSG debe adaptarse de modo que la interpolación no produzca niveles de ganancia muy diferentes a los valores reales.

En la Fig. 9 se representa la geometría del plano de antena (A, B).

FIGURA 9  
Plano de antena (A, B)

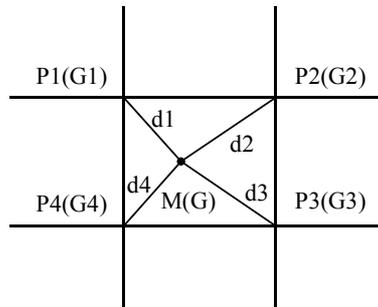


1503-09

Las coordenadas del punto M en la superficie de la Tierra son (a, b) en el plano de antena (A, B), que corresponden a ( $\theta_M$ ,  $\varphi_M$ ) en coordenadas polares.

Las coordenadas del centro C de la célula  $i$ , son (A<sub>c</sub>, B<sub>c</sub>) en el plano de antena (A, B), y ( $\theta_c$ ,  $\varphi_c$ ) en coordenadas esféricas.

En el caso de diagramas de la ganancia de antena del satélite con descripciones funcionales (es decir, ecuaciones), se puede calcular directamente la ganancia en el punto M a partir de las coordenadas  $C(A_c, B_c)$  y  $M(a, b)$ . Para otros diagramas, las ganancias de antena del satélite son proporcionadas en una retícula de puntos (A, B). El punto M(a, b) puede situarse entre cuatro puntos de la retícula (A, B). Por tanto, hay que evaluar la ganancia en el punto M conociendo la ganancia en los cuatro puntos : P1(G1), P2(G2), P3(G3) y P4(G4).



1503-09bis

Antes de sumar las cuatro ganancias, se ponderan con las distancias entre  $P_i$  y M.

Si  $(a_j, b_j)$  son las coordenadas (A, B) del punto  $P_j$ , y  $d_j$  ( $j = 1, \dots, 4$ ) la distancia del punto  $P_j$  al punto M entonces:

$$d_j = \sqrt{(a - a_j)^2 + (b - b_j)^2}$$

Si  $d_j = 0$ , entonces  $G_i(M) = G_i(P_j)$

por otra parte:

$$m_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{k=1}^4 \frac{1}{d_k}}$$

y

$$G_i(M) = 10 \log_{10} \left( \left( \sum_{j=1}^4 m_j \sqrt{10 \frac{G_i(P_j)}{10}} \right)^2 \right)$$

$G_i(M)$  es entonces la ganancia del haz iluminante  $i$  de la antena del satélite no OSG en la dirección del punto M.

El muestreo del diagrama de antena del satélite no OSG debe adaptarse de modo que la interpolación no conduzca a una aproximación significativa.

En el muestreo del contorno de la dfp deben aplicarse los mismos criterios.

## 2.4 Metodología

El contorno de la dfp se define por la dfp máxima generada por cualquier estación espacial del sistema no OSG interferente y como una función de los parámetros definidos en la Opción 1 o en la Opción 2. Para la generación de la máscara de dfp, las células en la huella del satélite no OSG están situadas de acuerdo con el apuntamiento de haz utilizado por el sistema no OSG. Para satélites con antenas orientables, el satélite puede apuntar en la misma zona de la Tierra gracias a su sistema de seguimiento a través del cielo.

Estas células son fijas en relación a la superficie de la Tierra. Para satélites con ángulos de apuntamiento fijos con relación al satélite, el diagrama de las células es el mismo con respecto al satélite pero se mueve con respecto a la Tierra.

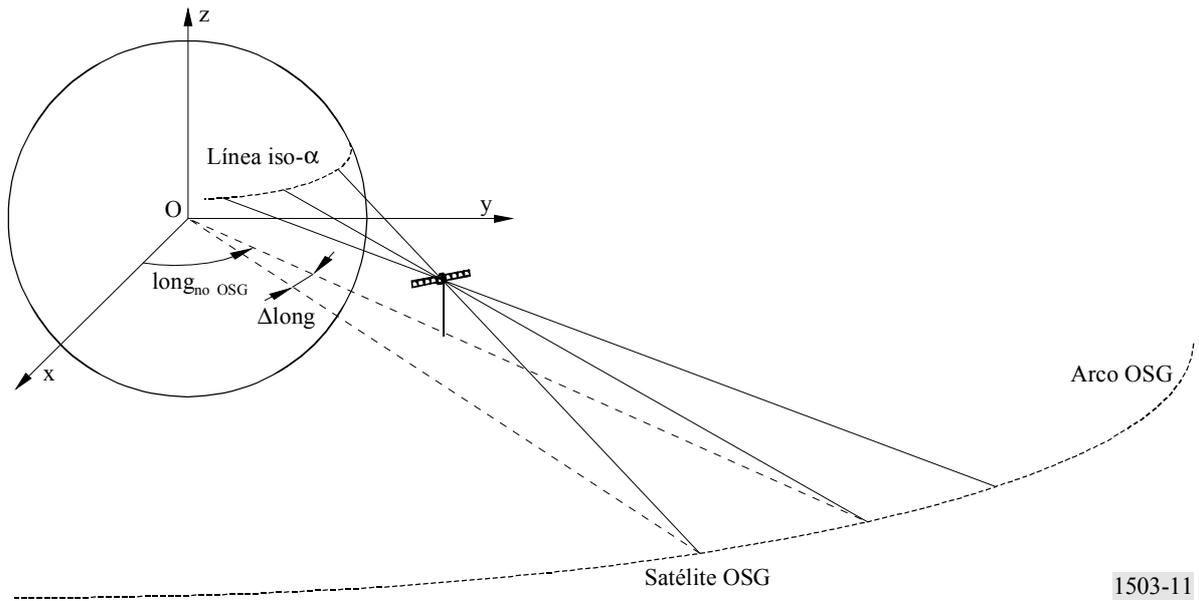
### 2.4.1 Opción 1

La Opción 1 se ha descrito para un contorno de la dfp definida como una función de, por ejemplo, el ángulo de separación  $\alpha$ . Si el contorno de la dfp se proporciona como una función del ángulo  $X$ , los cálculos son los mismos sustituyendo el ángulo  $\alpha$  por el ángulo  $X$ .



- De estas  $N_{co}$  y  $N_{cruzada}$  células, sólo un número determinado de ellas puede ser iluminado a la vez. Esto caracteriza la limitación del sistema repetidor de la estación espacial no OSG.
- Si es aplicable, deben también esclarecerse las limitaciones en términos de diagrama de reutilización de frecuencias y diagrama de reutilización de polarización.
- Si es de aplicación, se puede, por ejemplo, variar la potencia asignada a una célula teniendo en cuenta el ángulo de elevación relativo a esta célula, por ejemplo.

FIGURA 11  
Vista en 3 dimensiones de la línea iso- $\alpha$



1503-11

*Paso 5:* La generación del contorno de la dfp ha de tener también en cuenta de manera cuidadosa la técnica de mitigación implantada en el sistema no OSG.

En cuanto al uso de la zona de no funcionamiento alrededor del arco OSG, hay tres medios diferentes de modelar un sistema no OSG basado en una arquitectura celular:

- observancia de una zona de no funcionamiento en la extensión de la célula: un haz es apagado cuando un punto de tierra ve un satélite no OSG dentro de un ángulo  $\alpha_0$  del arco OSG. En este caso particular, se apaga cualquier haz que ilumine una célula que se encuentra atravesada por una línea iso- $\alpha$  correspondiente a un valor  $|\alpha| \leq \alpha_0$ ;
- observancia de una zona de no funcionamiento en el centro de la célula: un haz es apagado cuando el centro de la célula ve un satélite no OSG dentro de un ángulo  $\alpha_0$  del arco OSG. En este caso, se apaga cualquier haz que ilumine una célula cuyo centro se encuentra dentro de la zona de no funcionamiento acotada por las dos líneas iso- $\alpha$ ;
- si se elige una referencia basada en el satélite: un haz de una estación espacial no OSG pasa a la condición de apagado cuando el ángulo,  $X$ , es menor que  $X_0$ . El ángulo de referencia  $X$  es el ángulo formado por una línea proyectada desde el arco OSG a través de la estación espacial no OSG a tierra y una línea que va desde la estación espacial no OSG al borde del haz no OSG.

*Paso 6:* El valor máximo de la dfp correspondiente a un valor dado de  $\alpha$  dentro de un intervalo de  $\Delta L$  es:

$$dfp(\alpha, \Delta L) = \text{máx}_{k=1, 2, \dots, n}(dfp(M_{\alpha, k}))$$

*Paso 7:* La situación de una línea iso- $\alpha$ , y por ende el valor de la dfp máxima a lo largo de la misma, depende de la latitud del punto subsatelital no OSG. Por consiguiente, será necesario disponer de un conjunto de contornos de la dfp, correspondiendo cada una de ellas a una latitud determinada del punto subsatelital.

*Paso 8:* Puede ser preciso disponer de un conjunto de contornos de la dfp (una para cada satélite no OSG).

### 2.4.2 Opción 2

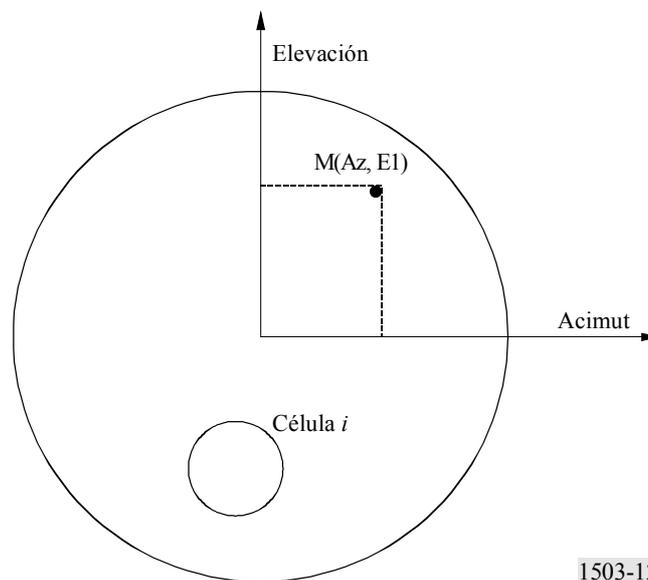
El contorno de la dfp se define en una retícula en acimut y elevación, para cada latitud del punto subsatelital no OSG.

El objetivo del contorno es definir el nivel máximo posible de la dfp radiada por la estación espacial no OSG en esta retícula acimut-elevación.

En cada punto de la proyección del haz del satélite no OSG sobre la Tierra, la dfp depende de:

- la configuración de los haces puntuales iluminados por el satélite;
- el número máximo de haces isofrecuencia que pueden ser iluminados simultáneamente;
- el número máximo de haces isofrecuencia y copolarizados que pueden ser iluminados simultáneamente;
- la potencia máxima disponible en el repetidor del satélite.

FIGURA 12  
Campo de visión de una estación espacial no OSG (Opción 2)



1503-12

La metodología propuesta para la generación del contorno de la dfp comprende los siguientes pasos:

*Paso 1:* En un momento dado, en el campo de visión de una estación espacial no OSG,  $N_{total}$  es el número máximo de células que pueden ser vistas con el ángulo de elevación de servicio mínimo.

*Paso 2:* Para cada punto  $M(Az, El)$ , determinar la dfp máxima. La dfp máxima en un punto  $M_{\alpha,k}$  se determina hallando en primer lugar la dfp aportada por cada célula  $i$  en dirección a  $M(Az, El)$  habida en cuenta de la dependencia de los diagramas de lóbulos laterales con el ángulo de inclinación del haz. Se suman a continuación las contribuciones de las dfp máximas en dirección a  $M_{\alpha,k}$ , estando restringido el número de contribuciones por las limitaciones físicas de la estación espacial:

- De las  $N_{total}$  células que pueden verse dentro de la zona de cobertura de la estación espacial bajo un ángulo de elevación mínimo para el funcionamiento, solamente  $N_{co}$  células pueden ser iluminadas en la misma anchura de banda, en un sentido de polarización, y  $N_{cruzada}$  células en el otro sentido de polarización. Esto caracteriza la limitación del sistema de antena de la estación espacial no OSG. Para calcular el contorno en una polarización, se identifican las células que pueden ser iluminadas en dicha polarización, y se considera el nivel de polarización cruzada para otras células.
- De estas  $N_{co}$  y  $N_{cruzada}$  células, sólo un número determinado de ellas puede ser iluminado a la vez. Esto caracteriza la limitación del sistema repetidor de la estación espacial no OSG.
- Si es aplicable, deben también esclarecerse las limitaciones en términos de diagrama de reutilización de frecuencias y diagrama de reutilización de polarización.
- Si es de aplicación, se puede, por ejemplo, variar la potencia asignada a una célula teniendo en cuenta el ángulo de elevación relativo a esta célula, por ejemplo.

*Paso 3:* La generación del contorno de la dfp ha de tener también en cuenta de manera cuidadosa la técnica de mitigación implantada en el sistema no OSG.

En cuanto al uso de la zona de no funcionamiento alrededor del arco OSG, hay tres medios diferentes de modelar un sistema no OSG basado en una arquitectura celular:

- observancia de una zona de no funcionamiento en la extensión de la célula: un haz es apagado cuando un punto de tierra ve un satélite no OSG dentro de un ángulo  $\alpha_0$  del arco OSG. En este caso particular, se apaga cualquier haz que ilumine una célula que se encuentra atravesada por una línea iso- $\alpha$  correspondiente a un valor  $|\alpha| \leq \alpha_0$ ;
- observancia de una zona de no funcionamiento en el centro de la célula: un haz es apagado cuando el centro de la célula ve un satélite no OSG dentro de un ángulo  $\alpha_0$  del arco OSG. En este caso, se apaga cualquier haz que ilumine una célula cuyo centro se encuentra dentro de la zona de no funcionamiento acotada por las dos líneas iso- $\alpha$ ;
- si se elige una referencia basada en el satélite: un haz de una estación espacial no OSG pasa a la condición de apagado cuando el ángulo,  $X$ , es menor que  $X_0$ . El ángulo de referencia  $X$  es el ángulo formado por una línea proyectada desde el arco OSG a través de la estación espacial no OSG a tierra y una línea que va desde la estación espacial no OSG al borde del haz no OSG.

*Paso 4:* Puede ser necesario proporcionar un conjunto de contornos de la dfp como una función de la latitud del punto subsatelital.

*Paso 5:* Puede ser necesario un conjunto de contornos de la dfp (uno por cada satélite no OSG).

### 3 Generación de contornos de p.i.r.e.

#### 3.1 Generación de contornos de p.i.r.e. de la estación terrena

##### 3.1.1 Presentación general

El contorno de la p.i.r.e. de la estación terrena se define por la p.i.r.e. máxima generada por la estación terrena, como una función del ángulo con respecto al eje de puntería del haz.

La estación terrena no OSG se encuentra localizada en una célula no OSG que está servida por un número máximo de estaciones espaciales no OSG.

La densidad de estaciones terrenas no OSG que pueden funcionar simultáneamente en la misma frecuencia se utiliza también como dato de entrada para el cálculo.

##### 3.1.2 Descripción de las técnicas de mitigación

En este punto debe explicarse cuidadosamente la técnica de mitigación implantada en el sistema no OSG al objeto de que sea completamente modelada en el cálculo de la dfp $\uparrow$  (véase el § 2.2 de la Parte C).

##### 3.1.3 Diagrama de antena de la estación terrena

Para calcular el contorno de la p.i.r.e. de la estación terrena es necesario identificar el diagrama de antena de la estación terrena utilizado.

##### 3.1.4 Metodología

*Paso 1:* El contorno de la p.i.r.e. de la estación terrena se define por la p.i.r.e. máxima radiada por dicha estación terrena en la anchura de banda de referencia como una función del ángulo con el eje de puntería, y viene definida por:

$$ES\_EIRP(\theta) = G(\theta) + P$$

siendo:

ES\_EIRP: potencia isotrópica radiada equivalente, en la anchura de banda de referencia (dB(W/BW<sub>raf</sub>))

$\theta$ : ángulo de separación entre la estación espacial no OSG y la estación espacial OSG visto desde la estación terrena no OSG (grados)

$G(\theta)$ : ganancia de la antena directiva de la estación terrena (dBi)

$P$ : potencia máxima entregada a la antena, en la anchura de banda de referencia (dB(W/BW<sub>raf</sub>))

BW<sub>raf</sub>: anchura de banda de referencia (kHz).

*Paso 2:* Suponiendo que las células no OSG están uniformemente distribuidas en la superficie de la Tierra, las estaciones terrenas no OSG que transmiten simultáneamente en la misma frecuencia están regularmente distribuidas a lo largo de la célula. Por consiguiente, para configurar la simulación el interferidor puede estar situado en el centro de la célula.

### 3.2 Generación de contornos de p.i.r.e. de las estaciones espaciales

El contorno de p.i.r.e. de una estación espacial se define por la p.i.r.e. máxima generada por una estación espacial no OSG como una función del ángulo entre la dirección de puntería de la estación espacial no OSG considerada y la dirección de la estación espacial OSG.

#### 3.2.1 Metodología

El contorno de la p.i.r.e. de la estación espacial se define por la p.i.r.e. máxima radiada en la anchura de banda de referencia por la estación espacial como una función del ángulo con el eje de puntería, y viene dada por:

$$NGSO\_SS\_EIRP(\theta) = G(\theta) + P$$

donde:

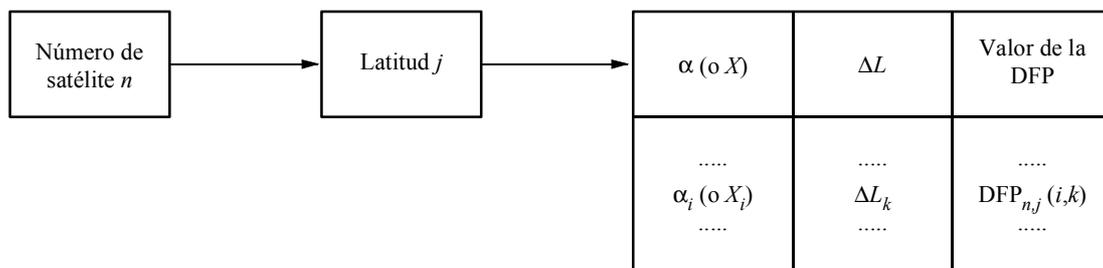
- NGSO\_SS\_EIRP: potencia isotrópica radiada equivalente, en la anchura de banda de referencia (dB(W/BW<sub>rif</sub>))
- $\theta$ : ángulo de separación entre el eje de puntería de la estación espacial no OSG y la dirección de puntería de la estación espacial OSG (grados)
- $G(\theta)$ : diagrama de la ganancia de antena de la estación espacial (dBi) correspondiente a la combinación de todos los haces
- $P$ : potencia máxima, en la anchura de banda de referencia (dB(W/BW<sub>rif</sub>))
- BW<sub>rif</sub>: anchura de banda de referencia (kHz).

## 4 Formato del contorno de la dfp

Esta estructura permite a una administración suministrar los datos con menos grados de libertad si lo desea (número de dimensiones del contorno de la dfp menor que 4). El formato del fichero definiría cual es el modelo que se está utilizando.

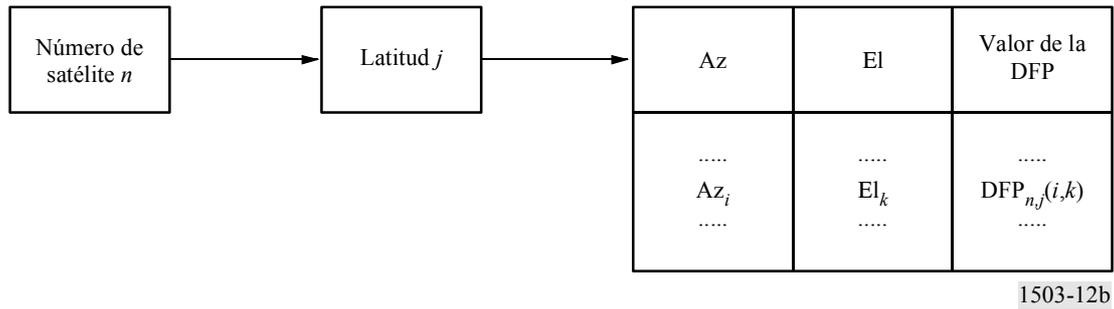
### 4.1 Opción 1

El formato de la base de datos de los contornos de la dfp cuadrimensional debe ser el siguiente:



**4.2 Opción 2**

El formato de la base de datos de los contornos de la dfp cuadrimensional debe ser el siguiente:



PARTE C'

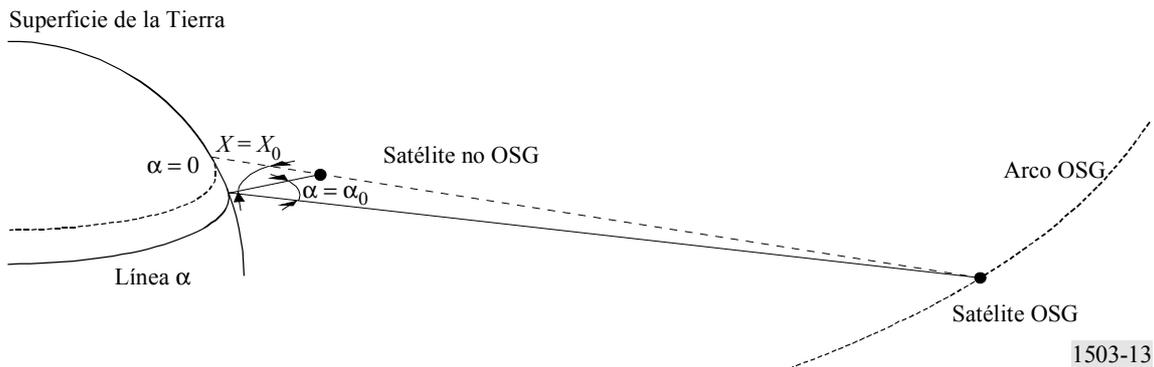
**Ubicación de la dfpe máxima de la red OSG**

**1 Ubicación de la dfpe máxima de la estación terrena OSG que apunta hacia el satélite OSG, para el cálculo de la dfpe↓**

La solución propuesta para definir una ubicación de la dfpe máxima de la estación terrena OSG se basa en un contorno de la dfp referenciada por la latitud de la estación espacial no OSG, el ángulo al arco OSG  $\alpha$  (o ángulo  $X$  del satélite) (véase la Fig. 13) y la diferencia entre la longitud del satélite OSG y la longitud del punto subsateliteal no OSG  $\Delta$ long.

FIGURA 13

**Representación de la situación de dfpe máxima**



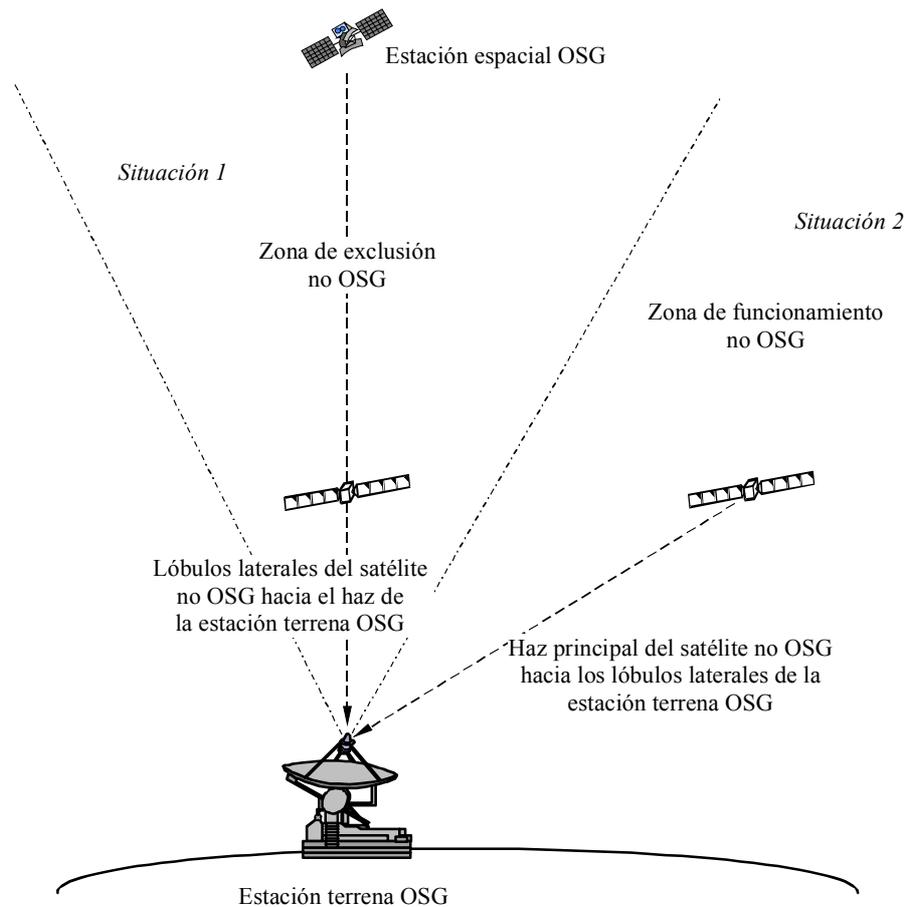
Para tener en cuenta los diferentes valores que pueden tomar los límites del Artículo S22 del RR para diferentes latitudes, a lo largo de esta sección la dfpe máxima debe entenderse como el (límite de la dfpe) máximo.

