

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

## Recomendación UIT-R M.1476 (05/2000)

**Objetivos de calidad de funcionamiento para los canales digitales de banda estrecha que utilizan satélites geoestacionarios para dar servicio a estaciones terrenas transportables y móviles en la gama 1-3 GHz que forman parte de la red digital de servicios integrados**

**Serie M**

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



## Prólogo

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

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

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

### Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica  
Ginebra, 2010

© UIT 2010

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

## RECOMENDACIÓN UIT-R M.1476\*

**Objetivos de calidad de funcionamiento para los canales digitales de banda estrecha que utilizan satélites geoestacionarios para dar servicio a estaciones terrenas transportables y móviles en la gama 1-3 GHz que forman parte de la red digital de servicios integrados**

(Cuestión UIT-R 112/8)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que los objetivos de calidad de funcionamiento para los canales digitales del servicio móvil por satélite (SMS) que utilizan modulación en banda estrecha y satélites geoestacionarios deben incluir un margen referente a los niveles de interferencia entre sistemas y dentro del sistema para los sistemas que funcionan en la gama 1-3 GHz, así como satisfacer los requisitos de calidad de funcionamiento del usuario;
- b) que la proporción de bits erróneos (BER) variará en el tiempo debido a la modificación de las condiciones de propagación, incluidos los efectos del desvanecimiento multitrayecto;
- c) que la recepción de las señales transmitidas hacia y desde las estaciones terrenas móviles en muchos emplazamientos puede deteriorarse notablemente a causa de las degradaciones en la propagación de la señal dependientes del emplazamiento y de la orientación, que determinan la calidad de funcionamiento del servicio espacial;
- d) que los canales digitales del SMS pueden ser utilizados en haces de cobertura global o puntual como parte de un SMS mundial, en cuyo caso cabe esperar unas restricciones en la potencia del satélite más estrictas;
- e) que los objetivos de calidad de funcionamiento del SMS para los servicios que forman parte de la red digital de servicios integrados (RDSI) deben definirse considerando las Recomendaciones UIT-T relativas a los objetivos de calidad de funcionamiento de la RDSI (Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.826) y teniendo en cuenta adecuadamente el efecto de las condiciones de propagación en el SMS;
- f) que los objetivos de calidad de funcionamiento para los servicios móviles por satélite no conectados a través de la RDSI serán objeto de otras Recomendaciones UIT-R,

*recomienda*

**1** que en los sentidos de transmisión de ida y vuelta, a través de los enlaces de servicio y de los enlaces de conexión, los objetivos de calidad de funcionamiento del radioenlace combinados para los canales digitales del SMS que forman parte de la RDSI sean los siguientes:

**1.1** la indisponibilidad combinada del radioenlace del SMS debida a la propagación no debe ser, provisionalmente, superior al 0,1% del tiempo, definiendo los tiempos de disponibilidad e indisponibilidad como indica la Recomendación UIT-T G.821, y se aclara en el § 2 del Anexo 1 a la presente Recomendación;

---

\* La Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2004 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

1.2 una BER mejor que  $9 \times 10^{-7}$  tras la corrección de errores durante más del 99% del tiempo de disponibilidad;

2 que se utilice el método descrito en el Anexo 2 como orientación para el diseñador del sistema a fin de distribuir la indisponibilidad total entre las partes del enlace de conexión y del enlace de servicio;

3 que las Notas siguientes se consideran parte de esta Recomendación:

NOTA 1 – En el Anexo 1 figura un análisis que relaciona los tiempos disponible e indisponible definidos por la Recomendación UIT-T G.821 con la indisponibilidad debida a la propagación de los canales del SMS.

NOTA 2 – Para las comunicaciones de datos, las técnicas de control de error se proporcionan normalmente como parte integrante del módem. Pueden aplicarse medidas adicionales de control de errores de extremo a extremo a fin de mejorar la calidad de funcionamiento en aplicaciones de usuario específicas. Sin embargo, en esta Recomendación, los efectos de estas técnicas de aplicación de usuario no se incluyen en los objetivos de calidad de funcionamiento.

NOTA 3 – En los objetivos de calidad de funcionamiento definidos anteriormente no se consideran los efectos de la obstrucción y el apantallamiento en el trayecto de propagación directo. Los canales digitales móviles por satélite utilizados por estaciones terrenas móviles terrestres situadas en vehículos son más susceptibles de reducir la disponibilidad espacial debido a los problemas de apantallamiento y obstrucción.