Las crestas más elevadas de la interferencia de enlace descendente pueden producirse en alguna de estas dos situaciones:

*Situación 1:* Cuando los lóbulos laterales del satélite no OSG atraviesan el haz principal de una estación terrena OSG, o

*Situación 2:* Cuando el haz principal de un satélite no OSG atraviesa los lóbulos laterales de la estación terrena OSG.

FIGURA 14

Representación de las dos situaciones de geometría de la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima

1503-14

La  $dfpe_{\downarrow}$  máxima solo aparece en la situación 1 si los satélites no OSG están encendidos en la zona de exclusión. La  $dfpe_{\downarrow}$  máxima en la situación 2 puede ocurrir tanto si los satélites no OSG están encendidos como si están apagados en la zona de exclusión.

En el caso de satélites no OSG que se encuentran encendidos en la zona de exclusión, sea que la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima ocurra en la situación 1 como en la situación 2, este valor máximo dependerá de cual de los niveles siguientes sea el más elevado para el sistema no OSG estudiado:

- $dfp(\alpha = 0 \text{ (o } X = 0), \Delta L)$
- $dfp(\alpha = \alpha_0 \text{ (o } X = X_0), \Delta L) \cdot G(\theta)/G_{m\acute{a}x}$

donde:

$\theta$ : ángulo con el eje de puntería en la estación terrena OSG

$\alpha_0$ : ángulo entre el arco OSG y el satélite no OSG en el borde del ángulo de exclusión.

### 1.1 Sistema no OSG con satélites encendidos en la zona de exclusión

En el caso más desfavorable, en el sentido más profundo, la interferencia no OSG está gobernada por el valor máximo de la interferencia de un solo satélite.

*Situación 1:* La  $dfpe_{\downarrow}$  máxima se produce para una situación en línea.

La situación en línea para la interferencia producida por un solo satélite tiene lugar cuando un satélite no OSG se encuentra en el haz principal de la estación terrena OSG, es decir, cuando  $\alpha = 0$  (o  $X = 0$ ). No obstante, puede en principio estar desplazada hasta la mitad de un paso de tiempo.

Se puede examinar el contorno de la  $dfp$  del enlace descendente para determinar la latitud del punto subsatelital y la diferencia de longitud  $\Delta long$  en la cual se produce la  $dfp$  máxima para  $\alpha = 0$  (o  $X = 0$ ).

La intersección de la línea  $\alpha = 0$  (o  $X = 0$ ) con la Tierra es un conjunto de ubicaciones de la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima.

*Situación 2:* La  $dfpe_{\downarrow}$  máxima se produce cuando un haz principal de satélite no OSG atraviesa los lóbulos laterales de la antena de la estación terrena OSG.

La metodología utilizada para alcanzar la situación de  $dfpe_{\downarrow}$  máxima será la misma que cuando un satélite no OSG es apagado en la zona de exclusión.

## 1.2 Sistema no OSG con satélites apagados en el zona de exclusión

La  $dfpe_{\downarrow}$  máxima para la interferencia de un solo satélite se produce cuando un satélite no OSG se encuentra más próximo a la zona de exclusión de la estación terrena OSG, es decir, cuando  $\alpha = \pm\alpha_0$  (o  $X = \pm X_0$ ).

Se puede examinar el contorno de la  $dfp$  del enlace descendente para determinar la latitud del punto subsatelital y la diferencia de longitud  $\Delta long$  en la cual se produce la  $dfp$  máxima, es decir, cuando  $\alpha = \pm\alpha_0$  (o  $X = \pm X_0$ ).

Por consiguiente, aplicando este criterio se determina la latitud del satélite no OSG que contribuye con la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima, Lat(no OSG), y la diferencia entre la longitud del punto subsatelital no OSG y la longitud del satélite OSG cuando esto se produce.

Las ubicaciones de la estación terrena OSG vienen entonces determinadas por los puntos en la Tierra para los cuales el ángulo entre el satélite no OSG y el satélite OSG es igual a  $\alpha_0$  ( $X_0$ ).

## 1.3 Algoritmo aplicado a la búsqueda de las ubicaciones con la $dfpe_{\downarrow}$ máxima

En el párrafo a continuación pueden sustituirse todos los ángulos  $\alpha$  por un ángulo  $X$ .

*Paso 1:* Si se apagan los satélites no OSG en la zona de exclusión, pasar al Paso 2 y en caso contrario al Paso 4.

*Paso 2:* Determinar la latitud no OSG (lat no OSG) y  $\Delta long$  (diferencia entre la longitud de la estación espacial no OSG y la longitud de la estación espacial OSG) para que la:

$$\frac{DFP_{\Delta long}(\alpha = \alpha_0, \Delta long)}{G_{m\acute{a}x}} \frac{G(\theta)}{G_{m\acute{a}x}} \quad \text{sea m\acute{i}nima}$$

*Paso 3:* Almacenar  $\Delta long$  y lat no OSG. Ir al Paso 6.

$$\text{Paso 4: Si } \frac{DFP_{\Delta long}(\alpha = \alpha_0, \Delta long)}{G_{m\acute{a}x}} \frac{G(\theta)}{G_{m\acute{a}x}} - dfp(\alpha = 0, \Delta long) > 0$$

el máximo de  $dfpe_{\downarrow}$  ocurre para  $\alpha = \alpha_0$ , y en caso contrario el máximo de  $dfpe_{\downarrow}$  ocurre para  $\alpha = 0$ .

*Paso 4.1:* Determinar la latitud no OSG (lat no OSG) y  $\Delta long$  (diferencia entre la longitud de la estación espacial no OSG y la longitud de estación espacial OSG) para que la:

$$\frac{DFP_{\Delta long}(\alpha = \alpha_0, \Delta long)}{G_{m\acute{a}x}} \frac{G(\theta)}{G_{m\acute{a}x}} \quad \text{sea m\acute{a}xima (si la } dfpe_{\downarrow} \text{ m\acute{a}xima ocurre para } \alpha = \alpha_0)$$

$$\frac{DFP_{\Delta long}(\alpha = \alpha_0, \Delta long)}{G_{m\acute{a}x}} \quad \text{sea m\acute{a}xima (si la } dfpe_{\downarrow} \text{ m\acute{a}xima ocurre para } \alpha = 0).$$

*Paso 5:* Almacenar lat no OSG y  $\Delta long$ .

*Paso 6:* Seleccionar el primer satélite no OSG que se encuentra en la latitud: lat no OSG.

*Paso 7:* Almacenar la longitud del satélite no OSG.

*Paso 8:* Calcular la longitud del satélite OSG.

*Paso 9:* Si los satélites no OSG son apagados en la zona de exclusión, o si los satélite no OSG funcionan en la zona de exclusión y tienen un máximo de la  $dfpe_{\downarrow}$  en  $\alpha \neq 0$ , calcular entonces la latitud y la longitud de la estación terrena OSG en el punto de la Tierra para el cual el ángulo entre el satélite no OSG y el satélite OSG es igual a  $\alpha_0$  (véanse los cálculos geométricos del Anexo 1 a la Parte C').

*Paso 10:* Si los satélites no OSG operan en la zona de exclusión y tienen un valor máximo de la  $dfpe_{\downarrow}$  en  $\alpha = 0$ , calcular entonces la latitud y la longitud de la estación terrena OSG en la intersección de la línea  $\alpha = 0$  con la Tierra (véanse los cálculos geométricos del Anexo 1 a la Parte C').

*Paso 11:* Almacenar la ubicaciones de la red OSG.

## 2 Determinación de la ubicación de la red OSG para una $dfpe_{\uparrow}$ máxima

La  $dfpe_{\uparrow}$  producida por las emisiones de todas las estaciones terrenas de un sistema no OSG que funciona en el SFS, se evalúa en cualquier punto del arco geoestacionario.

En relación con la duración, no es posible calcular las estadísticas de la  $dfpe_{\uparrow}$  para todas las posibles ubicaciones y direcciones de puntería de las estaciones espaciales. Por ello es necesario definir un método de determinación de la ubicación donde se produzca la  $dfpe_{\uparrow}$  máxima.

La  $dfpe_{\uparrow}$  depende de la densidad de estaciones terrenas no OSG que son visibles desde la estación espacial OSG con relación a sus aperturas de antena.

La diferencia de las pérdidas en el espacio libre desde la estación espacial OSG, entre una estación terrena no OSG situada en el punto subsatelital OSG y una estación terrena no OSG con una elevación de  $10^{\circ}$ , es de 1,2 dB aproximadamente, que representa un valor de segundo orden si se le compara con la densidad de estaciones terrenas no OSG existente.

En el medio plazo, cuanto mayor es la distancia desde el punto subsatelital al satélite OSG que está apuntando, mayor será el tamaño del haz iluminado en tierra. Cuando se toma en cuenta la discriminación de la antena del satélite OSG, la dirección de puntería de la  $dfpe_{\uparrow}$  máxima corresponde a un caso en el cual la densidad de estaciones terrenas no OSG situadas dentro de la zona de cobertura OSG es elevada y el número de contribuyentes en los lóbulos laterales alejados es máximo.

En consecuencia, la  $dfpe_{\uparrow}$  máxima se producirá para una estación espacial OSG que apunta lejos del punto subsatelital.

Según esto, la estación espacial OSG localizada en una longitud de  $50^{\circ}$  E y que apunta en una dirección de  $42,5^{\circ}$  N corresponde a una de las ubicaciones de  $dfpe_{\uparrow}$  máxima. Este cálculo se ha llevado a cabo partiendo de la hipótesis de que el borde de la zona de cobertura está en una elevación de  $10^{\circ}$ , y que se utiliza una apertura de antena OSG de  $4^{\circ}$  en la banda de 14/11 GHz.

En la banda 30/20 GHz, la estación espacial OSG está ubicada en una longitud de  $50^{\circ}$  E y apunta en una dirección de  $50,9^{\circ}$  N, lo que corresponde a un ángulo de elevación mínimo de  $20^{\circ}$  y una apertura de antena OSG de  $1,55^{\circ}$ .

## 3 Determinación de la ubicación de la red OSG para una $dfpe_{es}$ máxima

La ubicación de la estación espacial OSG y su dirección de puntería son los mismos que para el cálculo de la  $dfpe_{\uparrow}$  (véase el § 2 de la Parte C').

### ANEXO 1

#### A LA PARTE C'

## 1 Geometría en línea

Consideremos el sistema en la referencia geocéntrica.

Sea:

$R_e$ : radio de la Tierra

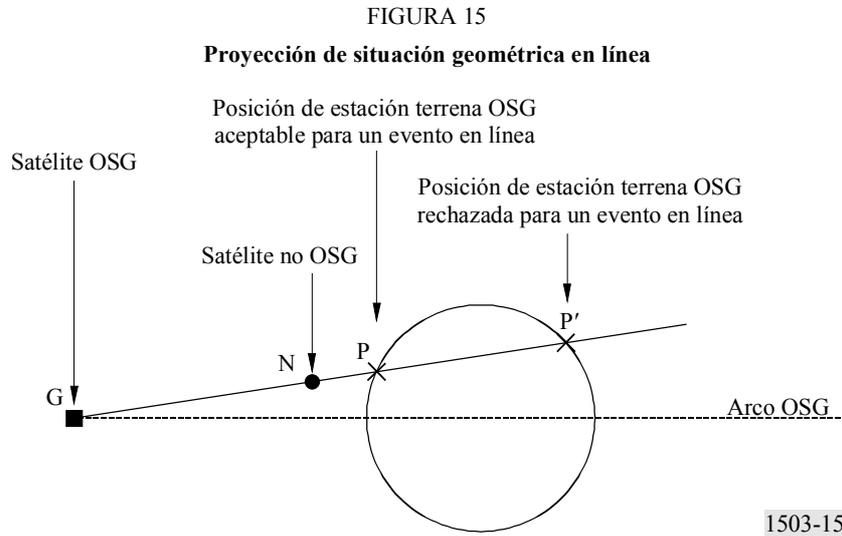
$P(x, y, z)$ : coordenadas de la estación terrena OSG en esta referencia

$S(x_S, y_S, z_S)$ : coordenadas del satélite OSG en esta referencia

$N(x_N, y_N, z_N)$ : coordenadas del satélite no OSG en esta referencia.

## 2 Geometría en línea del enlace descendente

En este punto se describen los cálculos de la posición de la estación terrena OSG para el algoritmo de  $dfpe_{\downarrow}$  máxima en línea que se expone en el § 1 de la Parte C. El cálculo utiliza la posición del satélite no OSG y la posición del satélite OSG para la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima, mediante la geometría siguiente:



La estación terrena OSG se encuentra en la intersección de:

la esfera de la ecuación (5):

$$x^2 + y^2 + z^2 = R_e^2 \tag{5}$$

y la línea que pasa por el satélite OSG y el satélite no OSG:

$$\vec{GP} = k \cdot \vec{GN} \quad \text{con } k \in \mathfrak{R}$$

esto es:

$$\begin{bmatrix} x - x_G = k (x_N - x_G) \\ y - y_G = k (y_N - y_G) \\ z - z_G = k (z_N - z_G) \end{bmatrix} \tag{6}$$

Las ecuaciones (5) y (6) conducen a:

$$(x_G + k (x_N - x_G))^2 + (y_G + k (y_N - y_G))^2 + (z_G + k (z_N - z_G))^2 = R_e^2$$

entonces:

$$\begin{aligned} &k^2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2) + 2k(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) \\ &+ x_G^2 + y_G^2 + z_G^2 = R_e^2 \end{aligned} \tag{7}$$

La ecuación (7) tiene dos soluciones:  $k_1$  y  $k_2$  determinadas como sigue:

Si:

$$\Delta = 4(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G))^2 - 4((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)((x_G^2 + y_G^2 + z_G^2) - R_e^2)$$

entonces:

$$k1 = \frac{-2(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) - \sqrt{\Delta}}{2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)}$$

y

$$k2 = \frac{-2(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) + \sqrt{\Delta}}{2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)}$$

La posición de la estación terrena OSG puede ser:

$$\begin{bmatrix} x = k1(x_N - x_G) + x_G \\ y = k1(y_N - y_G) + y_G \\ z = k1(z_N - z_G) + z_G \end{bmatrix} \text{ o } \begin{bmatrix} x = k2(x_N - x_G) + x_G \\ y = k2(y_N - y_G) + y_G \\ z = k2(z_N - z_G) + z_G \end{bmatrix}$$

La posición correcta de la estación terrena OSG es aquella para la cual:

$$\left\| \vec{PG} \right\| \text{ es mínimo y se registrará solamente si } \left\| \vec{NG} \right\| < \left\| \vec{PG} \right\|$$

es decir:

$(x_N - x)^2 + (y_N - y)^2 + (z_N - z)^2$  ha de ser mínimo y el punto P se registrará solamente si:

$$(x_G - x_N)^2 + (y_G - y_N)^2 + (z_G - z_N)^2 < (x_G - x)^2 + (y_G - y)^2 + (z_G - z)^2$$

### 3 Geometría de la dfpe↓ máxima para la situación de no en línea

#### 3.1 Utilizando el ángulo $\alpha$

En este caso, la dfpe↓ máxima ocurre para una estación terrena OSG situada en un punto de la Tierra desde el cual el ángulo entre el satélite no OSG y el satélite OSG es igual a  $\alpha_0$ .

Para determinar la ubicación de la estación terrena OSG debe entonces satisfacerse el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\cos \alpha_0 = \frac{\vec{GN} \cdot \vec{GS}}{\|\vec{GN}\| \cdot \|\vec{GS}\|} \quad (8)$$

y

$$\sen \alpha_0 = \frac{\|\vec{GN} \times \vec{GS}\|}{\|\vec{GN}\| \cdot \|\vec{GS}\|} \quad (9)$$

Las incógnitas de este conjunto de ecuaciones son las coordenadas  $(x, y, z)$  de la estación terrena OSG de la referencia geocéntrica. Como  $(x, y, z)$  depende solamente de la latitud y longitud de la estación terrena OSG, las incógnitas pueden reducirse a dos si se aplican los cambios de sistema de referencia:

$$x = R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{long})$$

$$y = R_e \cos(\text{lat}) \sen(\text{long})$$

$$z = R_e \sen(\text{lat})$$

El conjunto de ecuaciones (8) y (9) tienen dos incógnitas y por tanto una sola solución.

### 3.2 Utilizando el ángulo $X$

En este caso, la  $dfpe_{\downarrow}$  máxima ocurre para una estación terrena OSG situada en un punto de la Tierra para el cual el ángulo en el satélite no OSG entre la estación terrena OSG y la línea de proyección desde el satélite OSG a través del satélite no OSG a la superficie de la Tierra es igual a  $X_0$ .

Si  $P_{in-line}$  es la línea de proyección desde el satélite OSG a través del satélite no OSG a la superficie de la Tierra, el sistema de ecuaciones que ha de ser satisfecho para determinar la ubicación de estación terrena OSG es entonces:

$$\cos X_0 = \frac{\overrightarrow{NG} \cdot \overrightarrow{NP_{in-line}}}{\|\overrightarrow{NG}\| \cdot \|\overrightarrow{NP_{in-line}}\|} \quad (10)$$

y

$$\sen X_0 = \frac{\overrightarrow{NG} \times \overrightarrow{NP_{in-line}}}{\|\overrightarrow{NG}\| \cdot \|\overrightarrow{NP_{in-line}}\|} \quad (11)$$

El conjunto de ecuaciones (10) y (11) tiene dos incógnitas y por tanto una sola solución.

## PARTE D

### Soporte informático para el examen de los ficheros no OSG

## 1 Introducción

### 1.1 Alcance

El objeto de esta Parte es especificar parte de un documento de requisitos de soporte informático (SRD, *software requirements document*) de un programa de computador que puede ser utilizado por la BR para determinar si un sistema no OSG específico propuesto por una administración cumple los límites de  $dfpe$ . En esta Parte se definen dos métodos al respecto: método de simulación temporal, donde los niveles de interferencia son evaluados en cada paso de tiempo, y método analítico, en el cual se evalúan los niveles de interferencia para incrementos de la posición (latitud y longitud) de un satélite de referencia (véase el § 6 de la Parte D).

### 1.2 Antecedentes

En este punto se supone que se utilizan los siguientes enfoques:

*Cálculo de la  $dfpe_{\downarrow}$* : Cada satélite no OSG tiene un contorno de  $dfp$  y la  $dfp$  de todos ellos se utiliza para calcular la  $dfpe_{\downarrow}$  combinada en una estación terrena de un sistema OSG. Esto se repite para una serie de pasos de tiempo (o posiciones del satélite de referencia; en el método analítico) hasta que se confecciona una distribución de  $dfpe_{\downarrow}$ . Esta distribución puede compararse entonces con los límites para adoptar una decisión pasa/no pasa.

*Cálculo de la  $dfpe_{\uparrow}$* : La Tierra está poblada con una distribución de estaciones terrenas no OSG. Cada estación terrena apunta hacia un satélite no OSG utilizando reglas de puntería de la constelación concernida, y transmite con una p.i.r.e. definida. A partir de la p.i.r.e. y del diagrama de ganancia con respecto al eje de cada estación terrena, se puede calcular la  $dfpe_{\uparrow}$  en la OSG. Este cálculo se repite para una serie de pasos de tiempo (o posiciones del satélite de referencia en el método analítico) hasta que se confecciona una distribución de  $dfpe_{\uparrow}$ . Esta distribución puede compararse entonces con los límites para adoptar una decisión pasa/no pasa.

*Cálculo de la  $dfpe_{es}$* : A partir de la p.i.r.e. y del ángulo con el eje de puntería de cada estación espacial, puede calcularse la  $dfpe_{es}$  en la estación espacial OSG. Esta operación se repite para una serie de pasos de tiempo (o de posiciones del satélite de referencia, en el método analítico) hasta que se confecciona una distribución de la  $dfpe_{es}$ . Esta distribución puede entonces compararse con los límites para adoptar una decisión pasa/no pasa.

El SRD proporciona algoritmos detallados que permitirían su implementación en soporte informático por cualquier parte interesada sin referencia a ninguna metodología de desarrollo específica.

### 1.3 Visión general

Este punto se divide en los siguientes párrafos:

§ 2: Requisitos generales del algoritmo, como constantes y entorno

§ 3: Define el algoritmo de la  $dfpe_{\downarrow}$

§ 4.1: Define el algoritmo de la  $dfpe_{\uparrow}$

§ 4.2: Define el algoritmo de la  $dfpe_{es}$

§ 5: Define la geometría básica y los algoritmos utilizados en el cálculo de ambas  $dfpe$  incluidos los diagramas de ganancia

§ 6: Especifica los detalles del método analítico

§ 7: Especifica los formatos de los resultados y los procesos de obtención de una decisión pasa/no pasa.

Debe señalarse que cuando se incluyen corchetes como parte de un nombre de parámetro, se quiere indicar un índice dentro de un sistema, y no un texto provisional.

### 1.4 Referencias cruzadas

Esta Parte forma parte de un documento general, y en las Partes siguientes se proporciona información adicional.

#### Parte A: Limitaciones fundamentales e hipótesis básicas

Esta Parte está relacionada con los dos enfoques básicos del SRD, en particular el cálculo de pasos de tiempo para el método de simulación temporal y la elección de los incrementos de longitud y latitud del satélite de referencia en el caso de método analítico.

#### Parte B: Parámetros de los sistemas no OSG

En esta Parte se da la lista completa de los parámetros requeridos, utilizándose un subconjunto de parámetros de la misma como datos de entrada de la sección de soporte informático de la  $dfpe$ .

#### Parte C: Definición del contorno de la $dfp$

En esta Parte se proporciona información adicional acerca de la definición y formato de la máscara de  $dfp$  utilizada en los cálculos de la  $dfpe_{\downarrow}$ .

#### Parte C': Geometría de la $dfpe$ máxima

En esta Parte se da información acerca del modo de calcular las ubicaciones del satélite y de la estación terrena OSG que dan la  $dfpe$  máxima.

#### Parte F: Entorno operacional del soporte informático

En esta Parte se proporciona información adicional acerca de los requisitos de plataforma y el sistema de funcionamiento bajo los cuales se espera ejecutar el soporte informático.

#### Parte H: Procedimientos de evaluación del soporte informático candidato

En esta Parte se da información adicional acerca de los requisitos de la interfaz de usuario.

## 2 Requisitos generales

### 2.1 Entorno de soporte informático

El soporte informático debe adaptarse al entorno definido en la Parte F.

### 2.2 Requisitos de realización

En la Parte H se definen los criterios utilizados para evaluar el soporte informático candidato.

### 2.3 Interfaces de programa

Es preferible que el programa lea los datos electrónicamente, pero también deberá poderse introducir datos desde el teclado. El resultado deberá presentarse en formato electrónico o impreso en una impresora configurada para el PC.

### 2.4 Constantes de los algoritmos

Los algoritmos deberán utilizar las siguientes constantes especificadas en la Parte A – Limitaciones fundamentales e hipótesis básicas de la simulación:

- radio de la Tierra
- radio de la órbita geoestacionaria
- constante gravitacional
- parámetro  $J_\alpha$
- velocidad de la luz
- velocidad angular de rotación de la Tierra.

### 2.5 Hipótesis y limitaciones generales

Se supone que se utilizan contornos de la dfp para definir las características radioeléctricas de transmisión de los satélites no OSG. Se parte de la hipótesis de que la Tierra es una esfera con un algoritmo de predicción orbital basado en un punto único de masa más el factor  $J_2$ .

Una limitación general relativa a la generación de las funciones estadísticas de la dfpe, como se describe en el § 2.2 de la Parte B, es:

Tamaño del bin:  $S_B = 0,1 \text{ dB}$

Para ser congruentes con el algoritmo de evaluación del § 7.1.3 de la Parte D, el cálculo de los valores de la dfpe para cada paso de tiempo debe redondearse a los valores inferiores con una precisión máxima de 0,1 dB.

El cálculo del ángulo hacia el arco OSG,  $\alpha$  y  $X$ , que se describe en el § 5.4.2 de la Parte D, se basa en varios puntos de prueba, con una separación especificada entre ellos.

Separación entre puntos de prueba OSG: GSO\_SEPARATION.

### 2.6 Selección de frecuencias

Por lo general se necesitarán valores de frecuencia separados para la evaluación de los niveles de la dfpe dentro de cada servicio (SFS y SRS) en cada una de las bandas de frecuencias del servicio. Sea  $F_{\text{(down/up/is)}}$  la lista que contiene el conjunto de valores de frecuencias que han de probarse. Para determinar el conjunto de valores de  $F_{\text{(down/up/is)}}$  se aplicarán los siguientes procedimientos.

*Paso 0:* Vaciar la lista  $F_{\text{(down/up/is)}}$

*Paso 1:* Para cada servicio (SFS y SRS), repetir el Paso 2

*Paso 2:* Para cada conjunto de límites, repetir el Paso 3

*Paso 3:* Para cada diámetro de antena, repetir los Pasos 4 y 5

*Paso 4:* Hallar la frecuencia más baja que es compartida por las redes OSG y no OSG

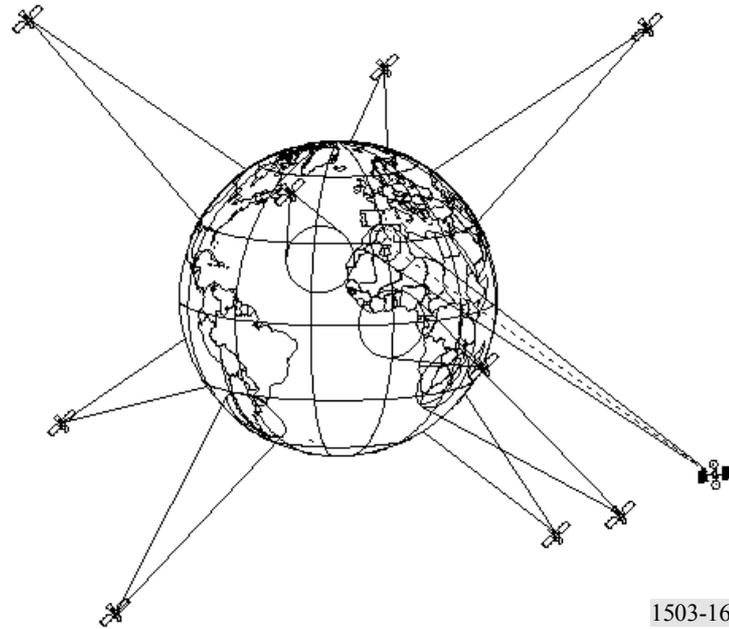
*Paso 5:* Añadir estas frecuencias a la lista de valores de  $F_{\text{(down/up/is)}}$ , para ser probadas.

## 3 Descripción del soporte informático de la dfpe↓

En este punto se describe el algoritmo para calcular la dfpe↓ producida por una constelación de satélites no OSG en un enlace descendente OSG. Se parte del supuesto de que cada satélite no OSG tiene un contorno de dfp. A partir de la dfp de cada satélite se calcula la dfpe↓ combinada en una estación terrena de un sistema OSG. Esta operación se repite para una serie de pasos de tiempo (o posiciones del satélite de referencia, en el método analítico) hasta producir una distribución de la dfpe↓. Esta distribución puede compararse entonces con los límites para generar una decisión pasa/no pasa.

En la Fig. 16 se muestra la configuración geométrica de la constelación de satélites no OSG y el satélites OSG de pruebas que transmite a una estación terrena OSG.

FIGURA 16



### 3.1 Parámetros de la configuración

En este punto se especifican los parámetros requeridos para efectuar los cálculos de la  $dfpe_{\downarrow}$  definidos en el RR. Estos parámetros constituirían un conjunto de datos de  $N$  juegos de límites que pueden ser compartidos entre ejecuciones. Se puede consultar el Cuadro para utilizar los valores requeridos dependiendo de la frecuencia no OSG.

Estas constantes se describen en el § 2.2 de la Parte B, son:

| Nombre del parámetro                               | Valor del parámetro | Unidades y gamas del parámetro                                |
|--|---------------------|---|
| Inicio de la banda de frecuencias                  | FSTART_DOWN         | GHz   |
| Fin de la banda de frecuencias                     | FEND_DOWN           | GHz   |
| Aplicable Región 1                                 | REGION1_DOWN        | Sí o No   |
| Aplicable Región 2                                 | REGION2_DOWN        | Sí o No   |
| Aplicable Región 3                                 | REGION3_DOWN        | Sí o No   |
| Tamaño de la antena                                | GSO_ES_D_ANT        | m   |
| Diagrama de ganancia de antena                     | GSO_ES_PATTERN      | Uno del § 5.5 de la Parte D                                   |
| Anchura de banda de referencia                     | REFBW               | kHz   |
| Número de puntos de $dfpe_{\downarrow}$            | NEPFD_DOWN          | –   |
| Conjunto de valores NEPFD_DOWN $dfpe_{\downarrow}$ | EPFD_DOWN[I]        | $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{BW}_{\text{ref}})$ |
| Conjunto de porcentajes NEPFD_DOWN                 | PC[I]               | %   |

A partir de los conjuntos EPFD\_DOWN[I] se pueden calcular el número de bins y las gamas de bins mediante las siguientes operaciones:

*Paso 1:* Calcular el valor mínimo, EPFD\_DOWN\_MIN, del conjunto EPFD\_DOWN[I].

*Paso 2:* Calcular el valor máximo, EPFD\_DOWN\_MAX, del conjunto EPFD\_DOWN[I].

*Paso 3:* Calcular EPFD\_DOWN\_START mediante el redondeo de EPFD\_DOWN\_MIN al valor más próximo 10 dB por debajo.

*Paso 4:* Calcular EPFD\_DOWN\_END mediante redondeo de EPFD\_DOWN\_MAX al valor más próximo 10 dB por encima.

*Paso 5:* Número de bins = (EPFD\_DOWN\_END – EPFD\_DOWN\_START)/ $S_B$ .

Se obtendrá como resultado un conjunto de bins de tamaño  $S_B$  (tamaño de bin especificado en el § 2.5 de la Parte D) que están por debajo y por encima de los límites requeridos de la  $dfpe_{\downarrow}$ .

### 3.2 Determinación de la configuración de $dfpe$ máxima

En la Parte C' se dan los algoritmos para determinar la ubicación de la estación terrena y el satélite OSG que corresponden a la configuración de la  $dfpe$  máxima.

### 3.3 Cálculo de los pasos de ejecución

#### 3.3.1 Método de simulación temporal

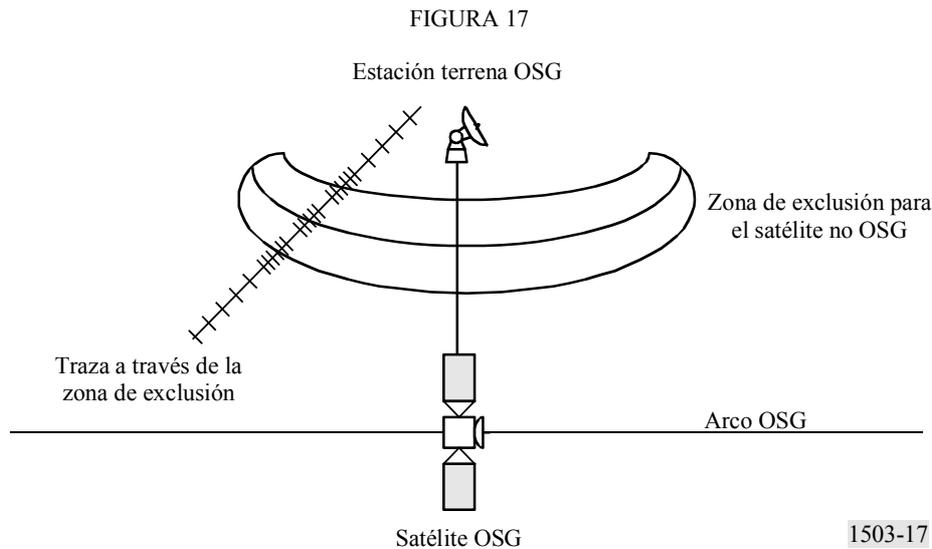
El paso de tiempo fino se calcula utilizando el algoritmo de la Parte A, junto con el cálculo del número de pasos de tiempo.

#### Opción que utiliza dos pasos de tiempo

Con el fin de mejorar el rendimiento de la simulación, un algoritmo opcional consiste en realizar dos pasos de tiempo. Se utilizaría un paso de tiempo grueso, salvo si algún satélite no OSG está cercano a una de las dos condiciones siguientes:

- ángulo de exclusión  $\alpha$  o  $X = 0$ ;
- ángulo de exclusión  $\alpha$  o  $X =$  borde de la zona de exclusión.

En la Fig. 17 se representa cuándo se debe utilizar el paso de tiempo más fino:



En el algoritmo del § 3.5.1 de la Parte D se representan los pasos opcionales de los pasos de tiempo dobles como subpasos, es decir, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 6.3 y 22.1.

Para las regiones no críticas alejadas del eje del haz principal de la estación terrena OSG y de los bordes de la zona de exclusión se utiliza un tamaño de incremento grueso. Este tamaño de paso se define como un ángulo topocéntrico:

$$\varphi_{coarse} = 1,5^\circ$$

Este tamaño de paso se utiliza para todas las anchuras de haz de la antena y todos los sistemas no OSG.

Existen 2 regiones posibles de paso fino que son consecuencia de las dos ubicaciones posibles de  $dfpe$  máxima de un satélite no OSG:

- a) Cuando un satélite no OSG se encuentra próximo al haz principal, la región de paso fino (FSR, *fine step region*) se define como un ángulo topocéntrico fijo a partir del eje del haz de la estación terrena OSG ( $X$  o  $\alpha = 0$ ).
  - Si  $D/\lambda > 100$ , se fija el borde de la región del primer lóbulo lateral a  $\varphi_r$  del diagrama de la estación terrena OSG:

$$\varphi_1 = \varphi_r = 15,85(D/\lambda)^{-0,6}$$

- Si  $D/\lambda < 100$ , se fija el borde de la región del primer lóbulo lateral al definido en el diagrama de la estación terrena OSG:

$$\varphi_1 = 95 \lambda/D$$

El ángulo con el eje de puntería para la región de paso fino se define como el mayor de los valores  $3,5^\circ$  o  $\varphi_1$ :

$$\Phi_{FSR\_1} = \text{máx}(3,5^\circ, \varphi_1)$$

- b) Cuando un satélite no OSG se encuentra próximo a la zona de exclusión, la región de paso fino medida desde el límite de la zona de exclusión ( $X = X_0$  o  $\alpha = \alpha_0$ ) se define como:

$$\Phi_{FSR\_2} = \Phi_{coarse}$$

A fines estadísticos, el tamaño del paso grueso debe ser un múltiplo entero de pasos finos. Puesto que el tamaño del paso grueso es constante, la relación de pasos gruesos a pasos finos depende solamente de la anchura del haz de la estación terrena OSG ( $\varphi_{3dB}$ ). Esta relación se define como:

$$N_{coarse} = \text{Floor}((N_{hit} * \varphi_{coarse}) / \varphi_{3dB})$$

donde floor es una función que trunca la parte decimal del cociente y toma como resultado la parte entera del mismo. Así se produce una relación de pasos finos a pasos gruesos prudente para garantizar que un paso grueso nunca será mayor que el tamaño topocéntrico objetivo de  $1,5^\circ$ .

### 3.3.2 Método analítico

Los incrementos de longitud y latitud de la posición del satélite de referencia se eligen de conformidad con el procedimiento del § 6.3 de la Parte D.

## 3.4 Entradas y formatos de los ficheros

### 3.4.1 Parámetros de entrada

El término entrada es un término genérico que incluye los ficheros de entrada y las entradas proporcionadas por el usuario a través de alguna interfaz gráfica o petición del soporte informático. En este punto se recoge una descripción de los parámetros de entrada necesarios para realizar el análisis de la dfpe. Los subpárrafos siguientes contienen cuadros de las entradas requeridas para los parámetros de los sistemas no OSG, parámetros de los sistemas OSG, parámetros de ejecución, parámetros estadísticos y formatos de los ficheros.

### 3.4.2 Parámetros de los sistemas no OSG

Deberán utilizarse los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B.

| Descripción del parámetro   | Nombre del parámetro                                | Unidades del parámetro |
|---|---|------------------------|
| Contorno de la dfp del satélite   | La definición y el formato se recogen en la Parte C |                        |
| Número de satélites no OSG  | $N_{sat}$   | –                      |
| Número de frecuencias/regiones <sup>(1)</sup>   | $N_{freq}$  | –                      |
| Región <sup>(1)</sup>   | Una de las 1, 2 ó 3                                 | –                      |
| Frecuencia central de transmisión <sup>(1)</sup>  | $F\_DOWN_{sat}$                                     | GHz                    |
| Parámetro de la zona de exclusión   | Alfa o $X$  | –                      |
| Ángulo de la zona de exclusión  | MIN_EXCLUDE   | grados                 |
| Número máximo de satélites que funcionan en la $f_{sat}$ por latitud                        | $N_{co}[Latitude]$                                  | –                      |
| La órbita tiene repetición de la traza en tierra soportada por el mantenimiento en posición | Sí o No   | –                      |
| La administración suministra la velocidad de precesión del nodo específico                  | Sí o No   | –                      |
| Gama del mantenimiento en posición para el nodo ascendente como la mitad de la gama total   | $W_{delta}$   | grados                 |
| Altura mínima de funcionamiento   | H_MIN   | km                     |

<sup>(1)</sup> La Administración de los archivos puede suministrar un juego de (frecuencia de satélite, Región aplicable). De la base de datos sobre límites de la UIT se pueden extraer los datos aplicables de cada juego.

Para cada satélite deberán utilizarse los parámetros a continuación especificados en el § 2.1 de la Parte B, encontrándose recogidas las definiciones de los parámetros en el § 5.3.1 de la Parte D en el momento del inicio de la simulación.

Hay que señalar que en el cuadro que sigue los índices [N] están presentes para significar que el valor sería diferente para cada satélite, correspondiendo el valor *N*-ésimo al satélite *N*-ésimo. En el caso del contorno de la dfp indica que los datos de la dfp están estructurados de forma que la entrada dfp[N] es una referencia que señala a un subconjunto particular. Por ejemplo, cada satélite de la constelación puede hacer referencia al mismo cuadro dfp(lat, az, el), dfp(lat, X, Δlong) o dfp(lat, α, Δlong).

| Descripción del parámetro               | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|---|----------------------|------------------------|
| Contorno de la dfp que ha de utilizarse | pdf[N]               | –                      |
| Semieje mayor                           | A[N]                 | km                     |
| Excentricidad                           | E[N]                 | –                      |
| Inclinación                             | I[N]                 | grados                 |
| Longitud del nodo ascendente            | O[N]                 | grados                 |
| Argumento del perigeo                   | W[N]                 | grados                 |
| Anomalía verdadera                      | V[N]                 | grados                 |

Debido a la utilización de un contorno de la dfp, no son necesarios para el cálculo de la dfe↓ el número de antenas en el satélite y los parámetros del enlace de RF no OSG. Sin embargo, cada satélite puede tener un contorno de la dfp, la cual constituiría una referencia del satélite en la base de datos de contornos de dfp. Cada satélite debe tener un conjunto propio de 6 parámetros orbitales para la definición de la órbita y la propagación subsiguiente.

### 3.4.3 Parámetros de los sistema OSG

Los parámetros de los sistemas OSG pueden tomarse del algoritmo del § 3.2 de la Parte D o de los valores introducidos. En tal caso se utilizan los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B.

| Descripción del parámetro                               | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro      |
|---|----------------------|-----------------------------|
| Longitud del satélite OSG                               | GSO_LONG             | grados                      |
| Latitud de la estación terrena OSG                      | GSO_ES_LAT           | grados                      |
| Longitud de la estación terrena OSG                     | GSO_ES_LONG          | grados                      |
| Diagrama de antena de la estación terrena de referencia | GSO_ES_PATTERN       | Una del § 5.5 de la Parte D |
| Diámetro de la antena de la estación terrena            | GSO_ES_D_ANT         | m                           |

La longitud y latitud del satélite OSG y la estación terrena se definen en los § 5.2 y 5.1 de la Parte D.

### 3.4.4 Parámetros de ejecución

Los parámetros de ejecución pueden, bien calcularse mediante el algoritmo del § 3.3 de la Parte D o con los valores introducidos. En el método de simulación temporal se requieren los siguientes parámetros:

| Descripción del parámetro | Nombre del parámetro  | Unidades del parámetro |
|---------------------------|---|------------------------|
| Paso de tiempo            | TSTEP   | s                      |
| Número de pasos de tiempo | NSTEPS  | –                      |
| Mecanismo de precesión    | J2 o<br>Suministrado por la<br>Administración o<br>Artificial | –                      |
| Velocidad de precesión    | ORBIT_PRECESS   | grados/s               |

En el enfoque del método analítico los parámetros requeridos se refieren a incrementos de la posición del satélite de referencia:

| Descripción del parámetro                      | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|--|----------------------|------------------------|
| Incremento de longitud para la retícula gruesa | PHISTEPCG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula gruesa  | THETASTEPCG          | grados                 |
| Incremento de longitud para la retícula fina   | PHISTEPFG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula fina    | THETASTEFG           | grados                 |

### 3.4.5 Otros parámetros

La ejecución deberá también utilizar las base de datos de los límites de la  $dfpe_{\downarrow}$  del § 3.1 de la Parte D para tomar 3 parámetros definitorios de las funciones estadísticas de la  $dfpe_{\downarrow}$ :

| Descripción del parámetro                            | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro  |
|--|----------------------|---|
| Valor de arranque de los bins de $dfpe_{\downarrow}$ | EPFD_DOWN_START      | $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{BW}_{\text{ref}})$ |
| Tamaño del bin (§ 2.5 de la Parte D)                 | $S_B$                | $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{BW}_{\text{ref}})$ |
| Número de bins de la $dfpe_{\downarrow}$             | N_BINS               | –   |

### 3.4.6 Formatos de los ficheros

Los ficheros deberán estar en formato de código ASCII (texto) para que se puedan inspeccionar visualmente y modificar los parámetros de entrada de los programas. Debería también aceptarse que los parámetros de entrada se presenten en un formato de base de datos binario de base si se proporciona una interfaz gráfica para visionar y modificar los parámetros de entrada antes de ejecutarse la simulación.

## 3.5 Algoritmos y procedimientos de cálculo

Los satélites no OSG operacionales son aquellos que están fuera de la zona de exclusión, por encima de su mínimo ángulo de elevación operacional (es decir a una altura superior a la ALTURA MÍNIMA DE FUNCIONAMIENTO) (MIN\_OPERATING\_HEIGHT) y que transmiten hacia la estación terrestre del sistema OSG. El máximo número de sistemas no OSG operacionales es el máximo número de satélites no OSG autorizados a transmitir hacia el mismo área y utilizando la misma frecuencia.

### 3.5.1 Método de la simulación temporal

Para calcular los valores de la  $dfpe_{\downarrow}$  procedentes de un sistema no OSG en una estación terrena de un sistema OSG debe utilizarse el algoritmo que se desarrolla a continuación. Este algoritmo puede aplicarse a múltiples sistemas OSG en paralelo si es necesario.

*Paso 1:* Leer los parámetros del sistema no OSG especificados en el § 3.4.2 de la Parte D.

*Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el 3.4.3 de la Parte D.

*Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación de la  $dfpe$  OSG máxima mediante el algoritmo del § 3.2 de la Parte D.

*Paso 4:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de los valores de la  $dfpe_{\downarrow}$ .

*Paso 5:* Si es necesario, calcular el número de pasos de tiempo y el tamaño de los pasos de tiempo mediante el algoritmo del § 3.3 de la Parte D y calcular en consecuencia el tiempo de terminación.

Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo, utilizar entonces el Subpaso 5.1, y en los demás casos aplicar siempre  $N_{\text{coarse}} = 1$ .

*Subpaso 5.1:* Calcular el tamaño de incremento grueso  $T_{\text{coarse}} = T_{\text{fine}} * N_{\text{coarse}}$ .

- Paso 6:* Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo, repetir entonces el Subpaso 6.1 hasta el Paso 22 hasta finalizar el tiempo, y en los demás casos repetir los Pasos 7 a 22 hasta finalizar el tiempo.
- Subpaso 6.1:* Si es el primer paso de tiempo, fijar  $T_{step} = T_{fine}$ .
- Subpaso 6.2:* En caso contrario, si quedan menos de  $N_{coarse}$  pasos poner  $T_{step} = T_{fine}$ .
- Subpaso 6.3:* En caso contrario, si alguno de los ángulos  $\alpha$  o  $X$  del último paso de tiempo se encuentra dentro de  $\Phi_{FSR\_1}$  de cero o  $\Phi_{FSR\_2}$  del ángulo de la zona de exclusión ( $\alpha_0$  o  $X_0$ ), poner entonces  $T_{step} = T_{fine}$ , y de lo contrario poner  $T_{step} = T_{coarse}$ .
- Paso 7:* Actualizar los vectores de posición de todas las estaciones terrenas basándose en el sistema de coordenadas del § 5.1 de la Parte D.
- Paso 8:* Actualizar los vectores de posición de todos los satélites OSG basándose en el sistema de coordenadas del § 5.2 de la Parte D.
- Paso 9:* Actualizar los vectores de posición y velocidad de todos los satélites no OSG basándose en el sistema de coordenadas, el modelo de predicción orbital y el algoritmo de mantenimiento en posición del § 5.3 de la Parte D.
- Paso 10:* Poner  $dfpe_{\downarrow} = 0$ .
- Paso 11:* Seleccionar todos los satélites no OSG visibles desde la estación terrena OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.
- Paso 12:* Repetir los Pasos 13 a 18 para cada satélite no OSG visible.
- Paso 13:* Calcular los parámetros requeridos por el contorno de la  $dfp$ , sea el conjunto ( $lat, \alpha$  o  $X, \Delta long$ ) o el conjunto ( $lat, azimuth, elevation$ ), según el caso, utilizando la definición de los ángulos del § 5.1 de la Parte D.
- Paso 14:* Haciendo uso del contorno de la  $dfp$  para el satélite no OSG seleccionado, calcular la  $dfp(lat, \alpha$  o  $X, \Delta long)$  o la  $dfp(lat, azimuth, elevation)$  en la estación terrena OSG mediante el contorno de la  $dfp$  del satélite no OSG que se especifica en el § 3.6 de la Parte D.
- Paso 15:* Calcular el ángulo con el eje de puntería  $\phi$  en la estación terrena OSG entre la línea hacia el satélite OSG y el satélite no OSG.
- Paso 16:* Calcular la ganancia en recepción =  $G_{RX}(\phi)$  (dB) en la estación terrena OSG utilizando el diagrama de ganancia de antena pertinente especificado en los algoritmos del § 5.5 de la Parte D.
- Paso 17:* Calcular la  $dfpe_{\downarrow i}$  para este satélite no OSG aplicando:
- Paso 18:*  $dfpe_{\downarrow i} = dfp(\alpha) + G_{RX}(\phi) - G_{m\acute{a}x}$ , donde  $G_{m\acute{a}x}$  es la ganancia de cresta de la antena de la estación terrena OSG.
- Paso 19:* Ordenar las contribuciones de  $dfpe_{\downarrow}$  de los satélites no OSG.
- Paso 20:* Repetir el Paso 21 para las  $N_{co}[lat]$  contribuciones de  $dfpe_{\downarrow}$  más elevadas contenidas en esta lista, además de aquellos satélites dentro de la zona de exclusión, donde  $N_{co}[lat]$  es el máximo número de satélites no OSG operacionales a la latitud de la estación terrena del sistema OSG (GSO\_ES) considerada correspondiente al máximo número de satélites autorizados a transmitir en la misma frecuencia hacia el mismo área en el suelo, que cumplan con los requerimientos de zona de exclusión del sistema OSG y de mínimo ángulo de elevación, tal y como están definidos para un sistema no OSG.
- Paso 21:* Incrementar  $dfpe_{\downarrow}$  en el valor  $dfpe_{\downarrow i}$ .
- Paso 22:* Incrementar las estadísticas de  $dfpe_{\downarrow}$  en el valor de  $dfpe_{\downarrow}$  para este paso de tiempo mediante entradas  $(T_{step}/T_{fine})$ .
- Paso 23:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\downarrow}$  a partir de la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\downarrow}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.
- Paso 24:* Comparar las estadísticas de la  $dfpe_{\downarrow}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.
- Paso 25:* Presentar los resultados en el formato especificado en el § 7.3 de la Parte D.

### 3.5.2 Enfoque del método analítico

Para calcular los valores de la  $dfpe_{\downarrow}$  procedentes de un sistema no OSG en una estación terrena de un sistema OSG debe utilizarse el algoritmo que se desarrolla a continuación. Si es necesario, este algoritmo puede aplicarse a múltiples sistemas OSG en paralelo.

- Paso 1:* Leer los parámetros del sistema OSG especificados en el § 3.4.2 de la Parte D.
- Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el § 3.4.3 de la Parte D.

- Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación de la  $dfpe$  OSG máxima mediante el algoritmo del § 3.2 de la Parte D.
- Paso 4:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de los valores de la  $dfpe_{\downarrow}$ .
- Paso 5:* Realizar una partición del plano  $\varphi-\theta$  del satélite de referencia no OSG.
- Paso 6:* Repetir los Pasos 7 a 23 para cada elemento (célula) de la partición del plano  $\varphi-\theta$ .
- Paso 7:* Calcular la probabilidad PROB de que el satélite de referencia no OSG se encuentre dentro de la célula mediante la expresión del § 6.1 de la Parte D.
- Paso 8:* Emplazar el satélite de referencia no OSG en el centro de la célula.
- Paso 9:* Determinar la ubicación de los demás satélites de la constelación (hay dos configuraciones de constelación posibles) mediante las expresiones del § 6.2 de la Parte D.
- Paso 10:* Repetir los Pasos 11 a 23 para cada una de las dos configuraciones.
- Paso 11:* Poner  $dfpe_{\downarrow} = 0$ .
- Paso 12:* Seleccionar todos los satélites no OSG visibles desde la estación terrena OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.
- Paso 13:* Repetir los Pasos 14 a 19 para cada satélite no OSG visible.
- Paso 14:* Calcular los parámetros requeridos por el contorno de la  $dfp$ , sea el conjunto  $(lat, \alpha$  o  $X, \Delta long)$  o el conjunto  $(lat, azimuth, elevation)$ , según el caso, utilizando la definición de los ángulos del § 5.1 de la Parte D.
- Paso 15:* Haciendo uso del contorno de la  $dfp$  para el satélite no OSG seleccionado, calcular la  $dfp(lat, \alpha$  o  $X, \Delta long)$  o la  $dfp(lat, azimuth, elevation)$  en la estación terrena OSG mediante el contorno de la  $dfp$  del satélite no OSG que se especifica en el § 3.6 de la Parte D.
- Paso 16:* Calcular el ángulo con el eje de puntería  $\varphi$  en la estación terrena OSG entre la línea hacia el satélite OSG y el satélite no OSG.
- Paso 17:* Calcular la ganancia en recepción =  $G_{RX}(\varphi)$  (dB) en la estación terrena OSG utilizando el diagrama de ganancia de antena pertinente especificado en los algoritmos del § 5.5 de la Parte D.
- Paso 18:* Calcular la  $dfpe_i$  para este satélite no OSG aplicando:
- Paso 19:*  $dfpe_i = dfpe(\alpha) + G_{RX}(\varphi) - G_{máx}$ , donde  $G_{máx}$  es la ganancia de cresta de la antena de la estación terrena OSG.
- Paso 20:* Ordenar las contribuciones de  $dfpe_{\downarrow}$  de los satélites no OSG.
- Paso 21:* Repetir el Paso 22 para las  $N_{co}[lat]$  contribuciones de  $dfpe_i$  más elevadas contenidas en esta lista, además de aquellos satélites dentro de la zona de exclusión, donde  $N_{co}[lat]$  es el máximo número de satélites no OSG operacionales a la latitud de la estación terrena del sistema OSG considerada correspondiente al máximo número de satélites autorizados a transmitir en la misma frecuencia hacia el mismo área en el suelo, que cumplan con los requerimientos de zona de exclusión del sistema OSG y de mínimo ángulo de elevación, tal y como están definidos para un sistema no OSG.
- Paso 22:* Incrementar  $dfpe_{\downarrow}$  en el valor  $dfpe_i$ .
- Paso 23:* Localizar en el histograma de la  $dfpe_{\downarrow}$  el bin correspondiente al valor de  $dfpe_{\downarrow}$  y añadirle  $PROB/2$ .
- Paso 24:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\downarrow}$  a partir de la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\downarrow}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.
- Paso 25:* Comparar las estadísticas de la  $dfpe_{\downarrow}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.
- Paso 26:* Presentar los resultados en el formato especificado en el § 7.3 de la Parte D.

### 3.6 Cálculo del contorno de la $dfp$

El contorno de la  $dfp$  se define como un cuadro de valores de diversos ángulos y latitudes.

Puede suponerse que los ángulos  $\alpha$  o  $X$  crecen a partir de cero de acuerdo con la definición de  $\alpha$  y  $X$  del § 5.4.2 de la Parte D, lo que significa que  $\alpha$  o  $X$  son iguales o mayores que cero.

Obsérvese que la gama de latitudes debe ser:

Mínima:  $-I$

Máxima:  $+I$

donde  $I$  es la inclinación de la órbita del satélite no OSG.

Por lo general los ángulos (acimut, elevación) o ( $\alpha$  o  $X$ ) calculados en cada paso de tiempo se situarán entre dos valores de los conjuntos de valores. En este caso se aplicará una interpolación lineal entre valores de la  $dfp$ .

Debe utilizarse el contorno más próximo en latitud al del satélite de referencia. En la Parte C se da más información sobre el formato y el muestreo del contorno de la  $dfp$ .

### 3.7 Resultados

El resultado del algoritmo son dos conjuntos de tamaños NEPFD\_DOWN (como se especifica en el § 3.1 de la Parte D) de formato:

|  |                   |   |
|--|-------------------|---|
| Conjunto de valores<br>NEPFD_DOWN $dfp_{\downarrow}$ | EPFD_DOWN_CALC[I] | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Conjunto de porcentajes<br>NEPFD_DOWN                | PC_CALC[I]        | %   |

donde PC\_CALC[I] es el porcentaje de tiempo en el que se sobrepasa EPFD\_DOWN\_CALC[I].

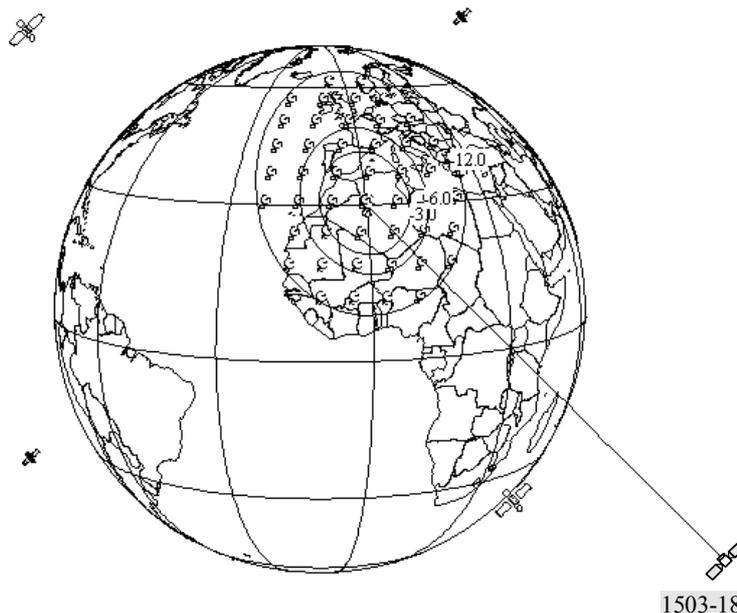
## 4 Descripción del soporte informático

### 4.1 Descripción del soporte informático de la $dfp_{\uparrow}$

En este punto se describe el algoritmo para calcular la  $dfp_{\uparrow}$  procedente de estaciones terrenas no OSG en una enlace ascendente OSG. Se supone que la Tierra está poblada con una distribución uniforme por estaciones terrenas no OSG. Cada una de las estaciones terrenas apunta hacia un satélite no OSG aplicando las reglas de apuntamiento de la constelación, y transmite con una p.i.r.e. definida. A partir de la p.i.r.e. y del diagrama de ganancia de antena fuera del eje de cada estación terrena, se puede calcular la  $dfp_{\uparrow}$  en la OSG. Esta operación se repite para una serie de pasos de tiempo (o de posiciones del satélite de referencia, en el método analítico) hasta que se produce una distribución de la  $dfp_{\uparrow}$ . Esta distribución puede entonces compararse con los límites para dar una decisión pasa/no pasa.

La Fig. 18 muestra la geometría de la población de estaciones terrenas no OSG que transmiten a una constelación de satélites no OSG, junto con un satélite OSG de prueba que recibe de una estación terrena OSG.

FIGURA 18



1503-18

#### 4.1.1 Parámetros de la configuración

En este punto se especifican los parámetros requeridos para efectuar los cálculos de la  $dfpe_{\uparrow}$  definidos en el RR. Estos parámetros constituirían un conjunto de datos de  $N$  juegos de límites que pueden ser compartidos entre pasadas. El cuadro puede ser consultado de modo que se puedan utilizar los valores requeridos dependiendo de la frecuencia del sistema no OSG.

Para cada juego de límites se definirían los siguientes parámetros especificados en el § 2.2 de la Parte B.

| Nombre del parámetro                           | Valor del parámetro | Unidades y gamas del parámetro                                  |
|--|---------------------|---|
| Inicio de la banda de frecuencias              | FSTART_UP           | GHz   |
| Fin de la banda de frecuencias                 | FEND_UP             | GHz   |
| Aplicable Región 1                             | REGION1_UP          | Sí o No   |
| Aplicable Región 2                             | REGION2_UP          | Sí o No   |
| Aplicable Región 3                             | REGION3_UP          | Sí o No   |
| Diagrama de ganancia OSG                       | GSO_SAT_PATTERN     | Una del § 5.5 de la Parte D                                     |
| Ganancia de cresta OSG                         | GSO_SAT_PEAKGAIN    | dBi   |
| Anchura de haz de potencia mitad OSG           | GSO_SAT_BEAMWIDTH   | grados  |
| Anchura de banda de referencia                 | RAFBW               | kHz   |
| Número de puntos de $dfpe_{\uparrow}$          | NEPFD_UP            | –   |
| Conjunto de valores NEPFD_UP $dfpe_{\uparrow}$ | EPFD_UP[I]          | $\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{BW}_{\text{ref}}))$ |
| Conjunto de porcentajes NEPFD_UP               | PC_UP[I]            | %   |

A partir de los conjuntos EPFD\_UP[I] se pueden calcular el número de bins y las gamas de bins mediante las siguientes operaciones:

*Paso 1:* Calcular el valor mínimo, EPFD\_UP\_MIN, del conjunto EPFD\_UP[I].

*Paso 2:* Calcular el valor máximo, EPFD\_UP\_MAX, del conjunto EPFD\_UP[I].

*Paso 3:* Calcular EPFD\_UP\_START mediante el redondeo del EPFD\_UP\_MIN al valor más próximo 10 dB por debajo.

*Paso 4:* Calcular EPFD\_UP\_END mediante el redondeo de EPFD\_UP\_MAX al valor más próximo 10 dB por encima.

*Paso 5:* Número de bins =  $(\text{EPFD\_UP\_END} - \text{EPFD\_UP\_START})/S_B$ .

Esto dará un conjunto de bins que tienen un tamaño  $S_B$  (tamaño de bin especificado en el § 2.5 de la Parte D) y que se encuentran por encima y por debajo de los límites de la  $dfpe_{\uparrow}$  requeridos.

#### 4.1.2 Determinación de la configuración de la $dfpe$ máxima

La ubicación de la  $dfpe$  máxima del satélite OSG y el centro del haz se definen en la Parte C'.

#### 4.1.3 Cálculo de los pasos de ejecución

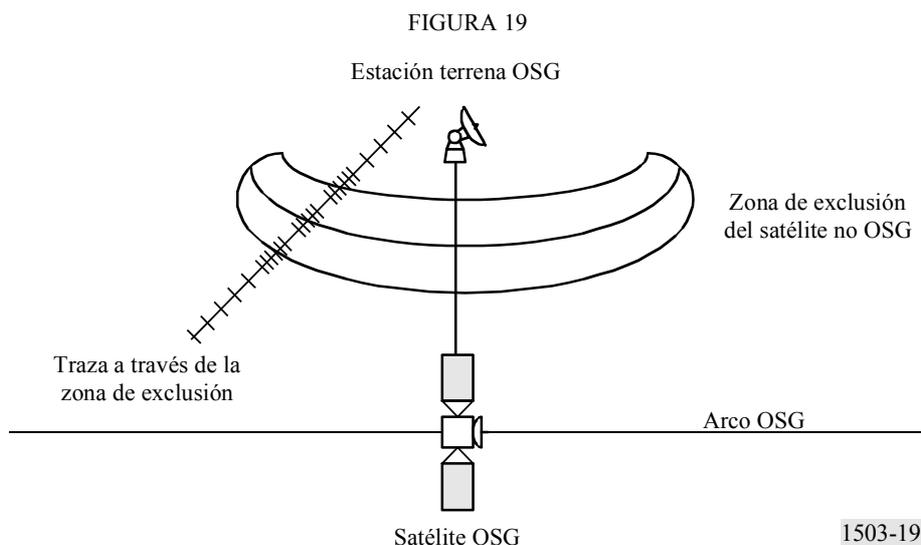
##### 4.1.3.1 Método de simulación temporal

Un paso de tiempo único y varios pasos de tiempo se calculan mediante el algoritmo de la Parte A.

#### Opción que utiliza dos pasos de tiempo

Para mejorar el rendimiento de la simulación una alternativa al algoritmo consiste en implementar dos pasos de tiempo. Se utilizaría un paso de tiempo grueso, salvo si algún satélite no OSG se encuentra próximo al borde de la zona de exclusión. Obsérvese que no es necesario supervisar la línea central que representa  $\alpha = 0$ , ya que la estación terrena OSG no transmite al satélite no OSG dentro de la zona de exclusión.

En la Fig. 19 se representa cuándo se deberá utilizar el paso de tiempo más fino:



En el algoritmo del § 4.6.1 de la Parte D se muestran los pasos opcionales de los pasos de tiempo dobles como subpasos, es decir, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3 y 24.1.

Para las regiones no críticas alejadas del eje del haz principal de la estación terrena OSG y de los bordes de la zona de exclusión se utiliza un tamaño de paso grueso. Este tamaño de paso se define como un ángulo topocéntrico:

$$\varphi_{coarse} = 1,5^\circ$$

Este tamaño de paso se utiliza para todas las anchuras de haz de la antena y todos los sistemas no OSG.

A fines estadísticos, el tamaño del paso grueso debe ser un múltiplo entero de pasos finos. Puesto que el tamaño del paso grueso es constante, la relación de pasos gruesos a pasos finos depende solamente de la anchura del haz de la estación terrena OSG ( $\varphi_{3dB}$ ). Esta relación se define como:

$$N_{coarse} = \text{Floor}((N_{hits} * \varphi_{coarse}) / \varphi_{3dB})$$

donde floor es una función que trunca la parte decimal del cociente y toma como resultado la parte entera del mismo. Así se produce una relación de pasos finos a pasos gruesos prudente para garantizar que un paso grueso nunca será mayor que el tamaño topocéntrico objetivo de  $1,5^\circ$ .

#### 4.1.3.2 Método analítico

Los incrementos de longitud y latitud de la posición del satélite de referencia se eligen de conformidad con el procedimiento del § 6.3 de la Parte D.

#### 4.1.4 Entradas y formatos de los ficheros

##### 4.1.4.1 Parámetros de entrada

En este punto se definen los parámetros de entrada para un escenario de sistema no OSG particular. En este caso, entrada es un término genérico que puede incluir ficheros o entradas de usuario. Se necesita información sobre:

- el sistema no OSG;
- el sistema OSG;
- la configuración de la ejecución.

#### 4.1.4.2 Parámetros de los sistemas no OSG

Se deberán utilizar los parámetros siguientes especificados en el § 2.1 de la Parte B:

| Descripción del parámetro   | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|---|----------------------|------------------------|
| Número de satélites no OSG  | $N_{sat}$            | –                      |
| La órbita tiene repetición de la traza en tierra soportada por el mantenimiento en posición | Sí o No              | –                      |
| La administración suministra la velocidad de precesión del nodo específico                  | Sí o No              | –                      |
| Gama del mantenimiento en posición para el nodo ascendente como la mitad de la gama total   | $W_{delta}$          | grados                 |

Para cada satélite deberán utilizarse los parámetros a continuación especificados en el § 2.1 de la Parte B, encontrándose recogidas las definiciones de los parámetros en el § 5.3.1 de la Parte D en el momento del inicio de la simulación.

Hay que señalar que en el cuadro que sigue los índices [N] están presentes para significar que el valor sería diferente para cada satélite, correspondiendo el valor  $N$ -ésimo al satélite  $N$ -ésimo.

| Descripción del parámetro    | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|------------------------------|----------------------|------------------------|
| Semieje mayor                | A[N]                 | km                     |
| Excentricidad                | E[N]                 | –                      |
| Inclinación                  | I[N]                 | grados                 |
| Longitud del nodo ascendente | O[N]                 | grados                 |
| Argumento del perigeo        | W[N]                 | grados                 |
| Anomalía verdadera           | V[N]                 | grados                 |

Cada satélite debe tener un conjunto propio de 6 parámetros orbitales para la definición de la órbita y la propagación subsiguiente.

Para definir las características de las estaciones terrenas no OSG, deberían utilizarse los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B:

| Descripción del parámetro   | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro                      |
|---|----------------------|---|
| Número de máximo de satélites no OSG sometidos a seguimiento en la misma frecuencia | ES_TRACK             | –   |
| Contorno de la p.i.r.e. de la estación terrena                                      | ES_EIRP              | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Número de frecuencias/regiones <sup>(1)</sup>                                       | $N_{freq}$           | –   |
| Región <sup>(1)</sup>   | Uno de los 1, 2 ó 3  | –   |
| Frecuencia central de transmisión <sup>(1)</sup>                                    | ES_F                 | GHz   |
| Ángulo de elevación mínimo  | ES_MINELEV           | grados                                      |
| Ángulo mínimo al arco OSG   | ES_MIN_GSO           | grados                                      |
| Número medio de estaciones terrenas no OSG por km <sup>2</sup>                      | ES_DENSITY           | /km <sup>2</sup>                            |
| Distancia media entre células o centros de las zonas de haz                         | ES_DISTANCE          | km  |

<sup>(1)</sup> La Administración de los archivos puede suministrar un juego de (frecuencia de satélite, Región aplicable). De la base de datos sobre límites de la UIT se pueden extraer los datos aplicables de cada juego.

#### 4.1.4.3 Parámetros de los sistemas OSG

El sistema OSG puede, bien calcularse, utilizar los parámetros del caso más desfavorable mediante el algoritmo del § 4.1.2 de la Parte D o aplicar valores introducidos. Los parámetros requeridos se especifican en el § 2.1 de la Parte B, son:

| Descripción del parámetro            | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro      |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Longitud del satélite OSG            | GSO_SAT_LONG         | grados                      |
| Latitud de la alineación OSG         | BS_LAT               | grados                      |
| Longitud de la alineación OSG        | BS_LONG              | grados                      |
| Diagrama de antena de referencia OSG | GSO_SAT_PATTERN      | Uno del § 5.5 de la Parte D |

Estos parámetros se definen en los § 5.1 y 5.2 de la Parte D.

#### 4.1.4.4 Parámetros de ejecución

Los parámetros de ejecución pueden, bien calcularse mediante el algoritmo del § 4.1.3 de la Parte D o bien aplicarse valores introducidos. En el método de simulación temporal se requieren los siguientes parámetros:

| Descripción del parámetro | Nombre del parámetro  | Unidades del parámetro |
|---------------------------|---|------------------------|
| Paso de tiempo            | TSTEP   | s                      |
| Número de pasos de tiempo | NSTEPS  | –                      |
| Mecanismo de precesión    | J2 o<br>Suministrado por la<br>Administración o<br>Artificial | –                      |
| Velocidad de precesión    | ORBIT_PRECESS   | grados/s               |

En el enfoque del método analítico los parámetros requeridos se refieren a incrementos de la posición del satélite de referencia:

| Descripción del parámetro                      | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|--|----------------------|------------------------|
| Incremento de longitud para la retícula gruesa | PHISTEPCG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula gruesa  | THETASTEPCG          | grados                 |
| Incremento de longitud para la retícula fina   | PHISTEPFG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula fina    | THETASTEFG           | grados                 |

#### 4.1.4.5 Otros parámetros

La ejecución deberá también utilizar las base de datos de los límites de la  $df_{pe\uparrow}$  del § 4.1.1 de la Parte D para tomar 3 parámetros definitorios de las funciones estadísticas de la  $df_{pe\downarrow}$ :

| Descripción del parámetro                          | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro                      |
|--|----------------------|---|
| Valor de arranque de los bins de $df_{pe\uparrow}$ | EPFD_UP_START        | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Tamaño del bin (§ 2.5 de la Parte D)               | $S_B$                | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Número de bins de la $df_{pe\uparrow}$             | N_BINS               | -   |

#### 4.1.4.6 Formatos de los ficheros

Los ficheros deberán estar en formato de código ASCII (texto) para que se puedan inspeccionar visualmente y modificar los parámetros de entrada de los programas. Debería también aceptarse que los parámetros de entrada se presenten en un formato de base de datos binario si se proporciona una interfaz gráfica para visionar y modificar los parámetros de entrada antes de ejecutarse la simulación.

#### 4.1.5 Producción de la distribución de estaciones terrenas no OSG

Para producir la distribución de estaciones terrenas no OSG, debe utilizarse el método siguiente:

*Paso 1:* Calcular el número de estaciones terrenas no OSG en funcionamiento real donde la estación terrena representativa vendrá dada por:

$$\text{NUM\_ES} = \text{ES\_DISTANCE} * \text{ES\_DISTANCE} * \text{ES\_DENSITY}$$

*Paso 2:* Calcular la p.i.r.e. de cada una de las estaciones terrenas no OSG representativa mediante:

$$\text{REP\_EIRP} = \text{ES\_EIRP} + 10 \log_{10}(\text{NUM\_ES})$$

*Paso 3:* Definir la zona de servicio OSG como la región encerrada dentro del contorno que representa una ganancia relativa de 15 dB.

*Paso 4:* Para cada distancia ES\_DISTANCE en latitud y distancia ES\_DISTANCE en longitud dentro de la zona de servicio definida en el Paso 3, localizar una estación terrena no OSG representativa que radie una REP\_EIRP.

#### 4.1.6 Algoritmos y procedimientos de cálculo

##### 4.1.6.1 Método de simulación temporal

Para calcular los valores de la  $\text{dfpe}\uparrow$  procedentes de un sistema no OSG en un satélite de un sistema OSG debe utilizarse el algoritmo que se desarrolla a continuación. Este algoritmo puede aplicarse a múltiples sistemas OSG en paralelo si es necesario:

*Paso 1:* Leer los parámetros del sistema no OSG especificados en el § 4.1.4.2 de la Parte D.

*Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el § 4.1.4.3 de la Parte D.

*Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación OSG de  $\text{dfpe}\uparrow$  máxima mediante el algoritmo del § 4.1.2 de la Parte D.

*Paso 4:* Si es necesario, calcular las ubicaciones de estaciones terrenas no OSG utilizando el algoritmo del § 4.1.5 de la Parte D.

*Paso 5:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de los valores de la  $\text{dfpe}\uparrow$ .

*Paso 6:* Si es necesario, calcular el número de pasos de tiempo y el tamaño de los pasos de tiempo mediante el algoritmo del § 4.1.3 de la Parte D y calcular en consecuencia el tiempo de terminación.

Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo efectuar entonces el Subpaso 6.1, y en los demás casos utilizar siempre  $N_{\text{coarse}} = 1$ .

*Subpaso 6.1:* Calcular el tamaño del incremento grueso  $T_{\text{coarse}} = T_{\text{fine}} * N_{\text{coarse}}$ .

*Paso 7:* Repetir los Pasos 8 a 24 para todos los pasos de tiempo.

Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo, repetir entonces el Subpaso 7.1 al Paso 22 hasta finalizar el plazo de tiempo.

*Subpaso 7.1:* En el primer paso de tiempo, poner  $T_{\text{step}} = T_{\text{fine}}$ .

*Subpaso 7.2:* En caso contrario, si quedan menos de  $N_{\text{coarse}}$  pasos, poner entonces  $T_{\text{step}} = T_{\text{fine}}$ .

*Subpaso 7.3:* En caso contrario, si los ángulos  $\alpha$  para el último paso de tiempo se encuentra dentro de  $\phi_{\text{coarse}}$  del ángulo de la zona de exclusión, poner entonces  $T_{\text{step}} = T_{\text{fine}}$  y de lo contrario poner  $T_{\text{step}} = T_{\text{coarse}}$ .

*Paso 8:* Actualizar los vectores de posición de todas las estaciones terrenas utilizando el algoritmo del § 5.1 de la Parte D.

*Paso 9:* Actualizar los vectores de posición y velocidad de todos los satélites no OSG utilizando el algoritmo del § 5.2 de la Parte D.

*Paso 10:* Actualizar los vectores de posición del satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.3 de la Parte D.

- Paso 11:* Poner  $dfpe_{\uparrow} = 0$ .
- Paso 12:* Repetir los Pasos 13 a 23 para todas las estaciones terrenas no OSG.
- Paso 13:* Determinar si esta estación terrena no OSG es visible por el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.2 de la Parte D.
- Paso 14:* Si la estación terrena no OSG es visible desde el satélite OSG realizar entonces los Pasos 15 a 23.
- Paso 15:* Repetir los Pasos 16 a 23 para el número máximo de satélites no OSG que pueden ser sometidos a seguimiento.
- Paso 16:* Seleccionar el satélite  $i$ -ésimo lejos del arco OSG que se encuentra por encima del ángulo de elevación mínimo y no dentro de la zona de exclusión OSG.
- Paso 17:* Si el algoritmo ha seleccionado un satélite, efectuar entonces los Pasos 18 a 23.
- Paso 18:* Calcular la  $ES\_EIRP$  (dB(W/BW<sub>raf</sub>)) de la estación terrena no OSG en la dirección del satélite no OSG utilizando el contorno de p.i.r.e. de la estación terrena no OSG del § 3 de la Parte C.

$$REP\_EIRP = ES\_EIRP + 10 \log_{10} (NUM\_ES)$$

- Paso 19:* Calcular la ganancia relativa en recepción,  $G_{RX}$  (dB) en el satélite OSG utilizando el diagrama de ganancia de antena pertinente especificado en los algoritmos del § 5.5 de la Parte D.
- Paso 20:* Calcular la distancia,  $D$  (km) entre la estación terrena no OSG y el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.
- Paso 21:* Calcular el factor de dispersión  $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$ .
- Paso 22:* Calcular  $dfpe_{\uparrow i}$  para este satélite no OSG:

$$dfpe_{\uparrow i} = REP\_EIRP - L_{FS} + G_{RX} - G_{m\acute{a}x}$$

- Paso 23:* Incrementar  $dfpe_{\uparrow}$  en  $dfpe_{\uparrow i}$ .
- Paso 24:* Incrementar las estadísticas de  $dfpe_{\uparrow}$  en este valor  $dfpe_{\uparrow}$ .
- Si se incluye un algoritmo de doble paso efectuar entonces el paso a continuación:

*Subpaso 24.1:* Incrementar las estadísticas de  $dfpe_{\uparrow}$  en el valor de  $dfpe_{\uparrow}$  para este paso de tiempo mediante las contribuciones  $T_{step}/T_{fine}$ .

- Paso 25:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\uparrow}$  a partir de la función de densidad de probabilidad de la  $dfpe_{\uparrow}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.
- Paso 26:* Comparar las estadísticas de la  $dfpe_{\uparrow}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.
- Paso 27:* Obtener los resultados en el formato especificado en el § 7.2 de la Parte D.

#### 4.1.6.2 Enfoque del método analítico

Para calcular los valores de la  $dfpe_{\uparrow}$  procedentes de un sistema no OSG en un satélite OSG debe utilizarse el algoritmo que se desarrolla a continuación. Este algoritmo puede aplicarse a múltiples sistemas OSG en paralelo si es necesario:

- Paso 1:* Leer los parámetros del sistema no OSG especificados en el § 4.1.4.2 de la Parte D.
- Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el § 4.1.4.3 de la Parte D.
- Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación OSG de  $dfpe$  máxima mediante el algoritmo del § 4.1.2 de la Parte D u otro método adecuado.
- Paso 4:* Si es necesario, calcular las ubicaciones de estaciones terrenas no OSG utilizando el algoritmo del § 4.1.5 de la Parte D.
- Paso 5:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de los valores de la  $dfpe_{\uparrow}$ .
- Paso 6:* Hacer una partición del plano  $\phi-\theta$  del satélite de referencia no OSG.
- Paso 7:* Repetir los Pasos 8 a 25 para cada elemento (célula) de la partición del plano  $\phi-\theta$ .
- Paso 8:* Calcular la probabilidad PROB de que el satélite de referencia no OSG se encuentre dentro de la célula de conformidad con la expresión del § 6.1 de la Parte D.
- Paso 9:* Emplazar el satélite no OSG de referencia en el centro de la célula.
- Paso 10:* Determinar la ubicación de los demás satélites de la constelación (hay dos configuraciones de constelación posibles) de conformidad con las expresiones del § 6.2 de la Parte D.

- Paso 11:* Repetir los Pasos 12 a 25 para cada una de las dos configuraciones.
- Paso 12:* Poner  $dfpe_{\uparrow} = 0$ .
- Paso 13:* Repetir los Pasos 14 a 24 para todas las estaciones terrenas no OSG.
- Paso 14:* Calcular si esta estación terrena no OSG es visible para el satélite OSG mediante el algoritmo del § 5.4.2 de la Parte D.
- Paso 15:* Si la estación terrena no OSG es visible para el satélite OSG ejecutar entonces los Pasos 16 a 24.
- Paso 16:* Repetir los Pasos 17 a 24 para el número máximo de satélites no OSG que pueden ser sometidos a seguimiento.
- Paso 17:* Seleccionar el satélite  $i$ -ésimo alejado del arco OSG que se encuentra por encima del ángulo de elevación mínimo y no está dentro de la zona de exclusión OSG.
- Paso 18:* Si el algoritmo ha seleccionado un satélite, ejecutar entonces los Pasos 19 a 24.
- Paso 19:* Calcular la  $ES\_EIRP$  (dB(W/BW<sub>raf</sub>)) de la estación terrena no OSG en la dirección del satélite OSG utilizando el contorno de la p.i.r.e. de la estación terrena no OSG del § 3 de la Parte C.

$$REP\_EIRP = ES\_EIRP + 10\log_{10} (NUM\_ES)$$

- Paso 20:* Calcular la ganancia relativa de recepción,  $G_{RX}$  (dB) en el satélite OSG utilizando el diagrama de ganancia de antena pertinente especificado en los algoritmos del § 5.5 de la Parte D.
- Paso 21:* Calcular la distancia  $D$  (km) entre la estación terrena no OSG y el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.
- Paso 22:* Calcular el factor de dispersión  $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$ .
- Paso 23:* Calcular la  $dfpe_{\uparrow i}$  para este satélite no OSG utilizando el valor de  $REP\_EIRP$  calculado en el § 4.1.5 de la Parte D.

$$dfpe_{\uparrow i} = REP\_EIRP - L_{FS} + G_{RX} - G_{m\acute{a}x}$$

- Paso 24:* Incrementar  $dfpe_{\uparrow}$  en  $dfpe_{\uparrow i}$ .
- Paso 25:* Localizar en el histograma de la  $dfpe_{\uparrow}$  el bin correspondiente al valor  $dfpe_{\uparrow}$  y añadirle la  $PROB/2$ .
- Paso 26:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{\uparrow}$  a partir de la función de densidad de probabilidad de  $dfpe_{\uparrow}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.
- Paso 27:* Comparar las estadísticas de  $dfpe_{\uparrow}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.
- Paso 28:* Presentar los resultados de salida en el formato especificado en el § 7.2 de la Parte D.

#### 4.1.7 Resultados de salida

El resultado del algoritmo se compone de dos conjuntos de tamaños  $NEPFD_{\uparrow}$  (especificado en el § 4.1.1 de la Parte D) de formato:

|   |                     |   |
|---|---------------------|---|
| Conjunto de valores $NEPFD\_UP$ $EPFD_{\uparrow}$ | $EPFD\_UP\_CALC[I]$ | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Conjunto de porcentajes $NEPFD\_UP$               | $PC\_CALC[I]$       | %   |

donde  $PC\_CALC[I]$  es el porcentaje de tiempo durante el cual  $EPFDUP\_CALC[I]$  es excedido.

## 4.2 Descripción del programa informático de la $dfpe_{es}$

En este punto se describe el algoritmo para calcular la  $dfpe_{es}$  procedente de estaciones espaciales no OSG sobre un enlace ascendente OSG. A partir de la p.i.r.e. y del ángulo con respecto al eje de puntería de cada estación espacial, puede calcularse la  $dfpe_{es}$  en la estación espacial OSG. Este cálculo se repite para una serie de pasos de tiempo (o posiciones del satélite de referencia, en el método analítico) hasta que haya producido una distribución de  $dfpe_{es}$ . Esta distribución puede compararse entonces con los límites y generar una decisión pasa/no pasa.

### 4.2.1 Parámetros de la configuración

En este punto se especifican los parámetros requeridos en los cálculos de las  $dfpe_{es}$ . Estos cálculos estarían formados por  $N$  conjuntos de datos de límites que pueden ser compartidos entre pasadas. Se puede consultar el Cuadro de modo que se puedan utilizar los valores requeridos dependiendo de la frecuencia del sistema no OSG.

Para cada conjunto de límites deberían definirse los siguientes parámetros especificados en el § 2.2 de la Parte B.

| Nombre del parámetro                     | Valor del parámetro | Unidades y gamas del parámetro |
|--|---------------------|--------------------------------|
| Inicio de la banda de frecuencias        | FSTART_IS           | GHz                            |
| Fin de la banda de frecuencias           | FEND_IS             | GHz                            |
| Aplicable Región 1                       | REGION1_IS          | Sí o No                        |
| Aplicable Región 2                       | REGION2_IS          | Sí o No                        |
| Aplicable Región 3                       | REGION3_IS          | Sí o No                        |
| Diagrama de ganancia de antena OSG       | GSO_SAT_PATTERN     | Uno del § 5.5 de la Parte D    |
| Ganancia de cresta OSG                   | GSO_SAT_PEAKGAIN    | dBi                            |
| Anchura de haz de potencia mitad OSG     | GSO_SAT_BEAMWIDTH   | grados                         |
| Anchura de banda de referencia           | RIFBW               | kHz                            |
| Número de puntos $dfpe_{es}$             | NEPFD_IS            | -                              |
| Conjunto de valores NEPFD_IS $dfpe_{es}$ | EPFD_IS[I]          | $dB(W/(m^2 \cdot BW_{rif}))$   |
| Conjunto de porcentajes NEPFD_IS         | PC_IS[I]            | %                              |

A partir de los conjuntos EPFD\_IS[I] se puede calcular el número de bins y las gamas de bins del modo siguiente:

*Paso 1:* Calcular el valor mínimo = EPFD\_IS\_MIN del conjunto EPFD\_IS[I].

*Paso 2:* Calcular el valor máximo = EPFD\_IS\_MAX del conjunto EPFD\_IS[I].

*Paso 3:* Calcular EPFD\_IS\_START mediante redondeo de EPFD\_IS\_MIN al valor más próximo 10 dB por debajo.

*Paso 4:* Calcular EPFD\_IS\_END mediante redondeo de EPFD\_IS\_MAX al valor más próximo 10 dB por encima.

*Paso 5:* Número de bins =  $(EPFD\_IS\_END - EPFD\_IS\_START)/S_B$ .

Esto dará como resultado un conjunto de bins de tamaño  $S_B$  (tamaño de bin especificado en el § 2.5 de la Parte D) por debajo y por encima de los límites de la  $dfpe_{es}$  requeridos.

#### 4.2.2 Determinación de la configuración de la $dfpe$ máxima

La ubicación de la DFPE máxima del satélite y el centro del haz se definen en la Parte C'.

#### 4.2.3 Cálculo de los pasos de ejecución

##### 4.2.3.1 Método de simulación temporal

Se calcula un solo paso de tiempo y varios pasos de tiempo utilizando el algoritmo de la Parte A.

##### 4.2.3.2 Método analítico

Los pasos de longitud y latitud para la posición del satélite de referencia se escogen de conformidad con el procedimiento del § 6.3 de la Parte D.

#### 4.2.4 Entradas y formatos de los ficheros

##### 4.2.4.1 Parámetros de entrada

En este punto se definen los parámetros de entrada para un escenario de sistema no OSG particular. En este caso, entrada es un término genérico que puede incluir ficheros o entradas de usuario. Se requiere información sobre:

- el sistema no OSG;
- el sistema OSG;
- la configuración de pasada.

#### 4.2.4.2 Parámetros del sistema no OSG

Se utilizarían los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B.

| Descripción del parámetro   | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|---|----------------------|------------------------|
| Número de satélites no OSG  | $N_{sat}$            | –                      |
| La órbita tiene repetición de la traza en tierra soportada por el mantenimiento en posición | Sí o No              | –                      |
| La administración suministra la velocidad de precesión del nodo específico                  | Sí o No              | –                      |
| Gama de mantenimiento en posición para el nodo ascendente como mitad de la gama total       | $W_{delta}$          | grados                 |

Para cada satélite se utilizarían los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B cuyas definiciones se especifican en el § 5.3.1 de la Parte B en el momento de arranque de la simulación.

Hay que señalar que en el cuadro a continuación, los índices [N] están presentes para significar que hay un valor diferente para cada satélite, correspondiendo el valor  $N$ -ésimo al satélite  $N$ -ésimo.

| Descripción del parámetro    | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|------------------------------|----------------------|------------------------|
| Semieje mayor                | A[N]                 | km                     |
| Excentricidad                | E[N]                 | –                      |
| Inclinación                  | I[N]                 | grados                 |
| Longitud del nodo ascendente | O[N]                 | grados                 |
| Argumento del perigeo        | W[N]                 | grados                 |
| Anomalía verdadera           | V[N]                 | grados                 |

Cada satélite debe tener un conjunto independiente de 6 parámetros orbitales para la definición de la órbita y la propagación subsiguiente.

Para definir las características de las estaciones terrenas no OSG, se utilizarán los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B:

| Descripción del parámetro                       | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro     |
|---|----------------------|----------------------------|
| p.i.r.e. por estación espacial                  | non-GSO_SS_EIRP      | (dB(W/BW <sub>ref</sub> )) |
| Número de frecuencias/regiones <sup>(1)</sup>   | $N_{freq}$           | –                          |
| Región <sup>(1)</sup>                           | Una de las 1, 2 ó 3  | –                          |
| Frecuencia mínima de transmisión <sup>(1)</sup> | IS_F                 | GHz                        |

<sup>(1)</sup> La Administración de los archivos puede suministrar un juego de (frecuencia de satélite, Región aplicable). De la base de datos sobre límites de la UIT se pueden extraer los datos aplicables de cada juego.

#### 4.2.4.3 Parámetros de los sistemas OSG

Los parámetros de los sistemas OSG pueden tomarse del algoritmo del § 5.2 de la Parte D o de los valores introducidos. En tal caso se utilizan los siguientes parámetros especificados en el § 2.1 de la Parte B:

| Descripción del parámetro            | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro      |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Longitud del satélite OSG            | GSO_SAT_LONG         | grados                      |
| Latitud de la alineación OSG         | BS_LAT               | grados                      |
| Longitud de la alineación OSG        | BS_LONG              | grados                      |
| Diagrama de antena de referencia OSG | GSO_SAT_PATTERN      | Una del § 5.5 de la Parte D |

Estos parámetros se definen en los § 5.1 y 5.2 de la Parte D.

**4.2.4.4 Parámetros de ejecución**

Los parámetros de ejecución pueden, bien calcularse mediante el algoritmo del § 4.1.3 de la Parte D o bien aplicarse valores introducidos. En el método de simulación temporal se requieren los siguientes parámetros:

| Descripción del parámetro | Nombre del parámetro  | Unidades del parámetro |
|---------------------------|---|------------------------|
| Paso de tiempo            | TSTEP   | s                      |
| Número de pasos de tiempo | NSTEPS  | –                      |
| Mecanismo de precesión    | J2 o<br>Suministrado por la<br>Administración o<br>Artificial | –                      |
| Velocidad de precesión    | ORBIT_PRECESS   | grados/s               |

En el enfoque del método analítico los parámetros requeridos se refieren a incrementos de la posición del satélite de referencia:

| Descripción del parámetro                      | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro |
|--|----------------------|------------------------|
| Incremento de longitud para la retícula gruesa | PHISTEPCG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula gruesa  | THETASTEPCG          | grados                 |
| Incremento de longitud para la retícula fina   | PHISTEPFG            | grados                 |
| Incremento de latitud para la retícula fina    | THETASTEFG           | grados                 |

**4.2.4.5 Otros parámetros**

La ejecución deberá también utilizar las base de datos de los límites de la  $df_{pe_{es}}$  del § 4.1.1 de la Parte D para tomar 3 parámetros definitorios de las funciones estadísticas de la  $df_{pe_{es}}$ :

| Descripción del parámetro                       | Nombre del parámetro | Unidades del parámetro                      |
|---|----------------------|---|
| Valor de arranque de los bins de $df_{pe_{es}}$ | EPFD_IS_START        | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Tamaño del bin (§ 2.5 de la Parte D)            | $S_B$                | dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> )) |
| Número de bins de la $df_{pe_{es}}$             | N_BINS               | –   |

**4.2.4.6 Formatos de los ficheros**

Los ficheros deberán estar en formato de código ASCII (texto) para que se puedan inspeccionar visualmente y modificar los parámetros de entrada de los programas. Debería también aceptarse que los parámetros de entrada se presenten en un formato de base de datos binario si se proporciona una interfaz gráfica para visionar y modificar los parámetros de entrada antes de ejecutarse la simulación.

**4.2.5 Algoritmos y procedimientos de cálculo**

En el cálculo del paso de tiempo doble para calcular los valores de  $df_{pe_{es}}$ ,  $N_{coarse} = 1$ .

#### 4.2.5.1 Método de simulación temporal

Para calcular los valores de la  $dfpe_{es}$  procedentes de sistema no OSG en un satélite de un sistema OSG deberá utilizarse el siguiente algoritmo. Si es necesario, el algoritmo puede emplearse en múltiples sistemas OSG en paralelo:

*Paso 1:* Leer los parámetros del sistema no OSG especificados en el § 4.1.4.2 de la Parte D.

*Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el § 4.1.4.3 de la Parte D.

*Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación OSG para el caso más desfavorable utilizando el algoritmo del § 4.1.2 de la Parte D.

*Paso 4:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de valores  $dfpe_{es}$ .

*Paso 5:* Si es necesario, calcular el número de pasos de tiempo y el tamaño de los pasos de tiempo utilizando el algoritmo del § 4.1.3 de la Parte D. y calcular en consecuencia el tiempo de terminación.

Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo, efectuar entonces el Subpaso 5.1, y en los demás casos aplicar siempre  $N_{coarse} = 1$ .

*Subpaso 5.1:* Calcular el tamaño del paso grueso  $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$ .

*Paso 6:* Repetir los Pasos 7 a 19 para todos los pasos de tiempo.

Si se incluye un algoritmo de doble paso de tiempo, repetir entonces el Subpaso 6.1 al Paso 17 hasta finalizar el tiempo.

*Subpaso 6.1:* Si es el primer paso de tiempo, poner entonces  $T_{step} = T_{fine}$ .

*Subpaso 6.2:* En caso contrario, si quedan menos de  $N_{coarse}$  pasos poner  $T_{step} = T_{fine}$ .

*Subpaso 6.3:* En caso contrario, si algunos de los ángulos  $\alpha$  del último paso de tiempo se encuentra dentro de  $\Phi_{coarse}$  fuera del ángulo de la zona de exclusión poner entonces  $T_{step} = T_{fine}$  y de lo contrario poner  $T_{step} = T_{coarse}$ .

*Paso 7:* Actualizar los vectores de posición y velocidad de todos los satélites no OSG utilizando el algoritmo del § 5.2 de la Parte D.

*Paso 8:* Actualizar los vectores de posición del satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.3 de la Parte D.

*Paso 9:* Poner  $dfpe_{es} = 0$ .

*Paso 10:* Repetir los Pasos 10 a 18 para todas las estaciones espaciales no OSG.

*Paso 11:* Determinar si la estación espacial no OSG es visible desde el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.2 de la Parte D.

*Paso 12:* Si la estación espacial no OSG es visible desde el satélite OSG ejecutar los Pasos 13 a 18.

*Paso 13:* Calcular la p.i.r.e. (dB(W/BW<sub>rif</sub>)) de la estación espacial no OSG en la dirección del satélite OSG utilizando el contorno de p.i.r.e. del § 3 de la Parte C.

*Paso 14:* Calcular la ganancia relativa de recepción,  $G_{RX}$  (dB) en el satélite OSG utilizando el diagrama de ganancia pertinente especificado en los algoritmo del § 5.5 de la Parte D.

*Paso 15:* Calcular la distancia,  $D$  (km) entre la estación espacial no OSG y el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.

*Paso 16:* Calcular el factor de dispersión  $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$ .

*Paso 17:* Calcular la  $dfpe_{esi}$  para este satélite no OSG:

$$dfpe_{esi} = p.i.r.e. - L_{FS} + G_{RX} - G_{m\acute{a}x}$$

*Paso 18:* Incrementar  $dfpe_{es}$  en  $dfpe_{esi}$ .

*Paso 19:* Incrementar la estadística de  $dfpe_{es}$  en este valor  $dfpe_{es}$ .

Si se incluye el algoritmo de doble paso deberá efectuarse entonces el subpaso a continuación:

*Subpaso 19.1:* Incrementar las estadísticas de  $dfpe_{es}$  en el valor  $dfpe_{es}$  para este paso de tiempo mediante entradas  $T_{step}/T_{fine}$ .

*Paso 20:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{es}$  a partir de la función de densidad de probabilidad de la  $dfpe_{es}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.

*Paso 21:* Comparar las estadísticas de la  $dfpe_{es}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.

*Paso 22:* Presentar los resultados de salida en el formato especificado en el § 7.2 de la Parte D.

**4.2.5.2 Enfoque del método analítico**

Para calcular los valores de la  $dfpe_{es}$  procedentes de sistema no OSG en un satélite de un sistema OSG deberá utilizarse el siguiente algoritmo. Si es necesario, el algoritmo puede emplearse en múltiples sistemas OSG en paralelo:

- Paso 1:* Leer los parámetros del sistema no OSG especificados en el § 4.1.4.2 de la Parte D.
- Paso 2:* Leer los parámetros OSG especificados en el § 4.1.4.3 de la Parte D.
- Paso 3:* Si es necesario, calcular la ubicación OSG para el caso más desfavorable utilizando el algoritmo del § 4.1.2 de la Parte D.
- Paso 4:* Inicializar las estadísticas poniendo a cero todos los bins de valores  $dfpe_{es}$ .
- Paso 5:* Hacer un partición del plano  $\phi-\theta$  del satélite de referencia no OSG.
- Paso 6:* Repetir los Pasos 7 a 19 para cada elemento (célula) de la partición del plano  $\phi-\theta$ .
- Paso 7:* Calcular la probabilidad PROB de que el satélite de referencia no OSG se encuentre dentro de la célula de conformidad con la expresión del § 6.1 de la Parte D.
- Paso 8:* Emplazar el satélite de referencia no OSG en el centro de la célula.
  - Subpaso 8.1:* Determinar la ubicación de los demás satélites de la constelación (hay dos configuraciones de constelación posibles) de conformidad con las expresiones del § 6.2 de la Parte D.
  - Subpaso 8.2:* Repetir los Pasos 9 a 19 para cada una de las dos configuraciones.
- Paso 9:* Poner  $dfpe_{es} = 0$ .
- Paso 10:* Repetir los Pasos 10 a 18 para todas las estaciones espaciales no OSG.
- Paso 11:* Calcular si esta estación espacial no OSG es visible desde el satélite OSG mediante el algoritmo del § 5.4.2 de la Parte D.
- Paso 12:* Si la estación espacial no OSG es visible desde el satélite OSG ejecutar entonces los Pasos 13 a 18.
- Paso 13:* Calcular la p.i.r.e. ( $dB(W/BW_{rif})$ ) de la estación espacial no OSG en la dirección del satélite OSG utilizando el contorno de p.i.r.e. del § 3 de la Parte C.
- Paso 14:* Calcular la ganancia relativa de recepción  $G_{RX}$  (dB) en el satélite OSG utilizando el diagrama de ganancia pertinente especificado en los algoritmo del § 5.5 de la Parte D.
- Paso 15:* Calcular la distancia,  $D$  (km) entre la estación espacial no OSG y el satélite OSG utilizando el algoritmo del § 5.4.1 de la Parte D.
- Paso 16:* Calcular el factor de dispersión  $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$ .
- Paso 17:* Calcular la  $dfpe_{esi}$  para este satélite no OSG:
 
$$dfpe_{esi} = p.i.r.e. - L_{FS} + G_{RX} - G_{m\acute{a}x}$$
- Paso 18:* Incrementar  $dfpe_{es}$  en  $dfpe_{esi}$ .
- Paso 19:* Situar en el histograma de la  $dfpe_{es}$  el bin correspondientes al valor de  $dfpe_{es}$  y añadirle  $PROB/2$ .
- Paso 20:* Generar la función de distribución acumulativa de la  $dfpe_{es}$  a partir de la función de densidad de probabilidad de la  $dfpe_{es}$  utilizando el algoritmo del § 7.1.2 de la Parte D.
- Paso 21:* Comparar las estadísticas de la  $dfpe_{es}$  con los límites utilizando el algoritmo del § 7.1 de la Parte D.
- Paso 22:* Presentar los resultados en el formato especificado en el § 7.2 de la Parte D.

**4.2.6 Resultados de salida**

El resultados del algoritmo se compone de dos conjuntos de tamaño  $NEPFD_{is}$  (como se especifica en el § 4.1.1 de la Parte D) en el formato:

|  |                      |                              |
|--|----------------------|------------------------------|
| Conjunto de valores $NEPFD_{IS}$ $EPFD_{is}$ | $EPFD_{IS\_CALC}[I]$ | $dB(W/(m^2 \cdot BW_{rif}))$ |
| Conjunto de porcentajes $NEPFD_{IS}$         | $PC\_CALC[I]$        | %                            |

donde  $PC\_CALC[I]$  es el porcentaje de tiempo durante el cual  $EPFD_{IS\_CALC}[I]$  es excedido.

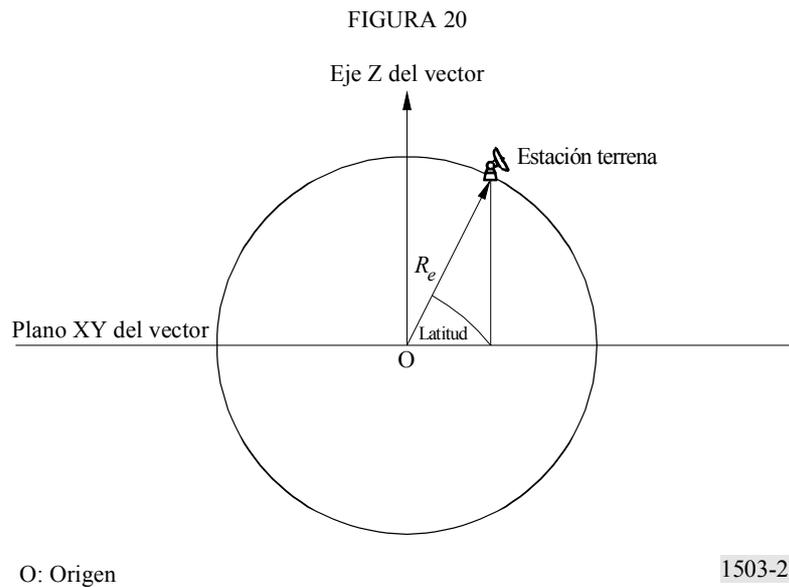
## 5 Geometría y algoritmos

En este punto se describe la geometría que define los algoritmos fundamentales del soporte informático. Un aspecto se refiere a la conversión en un vector genérico situado en un sistema de coordenadas cartesianas. En esta Recomendación no se especifica la orientación precisa del vector  $X$  con el fin de permitir implementaciones alternativas por parte de los realizadores. El eje elegido no debería repercutir en los resultados ya que las coordenadas de Tierra y del satélite se definen con relación a Tierra.

Para ayudar a los realizadores se utilizan ejemplos de sistemas de coordenadas para mostrar el modo de convertir a vectores genéricos, y a la inversa.

### 5.1 Sistema de coordenadas terrestres

En la Fig. 20 se muestra el sistema de coordenadas de referencia para las estaciones terrenas.

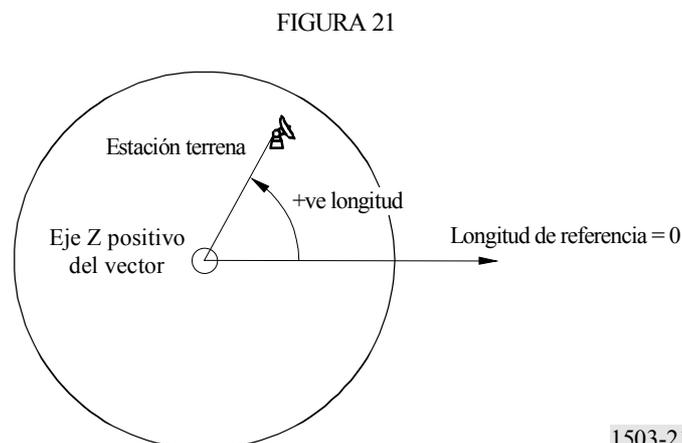


La Tierra se define como una esfera con un radio especificado en el § 2.5 de la Parte D =  $R_e$ . La Tierra gira alrededor de su eje, el eje Z, a una velocidad definida en el § 2.5 de la Parte D =  $\Omega_e$ . Perpendicular al eje Z, atravesando la Tierra por el Ecuador, está en el plano XY.

Las estaciones terrenas están situadas en esta esfera de acuerdo con dos ángulos:

**Latitud:** ángulo formado por la línea que une el centro de la Tierra con la estación terrena y el plano XY

**Longitud:** ángulo que se muestra en la Fig. 21.



Se supone que las estaciones terrenas tienen una posición constante en el tiempo.

En esta Recomendación no se especifica la orientación dentro del plano XY de los ejes X e Y, ya que todas las ubicaciones se referencian con el centro de la Tierra y no con un sistema inercial particular. Esto permite si se necesita utilizar puntos de referencia diferentes con implementaciones sin que ello tenga repercusión en los resultados.

Una posible realización es la que se describe como sistema inercial geocéntrico. En este caso que se da a título de ejemplo, la conversión de las coordenadas geográficas efectúa mediante:

$$\text{Long} = \arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad \text{si } x \geq 0 \quad (11)$$

$$\text{Long} = -\arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad \text{si } x < 0 \quad (12)$$

$$\text{Lat} = \arctg\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad (13)$$

Si se utiliza este ejemplo de sistema de coordenadas, la conversión de coordenadas geográficas en coordenadas del sistema inercial geocéntrico es:

$$x = R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{long}) \quad (14)$$

$$y = R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{long}) \quad (15)$$

$$z = R_e \sin(\text{lat}) \quad (16)$$

donde:

$(x, y, z)$ : coordenadas del sistema inercial geocéntrico

long: longitud geográfica

lat: latitud geográfica.

En este ejemplo de sistema inercial geocéntrico de referencia la ecuación del movimiento de una masa puntual en la superficie de la Tierra vendría dada por:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \sin(\text{lat}) \end{bmatrix} \quad (17)$$

siendo:

lat: latitud geográfica de la masa puntual en la superficie de la Tierra

lon: longitud geográfica de la masa puntual en la superficie de la Tierra

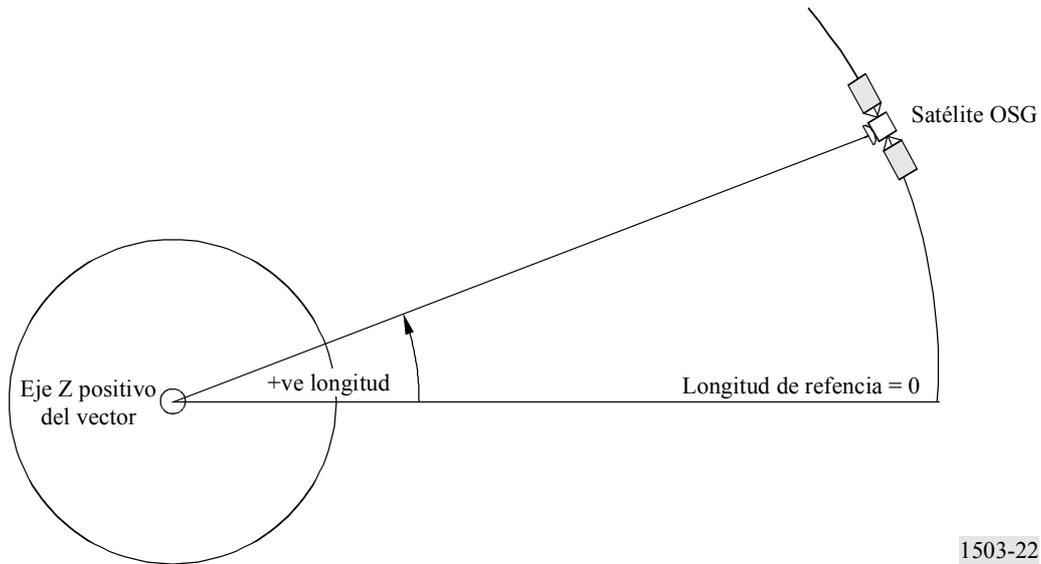
t: tiempo

$\Omega_e$ : velocidad angular de rotación de la Tierra.

## 5.2 Sistema de coordenadas de los satélites OSG

El arco geoestacionario es un círculo en el plano XY a una distancia  $R_{geo}$  del centro de la Tierra, donde  $R_{geo}$  es el valor especificado en el § 1.3 de la Parte A. Cada satélite geoestacionario tiene un emplazamiento en este círculo definido por una longitud como se muestra en la Fig. 22.

FIGURA 22



1503-22

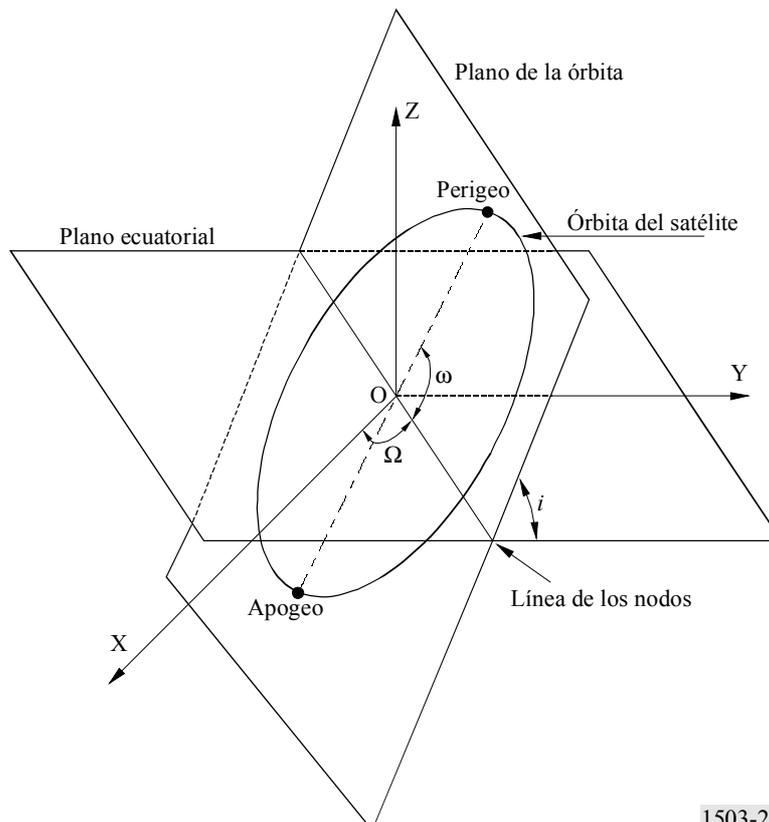
Se supone que los satélites geostacionarios tienen una longitud constante en el tiempo. La conversión a vectores, e inversamente, puede utilizar los mismos algoritmos del punto anterior haciendo la latitud cero.

### 5.3 Sistema de coordenadas de los satélites no OSG

#### 5.3.1 Parámetros orbitales de los satélites no OSG

En este punto se definen los parámetros que especifican una órbita de satélites no OSG. Los satélites no OSG se mueven en un plano tal como se muestra en la Fig. 23.

FIGURA 23



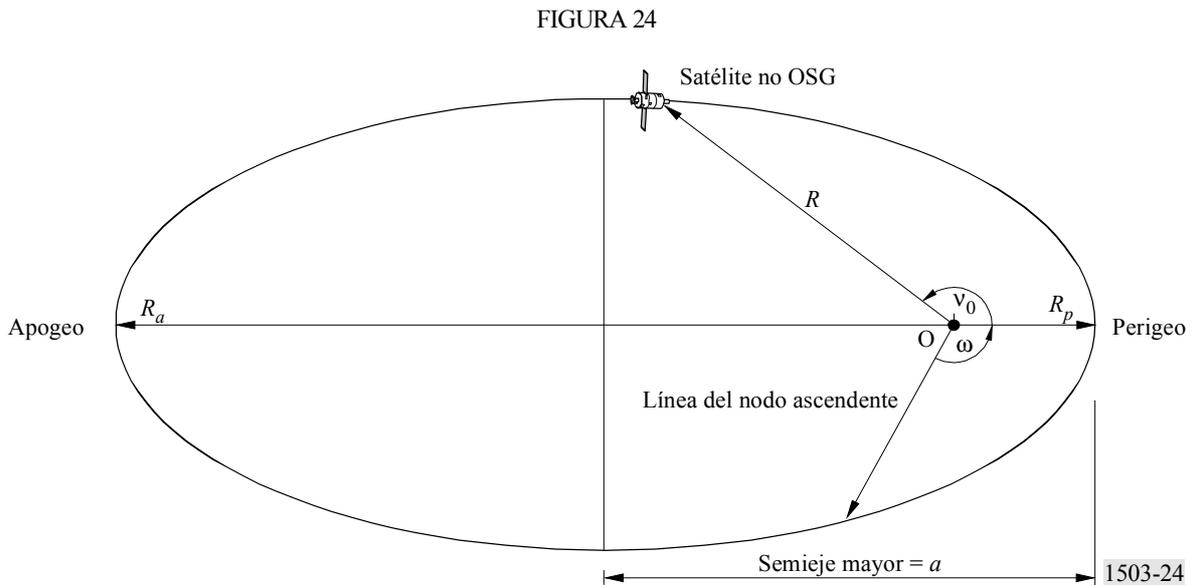
1503-23

El plano de la órbita está referenciado con la Tierra por dos ángulos:

$\Omega$ : longitud del nodo ascendente. Este ángulo define dónde el plano ascendente de la órbita intersecta con el plano ecuatorial. Como la órbita está fija en un espacio inercial mientras que la Tierra gira, debe darse un tiempo de referencia para el cual este ángulo es válido. Éste es el momento de arranque de la simulación.

$i$ : ángulo de inclinación. Se define como el ángulo formado por el plano de la órbita y el plano ecuatorial.

La órbita del satélite no OSG y su posición en la misma se definen entonces por parámetros adicionales como se muestra en la Fig. 24.



La forma de la órbita se define por:

$$a = (R_a + R_p)/2 \tag{18}$$

$$e = (R_a - R_p) / (R_a + R_p) \tag{19}$$

donde:

$a$ : semieje mayor

$e$ : excentricidad

$R_a$ : distancia del centro de la Tierra al satélite en el apogeo

$R_p$ : distancia del centro de la Tierra al satélite en el perigeo.

La posición del perigeo dentro del plano orbital viene definida por:

$\omega$ : argumento del perigeo, ángulo entre la línea de los nodos y el perigeo.

La posición de un satélite no OSG dentro del plano de la órbita en un momento determinado viene definida por:

$v_0$ : ángulo entre el perigeo y el punto especificado en la órbita.

En el caso de órbitas circulares,  $\omega$ , puede ponerse a cero y suponerse que  $v_0$  es igual al argumento de latitud definida por:

$$\mu_0 = \omega + v_0 \tag{20}$$

Otros términos útiles son:

$$p = a(1 - e^2) \quad (21)$$

$$M = E - e \sin E \quad (22)$$

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2} \quad (23)$$

$$R = \frac{p}{1 + e \cos(v)} \quad (24)$$

$$T = 2\pi \sqrt{a^3/\mu} \quad (25)$$

siendo:

$p$ : parámetro focal

$E$ : anomalía excéntrica

$M$ : anomalía media

$T$ : periodo de la órbita

$R$ : distancia del centro de la Tierra al satélite cuando el satélite se encuentra en la posición  $v$ .

Estos términos pueden ser utilizados por el algoritmo para predecir la futura posición del satélite no OSG como se describe en el § 5.3.2.

### 5.3.2 Predictor de la órbita del satélite no OSG

Dados los elementos orbitales del punto anterior, se pueden utilizar mecanismos orbitales normalizados para predecir la posición del satélite en el futuro. Además, existen dos factores de precesión adicionales para el nodo ascendente y el argumento del perigeo como se describe a continuación.

*Precesión orbital en la longitud del nodo ascendente.* La velocidad de deriva secular de la longitud del nodo ascendente se define como:

$$\Omega_r = -\frac{J_\alpha \cos(i)}{p^2 \sqrt{a^3} \mu} \quad (26)$$

De ello se deduce que las órbitas polares tienen una velocidad de precesión cero y las órbitas ecuatoriales tienen una velocidad de precesión máxima. Con el movimiento directo del satélite ( $i < 90^\circ$ ) el nodo ascendente deriva al oeste (a  $\Omega$  decreciente) y con el movimiento inverso del satélite ( $i > 90^\circ$ ) el nodo ascendente deriva al este (a  $\Omega$  creciente).

*Precesión del argumento del perigeo.* La velocidad de deriva secular del argumento del perigeo viene definida por:

$$\omega_r = \frac{J_\alpha (5 \cos^2(i) - 1)}{2p^2 \sqrt{a^3} \mu} \quad (27)$$

La velocidad de precesión del argumento del perigeo para  $i=0$  e  $i=180$  es máxima. Para  $i_1 = 63^\circ 26' 06''$  o  $i_2 = 116^\circ 33' 54''$  la velocidad de precesión es cero. Si  $i < i_1$  o  $i > i_2$ , entonces la precesión del perigeo tiene lugar a lo largo de un sentido de movimiento del satélite, y si  $i_1 < i < i_2$ , en el sentido opuesto.

No se tienen en cuenta otras precesiones, como la velocidad de precesión periódica del argumento del perigeo, ya que sus efectos son despreciables.

*Uso de los términos relativos a la precesión*

El achatamiento de la Tierra por los polos produce una deriva del plano de la órbita a lo largo de la longitud del nodo ascendente y una deriva del argumento del perigeo. Si bien tres parámetros orbitales ( $i$ ,  $p$ ,  $e$ ) son constantes durante el movimiento del satélite, dos parámetros ( $\Omega$  y  $\omega$ ) varían con el tiempo.

El argumento del perigeo se define como:

$$\omega = \omega_0 + \omega_r t \quad (28)$$

siendo:

$\omega_0$ : argumento del perigeo en un instante inicial

$\omega_r$ : velocidad de precesión del argumento del perigeo.

Un valor actual de una longitud del nodo ascendente se define como:

$$\Omega = \Omega_0 + \Omega_r t \quad (29)$$

siendo:

$\Omega_0$ : longitud del nodo ascendente en un instante inicial

$\Omega_r$ : velocidad de precesión de la longitud del nodo ascendente.

La conversión a vectores del sistema de coordenadas cartesianas genérico dependerá de la dirección del vector  $X$ . Como ejemplo del caso de sistema de coordenadas y órbitas circulares, la expresión del movimiento del satélite en el sistema inercial geocéntrico de referencia puede definirse como:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(\cos(v + \omega) \cos(\Omega) - \text{sen}(v + \omega) \text{sen}(\Omega) \cos(i)) \\ R(\cos(v + \omega) \text{sen}(\Omega) + \text{sen}(v + \omega) \cos(\Omega) \cos(i)) \\ R \text{sen}(v + \omega) \text{sen}(i) \end{bmatrix} \quad (30)$$

El movimiento de un satélite en una órbita elíptica es un movimiento no uniforme de acuerdo con la expresión de Kepler, y se utilizará un concepto de anomalía media en el modelo para definir la anomalía real como una función del tiempo. Puesto que no se dispone de una dependencia explícita de la anomalía verdadera con el tiempo, se han utilizado los métodos numéricos de resolución de las expresiones a continuación para su definición. La expresión es:

$$M = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} (t - t_0) \quad (31)$$

Ya que no se recomienda el uso de las anomalías  $E$  y  $M$  para todos los tipos de órbitas, se pueden realizar transformaciones, utilizando por ejemplo la variable universal  $x$  definida por:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\sqrt{\mu}}{r} \quad (32)$$

### 5.3.3 Mantenimiento en posición de los satélites no OSG

Un aspecto importante del mantenimiento en posición es simular múltiples pasos del satélite no OSG a través del haz principal de la estación terrena con direcciones de cruzamiento ligeramente diferentes. Con el cambio de la posición dentro del plano no afecta a esto entonces el principal parámetro que hay que variar es la longitud del nodo ascendente.

En enfoque propuesto es dar una gama  $\pm W_{\text{delta}}$  de longitud del nodo ascendente. En el arranque de la simulación todas las estaciones de la constelación tienen este parámetro puesto a  $-W_{\text{delta}}$ . Durante la simulación este campo aumentará hasta 0 (en el punto medio de la ejecución) y a continuación se incrementará hasta  $\pm W_{\text{delta}}$ .

El mantenimiento en posición es implementado mediante la rotación de los vectores velocidad y la posición de la estación alrededor del eje  $Z$  en el ángulo requerido que se especifica en el § 5.3.4 de la Parte D.

### 5.3.4 Precesión orbital obligada

El algoritmo de predicción de la órbita estándar se basa en una masa puntual de la Tierra, más los factores correctores de las perturbaciones  $J_2$ . Hay dos casos en los cuales esto debe soslayarse:

- cuando las administraciones proporcionan un valor detallado de la velocidad de precesión orbital con respecto a una masa puntual de la Tierra para garantizar una repetición de la traza en tierra;
- en órbitas no repetidas en las que se utiliza una velocidad de precesión artificial para garantizar el espaciamiento requerido entre pasos ecuatoriales.

Esto se consigue mediante la rotación de los vectores velocidad y la posición del satélite alrededor del eje Z en el ángulo requerido, utilizando la matriz de rotación:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta & 0 \\ \text{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (33)$$

para girar el ángulo  $\theta$ .

NOTA 1 – El programa informático debe comprobar la velocidad de precesión orbital suministrada según a), en relación con su coherencia interna con los demás parámetros de entrada.

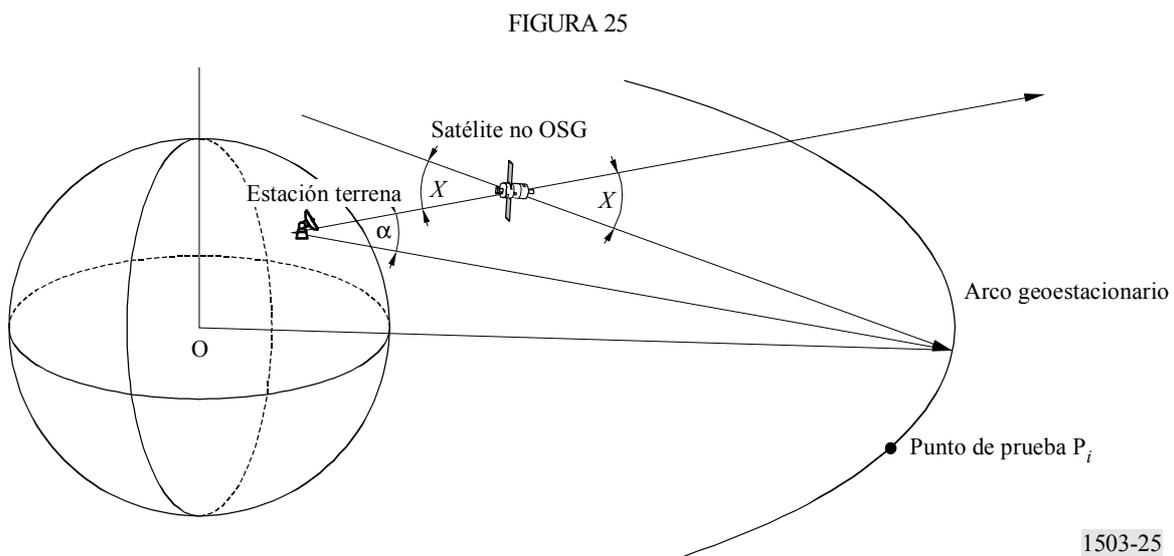
## 5.4 Geometría

### 5.4.1 Comprobación de la visibilidad del satélite

Se dice que dos estaciones, sean estaciones terrenas o satélites, son visibles entre sí si la distancia directa entre ellas es menor que la suma de la distancia al horizonte de cada estación, utilizando el modelo de Tierra esférica descrito en el § 5.1 de la Parte D.

### 5.4.2 Ángulo hacia el arco OSG

En la Fig. 25 se representa la definición del ángulo  $\alpha$  y el ángulo  $X$ .



En la Figura se representa una estación terrena y un satélite no OSG.

Para cada punto de prueba  $P_i$  en el arco OSG hay una línea que va de la estación terrena a dicho punto. Esta línea y la línea que va de la estación terrena al satélite no OSG forman un ángulo  $\alpha_i$ .

El ángulo  $\alpha$  es el ángulo mínimo de los ángulos correspondientes a todos los puntos de prueba, es decir:

$$\alpha = \text{mín} (\alpha_i)$$

De manera similar, para cada punto de prueba  $P_i$  en el arco OSG hay una línea que va del satélite no OSG a dicho punto. Esta línea y la línea que va de la estación terrena al satélite no OSG forman un ángulo  $X_i$ .

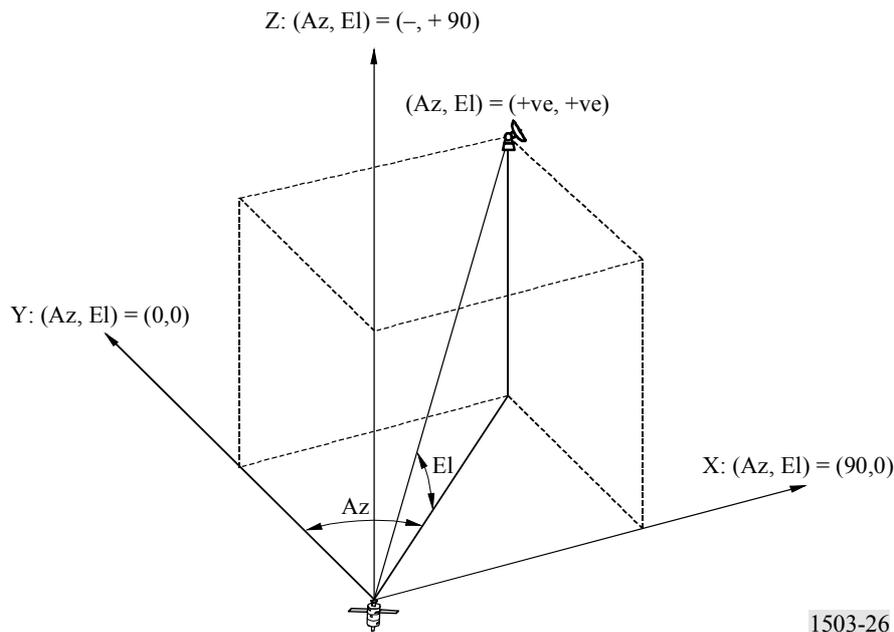
El ángulo  $X$  es al ángulo mínimo de los ángulos correspondientes a todos los puntos de prueba, es decir:

$$X = \text{mín} (X_i)$$

### 5.4.3 Acimut y elevación del satélite

En la Fig. 26 se representa la definición de los ángulos de acimut y de elevación utilizados para el satélite no OSG:

FIGURA 26



Debe observarse que la dirección de los vectores cartesianos  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  de este diagrama son:

- $X$ : +ve en la dirección Este desde el satélite no OSG
- $Y$ : hacia el centro de la Tierra a partir del satélite no OSG
- $Z$ : +ve hacia la dirección Norte a partir a partir del satélite no OSG.

## 5.5 Diagramas de antena

En este punto se definen los diagramas de ganancia de antena utilizados en los algoritmos para las estaciones terrenas y los satélites. Obsérvese que todas las fórmulas incluyen la ganancia de cresta, de modo que cuando se requiere la ganancia relativa debe restarse la ganancia de cresta.

### 5.5.1 Diagramas de ganancia de antena de la estación terrena OSG

#### 5.5.1.1 Diagrama de ganancia de antena de la estación terrena del SFS

El diagrama de ganancia de antena de la estación terrena del SFS que ha de utilizarse se especifica en la Recomendación UIT-R S.1428.

#### 5.5.1.2 Diagrama de ganancia de antena de la estación terrena del SRS

El diagrama de ganancia de antena de la estación terrena del SRS que ha de utilizarse se especifica en la Recomendación UIT-R BO.1443.

### 5.5.2 Diagrama de ganancia de antena del satélite OSG

Los valores de la ganancia máxima y la anchura de haz de potencia mitad, así como el diagrama de radiación de referencia que ha de utilizarse, se especifican en el Artículo S22 del RR.

### 5.5.3 Diagrama de ganancia de antena de la estación terrena no OSG

Estos datos deberían suministrarse como parte de los ficheros de sistemas no OSG, sea en la forma de valores tabulados sea como referencias a diagramas patrón definidos en las Recomendaciones UIT-R.

## 6 El método analítico

El método analítico puede utilizarse para evaluar el comportamiento estadístico de la interferencia (por ejemplo, la  $dfpe$ ) en ambientes que contienen redes no OSG. En los párrafos que siguen se aplica el método analítico a la evaluación del comportamiento estadístico de los niveles de la  $dfpe$  producidos por una red no OSG en receptores (estaciones terrenas o satélites) de redes OSG.

## Metodología

Consideremos un ambiente interferente que comprende una red no OSG y una (o más) redes OSG víctimas. El enfoque que se considera en este método de evaluación de la interferencia en el ambiente señalado tiene en cuenta el hecho de que, una vez que se conoce la posición de un satélite determinado (denominado aquí satélite de referencia) de la constelación no OSG interferente, pueden determinarse de manera inequívoca los niveles de dfpe que afectan a los receptores de las redes de satélites OSG (considerando que están dados todos los parámetros del sistema). Supone además que las posiciones de este satélite de referencia se caracterizan por un vector aleatorio. Con base en estos supuestos, los niveles de dfpe pueden contemplarse como variables aleatorias que son funciones determinísticas de la posición aleatoria  $\mathbf{x} = (\varphi, \theta)^T$  (longitud  $\varphi$  y latitud  $\theta$ ) del satélite de referencia no OSG, y por consiguiente sus funciones densidad de probabilidad pueden determinarse a partir de la función densidad de probabilidad  $p_x(\Phi, \Theta)$  de la posición (longitud y latitud) del satélite de referencia.

En el caso de un satélite en una órbita elíptica alrededor de la Tierra con el argumento del perigeo igual a  $\pm\pi/2$ , esta función densidad de probabilidad (véase la Nota 1) viene dada por:

$$p_x(\Phi, \Theta) = \begin{cases} \frac{k(1+e)}{2\pi^2} \frac{\cos\Theta}{\sqrt{\sin^2\delta - \sin^2\Theta}} \left[ \frac{2\sin\delta}{(1+k^2)\sin\delta - (1-k^2)g(\Theta)} \right]^2 & \text{para } -\delta < \Theta \leq \delta \\ & -\pi < \Phi \leq \pi \\ & \text{para cualquier} \\ & \text{otro valor} \end{cases} \quad (34)$$

donde:

$\delta$ : ángulo entre el plano de la órbita y el plano ecuatorial

$$k = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad (35)$$

$e$ : excentricidad de la órbita, y

$$g(\Theta) = \cos\omega \sqrt{\sin^2\delta - \sin^2\Theta} + \sin\omega \sin\Theta \quad (36)$$

siendo  $\omega$  el argumento del perigeo.

Utilizando la ecuación (34) es posible, por ejemplo, obtener la probabilidad de que haya un satélite dentro de una región determinada en el cielo. En el caso particular de órbitas circulares ( $e = 0 \rightarrow k = 1$ ), la ecuación (34) se reduce a:

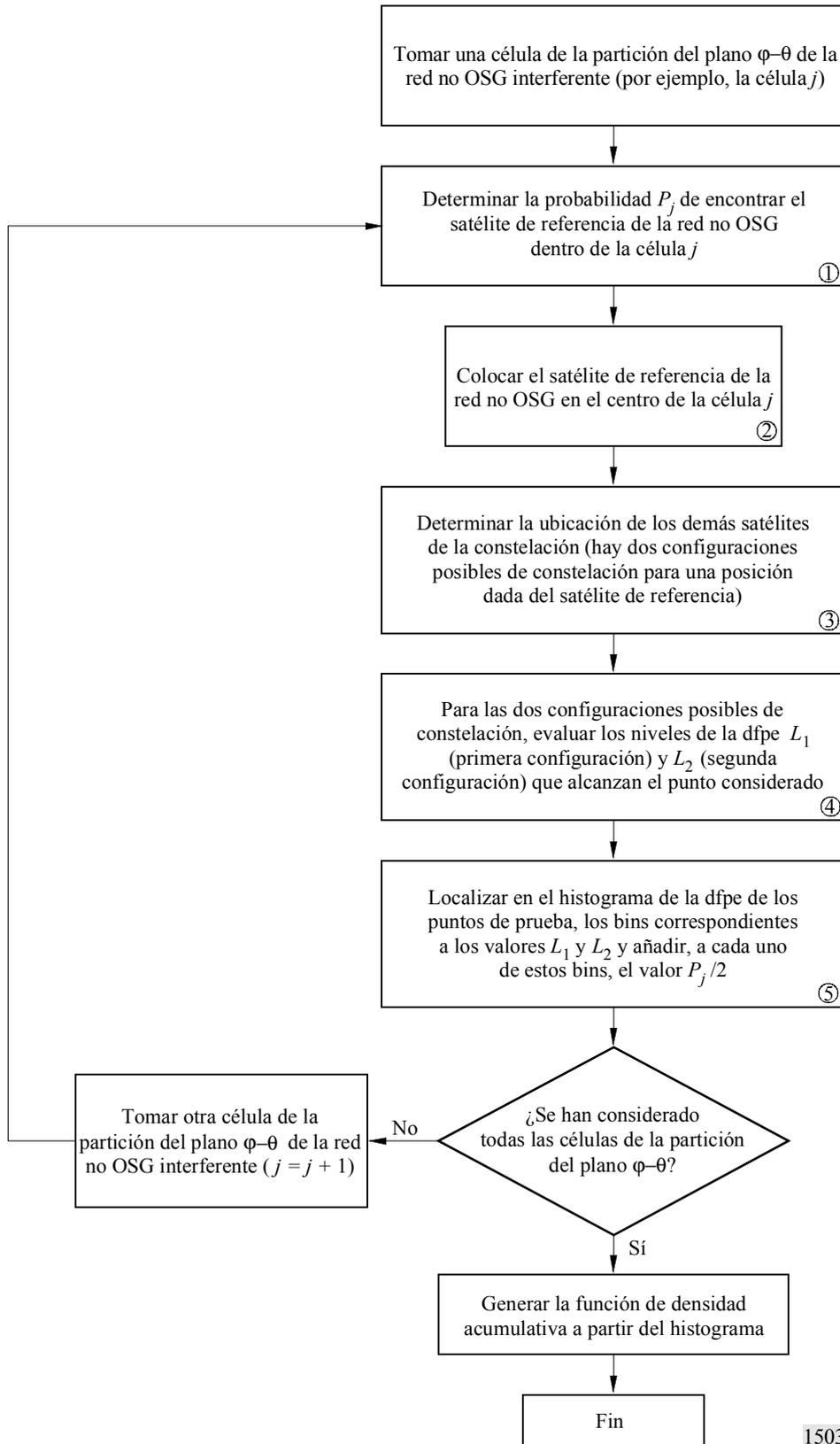
$$p_x(\Phi, \Theta) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi^2} \frac{\cos\Theta}{\sqrt{\sin^2\delta - \sin^2\Theta}} & \text{para } -\delta < \Theta \leq \delta \\ & -\pi < \Phi \leq \pi \\ & \text{para cualquier} \\ & \text{otro valor} \end{cases} \quad (37)$$

NOTA 1 – Se ha desarrollado una expresión general de esta función de densidad de probabilidad, válida para cualquier satélite en órbita elíptica y la está examinando el Grupo de Trabajo 4A de Radiocomunicaciones.

## Procedimiento de obtención de las funciones de densidad acumulativa de la dfpe

Con el fin de simplificar, supongamos que en el ambiente de interferencia sólo está involucrada una única red no OSG. La longitud y latitud del satélite de referencia de esta red de satélites no OSG toman valores en un plano  $\varphi-\theta$  ( $-\pi < \varphi \leq \pi$ ,  $\delta \leq \theta \leq \delta$ ). En un primer paso, este plano está cuidadosamente dividido en pequeñas células rectangulares. Para cada una de estas células de la partición, se supone que el satélite de referencia se encuentra situado en su centro y, debido a esta condición, están determinadas las posiciones de todos los satélites de la constelación. Una vez que se conoce las posición de todos los satélites, se evalúa el nivel (o niveles) de la dfpe en el punto (o puntos) de prueba deseado(s). Para generar la distribución de probabilidad de una versión cuantificada de estas magnitudes, se efectúa la cuantificación del nivel obtenido al nivel de cuantificación más próximo, y se añade la probabilidad de encontrar el satélite de referencia dentro de la célula considerada, obtenida mediante la función densidad de probabilidad (ecuación (34)), al valor de probabilidad actual asociado al nivel de cuantificación correspondiente. Se repite luego este procedimiento para todas las células de la partición y el histograma así obtenido se integra para generar la función de densidad acumulativa deseada. El organigrama de la Fig. 27 ilustra el procedimiento descrito anteriormente. El organigrama refleja el algoritmo y los procedimientos de cálculo presentados en los § 3.5.2 y 4.1.6.2 de la Parte D.

FIGURA 27  
Organigrama del método analítico



En relación con el procedimiento descrito en los puntos anteriores, son pertinentes los siguientes comentarios adicionales:

- a) Aunque no es necesario que la partición del plano  $\varphi$ - $\theta$  en células rectangulares sea del tipo de retícula, el uso de éstas es adecuado a efectos de la realización. Sin embargo, con el fin de evitar un aumento prohibitivo del tiempo de computador requerido cuando se aplica el método analítico propuesto a situaciones complejas que comprenden un número elevado de estaciones terrenas y satélites, deben tomarse en consideración los siguientes puntos:
- La retícula de cuantificación del plano  $\varphi$ - $\theta$  debe ser suficientemente fina para detectar rápidamente las variaciones de los niveles de dfpe que ocurran en las proximidades de situaciones de interferencia en línea. Sin embargo, una cuantificación fina del plano  $\varphi$ - $\theta$  completo puede desembocar en un tiempo de computador excesivamente grande. Por ello, la realización numérica del método analítico puede, facultativamente, dividirse en dos partes. La primera parte realiza los cálculos correspondientes a las regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  para las que el nivel de la dfpe tiene variaciones elevadas (cerca de la interferencia en línea), y donde se precisa una cuantificación fina de la región. La segunda parte del procedimiento numérico configura los cálculos correspondientes a las regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  cuyos niveles de dfpe experimentan variaciones suaves, lo que permite una cuantificación más gruesa. Cuando se encuentran regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  asociadas con interferencias potenciales casi en línea (RPII), habrá que definir las regiones de modo que cuando el satélite de referencia se encuentra dentro de estas regiones puedan ocurrir eventos de interferencia en línea que involucren a uno o más satélites de la constelación. Resulta importante garantizar que cuando el satélite de referencia no se encuentra dentro de ninguna de estas regiones, la interferencia en línea no ocurra y se pueda utilizar una retícula de cuantificación más gruesa. Las regiones de interferencia potencial en línea (RPII) se definen normalmente como regiones rectangulares alrededor de puntos de interferencia potencial en línea (PPII). Estos PPII pueden hallarse utilizando la metodología descrita en el § 6.3 de la Parte D.
  - Una vez que se ha detectado la posible ocurrencia de interferencia potencial casi en línea (el satélite de referencia se encuentra dentro de una de las regiones de interferencia potencial en línea), es importante identificar cuáles son los satélites y estaciones terrenas involucrados en la misma. Este método de cálculo de la dfpe puede llevarse a cabo considerando que solamente se han de recalcular unas pocas contribuciones de interferencia (aquellas que están asociadas con el evento de interferencia en línea) cuando el satélite de referencia cambia su emplazamiento dentro de la región considerada de interferencia potencial en línea. Esta medida puede ahorrar una cantidad importante de tiempo de computador cuando están presentes muchas contribuciones de interferencia.
- b) Si se conoce la posición del satélite de referencia, la localización de los demás satélites de la constelación (Bloque 3 del organigrama de la Fig. 27) es un problema con dos soluciones. Esto es debido a que el satélite de referencia puede encontrarse en dos planos orbitales diferentes, de la misma inclinación. En el procedimiento propuesto han de tomarse en consideración ambas soluciones. En el caso particular de órbitas circulares, la búsqueda de estas soluciones no es una tarea compleja debido a que la altitud de los satélites se conoce con anterioridad. En el caso de satélites en órbitas elípticas, el procedimiento es más complicado, ya que la altitud de los satélites varía con el tiempo (véase el § 6.2 de la Parte D).

### 6.1 Probabilidad de que el satélite de referencia se encuentre dentro de una célula rectangular

La probabilidad de que el satélite de referencia se encuentre dentro de una célula rectangular (por ejemplo, la célula  $j$ ) en el plano  $\varphi$ - $\theta$ , definido por  $\varphi \in [\varphi_m, \varphi_M]$ ,  $\theta \in [\theta_m, \theta_M]$ , puede obtenerse mediante la función densidad de probabilidad de la ecuación (34) y viene dada por:

$$P_j = \frac{\varphi_M - \varphi_m}{2\pi} \begin{cases} [f(c_M) + f(\pi - c_m) - f(\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{para } \theta_m \geq 0, \quad \theta_M > 0 \\ [1 + f(c_M) + f(-\pi - c_m) - f(\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{para } \theta_m < 0, \quad \theta_M \geq 0 \\ [f(c_M) + f(-\pi - c_m) - f(-\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{para } \theta_m < 0, \quad \theta_M < 0 \end{cases} \quad (38)$$

con:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } -\infty < x \leq -\pi \\ \frac{1}{2} - \frac{k e}{2\pi} \frac{\operatorname{tg}(x/2)}{\operatorname{tg}^2(x/2) + k^2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{tg}(x/2)}{k} \right) & \text{para } -\pi < x \leq \pi \\ 1 & \text{para } \pi < x < \infty \end{cases} \quad (39)$$

y donde:

$$c_m = \arcsen \left( \frac{\operatorname{sen} \theta_m}{\operatorname{sen} \delta} \right) - \omega \quad (40)$$

y

$$c_M = \arcsen \left( \frac{\operatorname{sen} \theta_M}{\operatorname{sen} \delta} \right) - \omega \quad (41)$$

En el caso de órbitas circulares,  $\omega = 0$  en las ecuaciones (40) y (41) y, ya que  $e = 0 \rightarrow k = 1$ , la ecuación (39) se reduce a:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } -\infty < x \leq -\pi \\ \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{x}{\pi} \right) & \text{para } -\pi < x \leq \pi \\ 1 & \text{para } \pi < x < \infty \end{cases} \quad (42)$$

## 6.2 Localización de la posición de todos los satélites de la constelación

En este punto se utilizan las siguientes notaciones y definiciones.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| $\mathbf{u}$            | Vector unitario en la dirección del satélite de referencia   |
| $\delta$                | Ángulo de inclinación orbital  |
| $\beta$                 | Ángulo de separación del satélite dentro del plano orbital (en términos de anomalía media)   |
| $\psi$                  | Ángulo entre las intersecciones de planos orbitales adyacentes y el plano ecuatorial   |
| $\lambda$               | Desfasamiento entre planos de satélite   |
| $r$                     | Radio de la órbita (órbita circular)   |
| $a$                     | Semieje mayor de la órbita elíptica  |
| $e$                     | Excentricidad de la órbita   |
| $\omega$                | Argumento del perigeo  |
| $\mathbf{k}_z$          | Vector unitario en la dirección del eje z  |
| $\gamma_\ell$           | Anomalía verdadera del satélite de referencia de la configuración de la constelación $\ell$ , medida a partir de la línea de los nodos                       |
| $\nu_\ell$              | Anomalía verdadera del satélite de referencia de la configuración de la constelación $\ell$  |
| $E_\ell$                | Anomalía excéntrica del satélite de referencia de la configuración de la constelación $\ell$   |
| $M_\ell$                | Anomalía media del satélite de referencia de la configuración de la constelación $\ell$  |
| $(M_i^j)_\ell$          | Anomalía media del satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$                          |
| $(E_i^j)_\ell$          | Anomalía excéntrica del satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$                     |
| $J_n(\cdot)$            | Función de Bessel de primera clase y orden $n$   |
| $(\nu_i^j)_\ell$        | Anomalía verdadera del satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$                      |
| $(\mathbf{u}_i^j)_\ell$ | Vector unitario en la dirección del satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$         |
| $(\mathbf{p}_i^j)_\ell$ | Vector de la posición del satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$                   |
| $(r_i^j)_\ell$          | Distancia, desde el centro de la Tierra, al satélite $i$ -ésimo en el plano orbital $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la constelación $\ell$ |

Consideremos un sistema geocéntrico y geoestacionario de coordenadas rectangulares en el cual los ejes x e y pertenecen al plano ecuatorial y el eje z apunta al Norte. Sea  $\mathbf{u}$  el vector unitario que apunta al emplazamiento del satélite de referencia y  $(\mathbf{p}_i^j)_\ell$  el vector que caracteriza la posición del satélite  $i$ -ésimo en el plano orbital  $j$ -ésimo, correspondiente a la configuración de la contribución  $\ell$ ,  $\ell=1, 2$ . Para determinar las ubicaciones  $(\mathbf{p}_i^j)_\ell$  ( $i=0, N_{\text{satélite por plano}}-1$ ,  $j=0, \dots, N_{\text{planos}}-1$ ,  $\ell=1, 2$ ) de todos los satélites en las dos configuraciones de la constelación deben efectuarse los siguientes pasos.

*Paso 1:* Sea  $\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z)^T$  y calcúlese, para  $\ell=1, 2$ , los vectores unitarios  $\mathbf{n}_\ell$  definidos por:

$$\mathbf{n}_\ell = \begin{pmatrix} (-u_z \cos \delta - a_\ell u_y) / u_x \\ a_\ell \\ \cos \delta \end{pmatrix} \quad (43)$$

con:

$$a_\ell = \frac{-u_y u_z \cos \delta + (-1)^\ell u_x \sqrt{(u_x^2 + u_y^2) \sin^2 \delta - u_z^2 \cos^2 \delta}}{u_x^2 + u_y^2}$$

*Paso 2:* Sea  $\mathbf{k}_z$  el vector unitario en la dirección del eje z y calcúlese las siguientes magnitudes para  $\ell=1, 2$ :

$$\mathbf{w}_\ell = \mathbf{k}_z \times \mathbf{n}_\ell \quad (\times \text{ indica producto cruzado})$$

$$\gamma_\ell = \arccos \left( \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{w}_\ell}{|\mathbf{w}_\ell|} \right) \text{sgn}(u_z) \quad (T \text{ indica transponer y sgn() indica la función signo})$$

$$\nu_\ell = (\gamma_\ell - \omega)_{\text{MOD } 2\pi}$$

$$E_\ell = 2 \arctg \left( \frac{\text{tg}(\nu_\ell / 2)}{k} \right) \quad \text{donde } k = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$M_\ell = E_\ell - e \text{sen } E_\ell$$

$$(M_i^j)_\ell = M_\ell + i \beta + j \lambda \quad (44)$$

$$(E_i^j)_\ell = (M_i^j)_\ell + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} J_n(ne) \text{sen} \left( n(M_i^j)_\ell \right)$$

$$(\nu_i^j)_\ell = 2 \arctg \left( k \text{tg} \frac{(E_i^j)_\ell}{2} \right)$$

$$(\alpha_i^j)_\ell = (\nu_i^j)_\ell - \nu_\ell \quad (45)$$

Se señala que la magnitud  $\beta$  en la ecuación (44) viene dada normalmente por:

$$\beta = \frac{2\pi}{N_{\text{satélite por plano}}}$$

Paso 3: Determinar los vectores de ubicación de los satélites en las dos configuraciones de la constelación mediante:

$$(\mathbf{p}_i^j)_\ell = (r_i^j)_\ell (\mathbf{u}_i^j)_\ell$$

donde:

$$(r_i^j)_\ell = \frac{a(1-e^2)}{1-e \cos((v_i^j)_\ell)}$$

y

$$(\mathbf{u}_i^j)_\ell = \cos((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{u} + \sin((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{b}_\ell$$

con:

$$\mathbf{b}_\ell = \mathbf{u} \times \mathbf{n}_\ell$$

y

$$\mathbf{M}_j = \begin{pmatrix} \cos j\psi & -\sin j\psi & 0 \\ \sin j\psi & \cos j\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

El ángulo  $\psi$  normalmente viene dado por:

$$\psi = \frac{2\pi}{N_{\text{planos}}}$$

En el caso particular de órbitas circulares, puesto que la anomalía verdadera, la anomalía excéntrica y la anomalía media son la mismas, y como  $a = r$  y  $e = 0 \rightarrow k = 1$ , los Pasos 2 y 3 se simplifican a:

Paso 2:

$$(\alpha_i^j)_\ell = i\beta + j\lambda$$

Paso 3:

$$(\mathbf{p}_i^j)_\ell = r (\mathbf{u}_i^j)_\ell$$

donde:

$$(\mathbf{u}_i^j)_\ell = \cos((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{u} + \sin((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{b}_\ell$$

con

$$\mathbf{b}_\ell = \mathbf{u} \times \mathbf{n}_\ell$$

y

$$\mathbf{M}_j = \begin{pmatrix} \cos j\psi & -\sin j\psi & 0 \\ \sin j\psi & \cos j\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

### 6.3 Elección de los incrementos de longitud y latitud para las retículas finas y gruesas

La retícula de cuantificación del plano  $\varphi$ - $\theta$  debe ser suficientemente fina para que se puedan detectar variaciones rápidas de los niveles de la  $dfpe$  que se producen cerca de las situaciones de interferencia en línea. Sin embargo, una cuantificación fina de la totalidad del plano  $\varphi$ - $\theta$  puede dar como resultado un tiempo de computador excesivamente grande. Por ello, la realización numérica del método analítico puede, como alternativa, dividirse en dos partes. En la primera parte se realizan los cálculos para las regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  en las que el nivel de la  $dfpe$  puede tener variaciones grandes (próximas a la interferencia en línea), y donde se necesita una cuantificación fina de la región. Estas regiones se denominarán aquí regiones de interferencia potencial en línea RPII. La segunda parte del procedimiento numérico efectúa los cálculos de las regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  en las cuales el nivel de la  $dfpe$  experimenta variaciones suaves, lo que permite una cuantificación más gruesa. Lo anterior sugiere que los incrementos de longitud y latitud  $\Delta\varphi_f$  y  $\Delta\theta_f$  para la retícula fina se elijan de modo que:

$$\Delta\varphi_f \leq \frac{\varphi}{10} \quad \text{y} \quad \Delta\theta_f \leq \frac{\varphi}{10}$$

donde  $\varphi$  es el ángulo geocéntrico definido por la ecuación (3) para los cálculos de la  $dfpe_{\uparrow/\downarrow}$  y por la ecuación (4) para los cálculos de la  $dfpe_{es}$ . Los incrementos de longitud y latitud  $\Delta\varphi_c$  y  $\Delta\theta_c$  para la retícula gruesa deben elegirse como:

$$\Delta\varphi_c = 1,5 \varphi \quad \text{y} \quad \Delta\theta_c = 1,5 \varphi$$

con  $\varphi$  dado por la ecuación (3) para los cálculos de la  $dfpe_{\uparrow/\downarrow}$  y por la ecuación (4) para los cálculos de la  $dfpe_{es}$ .

El hallazgo de regiones del plano  $\varphi$ - $\theta$  asociadas con interferencias potenciales casi en línea (RPII) equivale a definir las regiones tales que cuando el satélite de referencia se encuentre dentro de ellas pueden ocurrir eventos de interferencia en línea que involucren a uno o más satélites de la constelación. Resulta importante garantizar que cuando el satélite de referencia no se encuentra dentro de ninguna de estas regiones, la interferencia en línea no ocurra y se pueda utilizar una retícula de cuantificación más gruesa. Las RPII se definen como regiones (normalmente rectangulares) alrededor de PPII. Estos PPII pueden hallarse utilizando la metodología descrita en el § 6.4 de la Parte D. Se propone que se defina la RPII por una región cuadrada de  $\Delta \times \Delta$  grados alrededor de los PPII donde:

$$\Delta = 5 \varphi$$

con  $\varphi$  dado por la ecuación (3) para los cálculos de la  $dfpe_{\uparrow/\downarrow}$  y por la ecuación (4) para los cálculos de la  $dfpe_{es}$ .

Si bien los valores mencionados anteriormente para los incrementos de la longitud y de la latitud así como el tamaño de las RPII se han mostrado adecuados en varios ejercicios, ellos pueden precisar ser ajustados. Una estación terrena muy grande (con haces muy estrechos) precisaría una disminución del tamaño de los incrementos de longitud y de latitud, pero permitiría una RPII más pequeña. Por otra parte, las estaciones terrenas con un haz ancho permitirían valores más grandes de los incrementos de longitud y de latitud, pero requerirían una RPII más extensa.

### 6.4 Hallazgo de PPII

En el caso en que se utiliza la opción de retícula fina deben resaltarse los siguientes puntos:

#### 6.4.1 Interferencia del enlace ascendente ( $dfpe_{\uparrow}$ )

Para cada satélite OSG interferido (punto de prueba), deben darse los siguientes pasos en la determinación del PPII en el caso de los cálculos de la  $dfpe_{\uparrow}$ :

*Paso 1:* Para cada estación terrena de la red no OSG interferente, identificar la posición del satélite de la red interferente que se encuentra en línea con la estación terrena considerada y el satélite OSG interferido.

*Paso 2:* Emplazar el satélite de referencia en esta posición y determinar la posición de los demás satélites de la constelación para las dos configuraciones posibles, de conformidad con el § 6.2 de la Parte D.

*Paso 3:* Estas  $N_{non-GSOearthstations} \times N_{non-GSOsatellites} \times 2$  posiciones de satélite forma el conjunto de puntos PPII.

Hay que señalar que el algoritmo de apagado deberá garantizar que la estación terrena no OSG no transmitirá hacia satélites no OSG que se encuentren en la zona de exclusión, con lo que la utilización de la retícula fina para el enlace ascendente puede ser innecesaria.

#### 6.4.2 Interferencia del enlace descendente ( $dfpe_{\downarrow}$ )

Para cada estación terrena interferida de la red OSG (punto de prueba), deben darse los siguientes pasos en la determinación del PPII en el caso de los cálculos de la  $dfpe_{\downarrow}$ :

- Paso 1:* Identificar la posición del satélite de la red interferente que se encuentra en línea con la estación terrena de la red OSG interferida considerada (punto de prueba) y el satélite OSG que la sirve.
- Paso 2:* Emplazar el satélite de referencia en esta posición y determinar la posición de los demás satélites de la constelación para las dos configuraciones posibles, de conformidad con el § 6.2 de la Parte D.
- Paso 3:* Estas  $N_{non-GSOsatellites} \times 2$  posiciones de satélites forman el conjunto de puntos PPII.

#### 6.4.3 Interferencia entre satélites ( $dfpe_{es}$ )

Para cada satélite OSG interferido (punto de prueba), deben utilizarse los siguientes pasos en la determinación del PPII en el caso de los cálculos de la  $dfpe_{es}$ :

- Paso 1:* Sea  $N_{GSOsatellitebeams}$  el número de haces isofrecuencia en los satélites OSG interferidos que se están considerando. Para cada uno de estos haces, se identifica la posición del satélite no OSG interferente que se encuentra en el eje del haz.
- Paso 2:* Colocar el satélite de referencia en esta posición y determinar la posición de los demás satélites de la constelación para las dos configuraciones posibles, de conformidad con el § 6.2 de la Parte D.
- Paso 3:* Estas  $N_{GSOsatellitebeams} \times N_{non-GSOsatellites} \times 2$  posiciones de satélite forman el conjunto de puntos PPII.

### 6.5 Uso adicional de las retículas finas

Se pueden producir variaciones rápidas de la  $dfpe$  cuando los satélites se aproximan a la curva límite que caracteriza a la zona del ángulo de exclusión en el plano  $\theta-\phi$ . En la vecindad de esta curva fronteriza (Regiones vecinas de la zona de exclusión) (EZVR, *exclusion zone vicinity regions*), pueden utilizarse también retículas finas para detectar mejor estas variaciones rápidas. Deben darse los pasos siguientes para determinar estas EZVR:

- Paso 1:* Determinar, en la retícula gruesa, cuáles son las células que contienen la curva fronteriza de la zona de exclusión. Denominemos  $N_{EZ}$  al número de células que cumplen esta condición.
- Paso 2:* Para cada una de estas células  $N_{EZ}$ , colóquese el satélite de referencia en su centro y determínese la posición de los demás satélites de la constelación para las dos configuraciones posibles, de conformidad con el § 6.2 de la Parte D, e identifíquense a continuación las células de retícula gruesa que los contienen.
- Paso 3:* Estas  $N_{EZ} \times N_{non-GSOsatellites} \times 2$  células de retícula gruesa constituirán el conjunto de células de retícula gruesa dentro de las cuales se utilizará una retícula más fina.

## 7 Estructura y formato de los resultados

### 7.1 Decisión pasa/no pasa

#### 7.1.1 Descripción general del proceso de decisión

Cuando se utiliza el método de la simulación temporal, la simulación produce una función de distribución de la probabilidad de la  $dfp$ . La función de distribución de la probabilidad registra, para cada nivel de la  $dfp$ , el número de pasos de tiempo de simulación en los cuales se ha producido ese nivel de  $dfp$ , dividido por la suma de todos los bins. La función de distribución de la probabilidad se convertirá en una función de distribución acumulativa que registra, para cada nivel de  $dfp$ , el número de pasos de tiempo de simulación en los cuales ese nivel de  $dfp$  fue sobrepasado, normalizado con el número total de pasos de tiempo de la simulación.

Cuando se aplica el método analítico, se determina directamente una función de distribución de la probabilidad de la  $dfp$ . Esta función de distribución de la probabilidad registra la probabilidad de ocurrencia de cada nivel de  $dfp$ . Estos valores de la probabilidad corresponden al porcentaje de tiempo durante el cual se producirá el nivel de la  $dfp$  a lo largo de un intervalo de observación infinito. Esta función de distribución de la probabilidad puede también convertirse en una función de distribución acumulativa.

#### 7.1.2 Producción de la función de distribución acumulativa

Con el proceso detallado en el § 3.5 de la Parte D, se ha generado una función de distribución de la probabilidad de los valores de la  $dfp$ . Esta función de distribución de la probabilidad se convertirá en una función de distribución acumulativa que registra, para cada nivel de  $dfp$  una estimación del porcentaje de tiempo durante el cual este nivel de  $dfp$  es sobrepasado.

Para cada valor de dfp, la función de distribución acumulativa se calculará mediante:

$$CDF_i = 100 (1 - \text{SUM} (\text{PDF}_{\text{mín}}; \text{PDF}_i))$$

donde:

$\text{PDF}_x$ : entrada del cuadro de función de distribución de la probabilidad para un valor de la dfp de  $X$  dB, normalizada de modo que la suma total de todas las  $\text{PDF}_x$  sea 1.

### 7.1.3 Procedimiento de comparación

La etapa siguiente consiste en la comparación de los valores límite de la dfp del RR con las del cuadro de probabilidades.

*Paso 1:* Ejecutar los Pasos 2 a 4 para cada límite de especificación  $i$ .

*Paso 2:* Leer la pareja valor/probabilidad ( $J_i$  y  $P_i$ ) de la dfp de la base de datos.

*Paso 3:* Si el valor de dfp,  $J_i$ , tiene una precisión más elevada que  $S_B$  (actualmente, 0,1 dB), redondear  $J_i$  a la baja, con una precisión máxima de 0,1 dB.

*Paso 4:* A partir de la función de distribución acumulativa encontrar  $P_t$ , la probabilidad de que el valor  $J_i$  de la dfp obtenido mediante el programa informático sea excedido.

*Paso 5:* Si  $P_i < P_t$ , registrar entonces Pasa: la función de distribución acumulativa cumple con este punto de la especificación. En caso contrario registrar No pasa: la función de distribución acumulativa no cumple con este punto de la especificación.

La etapa final es la comparación del valor de la dfp máximo registrado durante la ejecución del programa informático con el límite especificado para el 100% del tiempo (en su caso).

A partir de la función de distribución acumulativa, buscar el valor máximo de la dfp registrado durante la ejecución del programa informático,  $J_{\text{máx}}$ . Comparar este valor con el límite de la dfp especificado para el 100% del tiempo,  $J_{100}$ . Si  $J_{\text{máx}} < J_{100}$ , registrar entonces Pasa: la función de distribución acumulativa cumple con este punto de la especificación. Si  $J_{\text{máx}} \geq J_{100}$ , registrar entonces No pasa: la función de distribución acumulativa no cumple con este punto de la especificación.

### 7.1.4 Proceso de decisión

Si se ha registrado un resultado Pasa para todos los límites de la especificación, la red no OSG cumple entonces con la especificación. Si se ha registrado algún No pasa, entonces la red no OSG no cumple con la especificación.

## 7.2 Información básica requerida para la decisión

La información básica requerida se compone de:

- los datos sobre la dfp generados en la ejecución del programa informático (incluido el diámetro de la antena) y el diagrama de antena de referencia;
- el cuadro de los límites de la especificación para distintos diámetros de antena y diagramas de antena de referencia.

### 7.3 Formato del resultado de salida

El formato de salida comprenderá:

- una declaración del resultado de la prueba;
- un cuadro resumen;
- un cuadro de la función de distribución acumulativa (sólo para información).

#### 7.3.1 Declaración del resultado de la prueba de conformidad

Deberá darse como resultado de salida la conclusión global de la evaluación Pasa o No pasa definida en el § 7.1.4 de la Parte D.

### 7.3.2 Cuadro resumen

El Cuadro resumen mostrará los datos siguientes:

CUADRO 9

| Punto de la especificación                          |              | Resultado    | Punto de simulación |
|---|--------------|--------------|---------------------|
| Valor de la dfp                                     | Probabilidad |              | Probabilidad        |
| $J_1$ (dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> ))) | $P_1$        | Pasa/no pasa | $P_y$               |
| :   | :            | :            | :                   |
| $J_i$ (dB(W/(m <sup>2</sup> · BW <sub>ref</sub> ))) | $P_i$        | Pasa/no pasa | $P_y$               |

donde:

$J_i$  y  $P_i$ : valores de la especificación para la dfp/probabilidad tomados de la base de datos

Pasa/no pasa: resultado de la prueba

$P_y$ : valor de la probabilidad tomado del cuadro de probabilidades.

### 7.3.3 Cuadro de probabilidades

El resultado de salida incluirá para información la función de distribución acumulativa calculada que se utilizó en el proceso de toma de decisión.

## PARTE E

### Prueba de la fiabilidad de los resultados del programa informático

#### 1 Evaluación de la exactitud del cálculo del programa informático candidato

Estas pruebas pueden ser efectuadas por el realizador del programa informático, y los resultados proporcionados a la BR junto con el programa informático candidato.

Funciones del programa informático que han de evaluarse:

*Proyección de la órbita* – Utilizando un conjunto de parámetros simplificados que dan como resultado un periodo de repetición definido, ejecutar el programa informático para el intervalo de simulación requerido y comprobar los valores reales (vectores del satélite) frente a los valores previstos.

*Ángulos de desplazamiento* – Utilizando conjuntos apropiados de ubicaciones de estaciones terrenas y satélites, comprobar los valores reales del ángulo de desplazamiento del haz frente a los valores previstos. Los conjuntos de datos de prueba deben abarcar los casos más complejos desde el punto de vista trigonométrico: por ejemplo los emplazamientos alrededor de la longitud cero y la longitud 180°.

*Paso de tiempo y duración de la simulación* – Mediante conjuntos apropiados de parámetros de la red no OSG, comprobar los valores del paso de tiempo y de la duración de la simulación generados por el programa informático frente a los valores previstos. Esta comprobación puede efectuarse, por ejemplo, a través de una comparación con los resultados obtenidos con el método analítico.

*Generación de la función de distribución acumulativa* – Utilizando conjuntos de ficheros de entrada de datos de pruebas con resultados de la función de distribución acumulativa conocidos, verificar el programa informático de generación de la función de distribución acumulativa.

*Proceso decisión pasa/no pasa* – Utilizando conjuntos de ficheros de entrada de pruebas de la función de distribución acumulativa, verificar la exactitud del proceso de decisión pasa/no pasa.

Si se dispone de varias realizaciones, puede entonces utilizarse el análisis de sensibilidad para evaluar dichas realizaciones y compararse los resultados para garantizar su coherencia.

## **2 Evaluación de las estadísticas de la $df_{pe\uparrow/\downarrow}$ obtenidas por la BR**

Esta evaluación se compone de pruebas que serían realizadas automáticamente por el programa informático como parte de cada ejecución, para confirmar que la ejecución no encontró los eventos de interferencia del caso más desfavorable.

Valor de la  $df_{pe}$  para el 100% del tiempo – el valor de la  $df_{pe\downarrow}$  para el 100% del tiempo obtenido durante la ejecución debe compararse con un valor calculado a partir del análisis de la constelación no OSG. El valor obtenido debe encontrarse dentro de  $\pm 0.X$  dB del valor esperado.

En los casos en que se utiliza el método de simulación temporal, puede emplearse opcionalmente, siempre que resulte aplicable, un programa informático basado en el método analítico descrito en el § 6 de la Parte D para verificar la fiabilidad de los resultados estadísticos obtenidos.

## **3 Verificación de los contornos de la $df_p$**

Los contornos de la  $df_p$  son entradas para la herramienta validación de la BR que debe proporcionar la administración notificante a la BR junto con el programa informático utilizado para su cálculo, la descripción completa del programa informático y los parámetros. La información requerida para generar el contorno de la  $df_p$  puede ponerse a disposición de las administraciones interesadas para su utilización en caso de discrepancia.

## **4 Repetición de las pruebas del programa informático de la BR después de la introducción de cualquier modificación o mejora**

Ha de definirse un conjunto de pruebas para su utilización en los casos en que se ha modificado o mejorado el programa informático de la BR o su entorno de funcionamiento. Estas pruebas puede consistir en:

- a) alguna o todas las pruebas definidas en el § 1 de la Parte E para la evaluación inicial de la exactitud del cálculo del programa informático candidato;
- b) repetición de un conjunto representativo de evaluaciones de ficheros no OSG reales, y comparación de los resultados obtenidos por los sistemas del programa informático original y el modificado.

### PARTE F

#### **Entorno operacional para el programa informático**

### **1 Sistema de operativo**

El programa informático funcionará con plataformas de ventana de 32 bits bajo la versión 4.0 (o posterior) de Windows NT de Microsoft y bajo Windows 95/98 de Microsoft o versiones superiores.

### **2 Interfaces con los programas informáticos y las bases de datos existentes**

La BR captura todas las notificaciones entrantes relativas a los servicios espaciales dentro de una base de datos central para datos alfanuméricos (SNS) y dentro de otra base de datos para datos gráficos (GIMS) como los diagramas de antena y las zonas de servicio. Estas bases de datos se utilizan para la publicación de los datos en CD-ROM, en la Circular semanal y en sus Secciones especiales. Se han utilizado también para proporcionar datos de entrada a los paquetes de programas que realizan el Apéndice 29 del RR y en exámenes de la  $df_p$ . Esto garantiza que los datos publicados serán siempre los datos utilizados en estos exámenes. La BR considera esto importante, tanto para la administración notificante como para las administraciones cuyos servicios puedan verse afectados por la nueva estación. Para su regulación y examen técnico de las redes de satélites, la BR sólo ha utilizado de manera regular el programa informático desarrollado para redes OSG. Sin embargo, cuando esté disponible el programa informático para los cálculos de la  $df_p$  que trabaja sobre redes no OSG se aplicará el mismo principio. No sólo se hace de este modo por conveniencia de la BR, sino para garantizar la coherencia y transparencia con las administraciones.

## PARTE G

**Desarrollo y mantenimiento del programa informático****1 Método de desarrollo de los productos del programa informático****1.1 Metodología**

La metodología utilizada en el método de desarrollo de los productos del programa informático debe describirse en la documentación de dicho programa.

**1.2 Validación**

Valida la conformidad de los resultados del programa informático con las ecuaciones descritas o referenciadas en este texto.

**2 Interfaz de usuario del programa informático**

El programa informático debe satisfacer los requisitos de interfaz de la BR que se dan en el § 2 de la Parte F.

**3 Documentación y mantenimiento del programa informático****3.1 Especificación de los requisitos del programa informático**

La documentación del programa informático debe referirse a las secciones pertinentes de este texto.

**3.2 Implementación de los requisitos**

El propósito de este texto es establecer el modo de implantación de estos requisitos en el programa informático.

**3.3 Manual del usuario**

El objeto de este Manual de Usuario es explicar al usuario cómo ha de realizar las diferentes pruebas para obtener determinados resultados. Dada su complejidad, es preciso exponer estas pruebas en detalle.

**3.4 Mantenimiento y mejora del programa informático**

El hecho de que parte del programa informático, y no solamente los datos, dependa de las características del sistema impone exigencias elevadas en cuanto al mantenimiento del mismo.

## PARTE H

**Procedimientos de evaluación de un programa informático candidato**

Para evaluar un programa informático candidato deben seguirse los siguientes pasos:

*Paso 1:* Evaluar el entorno operacional del programa informático. Esta evaluación debe considerar: si el programa se ejecuta en plataformas Windows de 32 bits (Windows 95/98, Windows NT versión 4.0, Windows 2000, o versiones superiores). El programa informático debe poder rodar sin problema después de finales de 1999. Esta evaluación debe también considerar los requisitos de memoria y de disco duro, los requisitos de almacenamiento de ficheros de entrada y salida, la portabilidad del programa informático, etc. Deben utilizarse como orientación los puntos pertinentes de la Parte F de esta Recomendación.

*Paso 2:* Evaluar la conformidad del programa informático: evaluar la conformidad con las limitaciones y las hipótesis básicas (unidades, constantes, modelo de la Tierra). Evaluar si el programa informático utiliza las definiciones, formatos y unidades de los parámetros de los sistemas y las órbitas de los sistemas no OSG, los puntos de prueba y las entradas para las pruebas de coherencia interna. Deben utilizarse como guía los puntos pertinentes de las Partes A y B de esta Recomendación.

*Paso 3:* Evaluar el tiempo de ejecución de los cálculos con cargas (tal como el número de satélites) normales y elevadas, la capacidad de tratar más de una constelación y el tiempo de ejecución de los cálculos para diferentes tamaños de paso (por ejemplo, el paso de tiempo mínimo de simulación en el enlace ascendente/enlace descendente para el caso del método de simulación o los incrementos mínimos de longitud y latitud para el método analítico). Deben utilizarse como orientación los puntos pertinentes de las Partes A y E de esta Recomendación.

*Paso 4:* Evaluar si el programa informático es amigable para el usuario: fácil uso (intuitivo), disponibilidad de ayuda en línea, indicador de ejecución en curso como porcentaje completado, y disponibilidad de soporte técnico del programa informático.

*Paso 5:* Evaluar el tratamiento de errores y la recuperación del programa: determinar la claridad de los mensajes y si pueden detectarse y corregirse los errores. Determinar si el programa puede volver al estado operacional después de un fallo y fidelidad de los datos en copia de seguridad.

*Paso 6:* Evaluar la flexibilidad del programa informático: capacidad del programa para proporcionar resultados en las etapas intermedias del cálculo (los usuarios deben tener la posibilidad de detener temporalmente o cancelar una ejecución y guardar los resultados en un fichero en cualquier etapa de la simulación), capacidad del usuario para introducir datos mediante teclado y/o ficheros de entrada e interfaces gráficas, capacidad del usuario de utilizar diferentes parámetros y modelos: parámetros del sistema, diagramas de antena de referencia, etc.

*Paso 7:* Evaluar la documentación y la claridad e integridad del manual (o manuales) de usuario: disponibilidad de un conjunto claro y completo de manuales de usuario, organigramas, ejemplos recogidos en los manuales, explicación del modo de implementación de los requisitos, propósito de cada segmento del programa informático con referencias a las partes correspondientes de esta Recomendación. Debe utilizarse como orientación el § 3.3 de la Parte G.

*Paso 8:* Evaluar la coherencia con los enfoques de sistemas mundiales utilizados por la BR: uso de la terminología y definiciones de la UIT, adhesión a los requisitos de los ficheros de entrada (*BR supplied input and database parameters*) y de salida de la BR, interfaz con las bases de datos de la BR (alfanuméricas o gráficas), requisitos de la interfaz con los programas de la BR existentes, etc. Deben utilizarse como orientación los puntos pertinentes de la Parte F y los § 3.4, 3.7, 4.1.4, 4.2.4, 4.2.6 y 4.2.7 de la Parte D.

*Paso 9:* Evaluar si el programa informático cumple los requisitos y si los resultados están conformes con las ecuaciones descritas en esta Recomendación o a las que se hace referencia en la misma para: la generación de contornos de la dfp de las estaciones espaciales, la generación de contornos de la p.i.r.e. de las estaciones terrenas, la realización de los cálculos de la dfp, la toma en consideración de las técnicas de mitigación de la interferencia, las consideraciones sobre la ganancia de la antena del satélite y de la estación terrena, las ubicaciones más desfavorables de la red OSG que dan una dfpe máxima. Debe utilizarse como guía las Partes C y C' de esta Recomendación.

*Paso 10:* Evaluar si el programa informático realiza las funciones especificadas y si los resultados está conformes con las ecuaciones descritas o referenciadas en esta Recomendación para: el examen de los ficheros no OSG, el cálculo de las distribuciones dfpe acumulativas, las geometrías utilizadas en los cálculos de la dfpe incluidos los diagramas de ganancia, la comparación de los niveles de la dfpe con los límites del RR (Artículo S22), la decisión pasa/no pasa, etc. Debe utilizarse como guía la Sección D de esta Recomendación.

*Paso 11:* Evaluar la disponibilidad de los ficheros DLL y/o de COM por si es posible su utilización con otras aplicaciones.

*Paso 12:* Evaluar el mantenimiento y mejora del programa informático: Evaluar la posibilidad y facilidad de la reparación de averías y el mantenimiento y mejora del programa informático por parte del usuario, así como la definición de un conjunto de pruebas que habrían de realizarse cuando los programas de la BR o su entorno de explotación sean modificados o mejorados. Deberá también incluir la evaluación de regresión (compatibilidad hacia atrás), es decir, si los bloques no modificados del programa no se ven afectados por las modificaciones que se realicen en otros bloques. Debe utilizarse como orientación los § 4 de la Parte E y 3.4 de la Parte G.

*Paso 13:* Evaluar la aplicabilidad del programa informático a todos los casos de interés: El programa informático debe poder tratar todos los tipos de sistemas no OSG, incluidos los sistemas con repeticiones de trazas largas y constelaciones con velocidades de precesión pequeñas.

*Paso 14:* Evaluar la fiabilidad, sensibilidad y exactitud: evaluar la medida en que los resultados reflejan el comportamiento esperado del sistema y la fiabilidad de los mismos (proyección de la órbita, ángulos de desplazamiento, generación de la función de distribución acumulativa, decisión pasa/no pasa, valor máximo de la dfpe para el 100% del tiempo, etc.) así como el cálculo de la exactitud en función del tamaño del paso y de la sensibilidad para entradas de datos constantes. Deben utilizarse como orientación la Parte E y el § 6 de la Parte D.

La evaluación del programa informático puede efectuarse a partir de consideraciones de pruebas funcionales o consideraciones de pruebas estructurales. Ambas evaluaciones de pruebas son de importancia primordial y se utilizan aquí.

En las pruebas funcionales, el programa informático se contempla como una caja negra. Se le somete a una entrada y se verifica su salida a efectos de conformidad con las especificaciones. En este caso, el interés del usuario reside en el programa que debe utilizar y no en los detalles de su realización (es decir, como se realiza). En las pruebas estructurales, se tienen en cuenta los detalles. Si se dispone del código fuente, entonces son de interés el lenguaje de programación del programa informático, el estilo de programación, los comentarios internos del programa, los métodos de control y los detalles de la codificación. Puede utilizarse el Cuadro 10 como guía para la evaluación de un programa informático candidato. En cada escalón de la evaluación se utilizará una escala de notas de 1 a 10, donde 10 representa la excelencia o completa satisfacción y 1 representa la total insatisfacción o indisponibilidad.

CUADRO 10

**Cuadro de evaluación del programa informático**

| Consideración                                      | Descripción | Nota<br>(1 a 10) |
|--|-------------|------------------|
| Entorno(s) operacional(es)                         | Paso 1      |                  |
| Posibilidad de uso con otras aplicaciones          | Paso 11     |                  |
| Amigabilidad del programa informático              | Paso 4      |                  |
| Flexibilidad e interacción con usuario             | Paso 6      |                  |
| Coherencia con los enfoques de sistemas de la BR   | Paso 8      |                  |
| Tratamiento de errores y recuperación del programa | Paso 5      |                  |
| Mejora y mantenimiento                             | Paso 12     |                  |
| Documentación/manuales de usuario                  | Paso 7      |                  |
| Conformidad (limitaciones e hipótesis básicas)     | Paso 2      |                  |
| Tiempo de ejecución y pruebas de fatiga            | Paso 3      |                  |
| Requisitos de diseño (Partes C y C')               | Paso 9      |                  |
| Requisitos de diseño y decisiones (Parte D)        | Paso 10     |                  |
| Aplicabilidad a todos los casos de interés         | Paso 13     |                  |
| Fiabilidad, sensibilidad y exactitud               | Paso 14     |                  |
| Nota total   |             |                  |