NOTA 4 – La disponibilidad espacial se define como la probabilidad acumulativa de la disponibilidad del enlace derivada de la distribución conjunta de las pérdidas aleatorias dependientes del emplazamiento y la orientación que se producen en el enlace.

NOTA 5 – Para las estaciones terrenas marítimas y aeronáuticas con ángulos de elevación bajos que funcionan con canales digitales móviles por satélite, los objetivos de la característica de la BER indicados en el *recomienda* 1 pueden lograrse para un porcentaje de tiempo más bajo.

NOTA 6 – En el caso de utilizar un satélite de reserva perteneciente a una generación anterior de satélites, los objetivos de la característica de la BER indicados en el *recomienda* 1 pueden lograrse para un porcentaje de tiempo más bajo.

NOTA 7 – Para asegurar que se cumplen los objetivos globales de calidad de funcionamiento del canal digital del SMS, deben tenerse en cuenta los efectos de la interferencia combinada procedente de otros sistemas y servicios.

NOTA 8 – Un objetivo de la BER mejor del  $1 \times 10^{-6}$  durante más del 99% del tiempo de disponibilidad (que refleja las condiciones de propagación) se distribuye entre el enlace del SMS y el resto de los componentes que forman parte del enlace RDSI de extremo a extremo. Con referencia a la conexión ficticia de referencia representada en la Fig. 1 de la Recomendación UIT-T G.821, el 90% de los objetivos de calidad de funcionamiento (segundo con errores (ES), segundo con muchos errores (SES) se atribuyen al radioenlace del SMS pues es el contribuyente más significativo a la degradación de la BER. Por lo tanto, la característica de la BER correspondiente al radioenlace del SMS es  $9 \times 10^{-7}$  durante el tiempo disponible.

NOTA 9 – Se necesitan más estudios sobre la necesidad de establecer criterios de calidad de funcionamiento a corto plazo para definir los umbrales de BER asociados y los porcentajes de tiempo.

## Anexo 1

### **Metodología para calcular la indisponibilidad del radioenlace del SMS basándose en la indisponibilidad definida para la RDSI en la Recomendación UIT-T G.821**

#### **1 Introducción**

Para los servicios fijo y fijo por satélite (SFS), los objetivos de calidad de la RDSI se definen en la Recomendación UIT-T G.821. Para los SMS, por otro lado, la disponibilidad es el principal objetivo de calidad hasta el momento y se evalúa acudiendo a los valores estadísticos de la relación  $C/N$  en función de un valor umbral  $C/N$  que corresponde a una probabilidad especificada de la BER. Sin embargo, en la era de la RDSI móvil, donde los sistemas de comunicaciones móviles por satélites se incorporarán al sistema RDSI mundial, la calidad del circuito de los SMS debe definirse de manera que sea coherente con el servicio fijo y SFS.

En este Anexo se discuten diversas degradaciones de la propagación en los sistemas móviles por satélite (tales como el servicio móvil marítimo por satélite (SMMS), el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS) y el servicio móvil terrestre por satélite (SMTS) desde un punto de vista de los tiempos de disponibilidad e indisponibilidad definidos por la Recomendación UIT-T G.821 y se destaca la importancia del concepto de que indisponibilidad y degradación durante el tiempo de disponibilidad son dos medidas distintas para evaluar las comunicaciones móviles por satélite en la era de la RDSI móvil.

#### **2 Definición de los parámetros utilizados en la Recomendación UIT-T G.821**

Para aclarar la discusión en este Anexo se indican a continuación los parámetros utilizados en la Recomendación UIT-T G.821.

- Tiempo de disponibilidad y tiempo de indisponibilidad

Un periodo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la BER en cada segundo es peor que  $1 \times 10^{-3}$  durante un periodo de 10 segundos consecutivos. Estos 10 s se consideran como el tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de 10 segundos consecutivos cada uno de los cuales tiene una BER mejor que  $1 \times 10^{-3}$ .

- SES

Periodo de un segundo con una BER peor que  $1 \times 10^{-3}$ .

- ES

Periodo de un segundo en el cual uno o más bits son erróneos.

En la Recomendación UIT-T G.821 relativa a los objetivos de calidad de funcionamiento de la RDSI, la disponibilidad no se considera y únicamente se definen los porcentajes de SES y ES.

#### **3 Relación entre la disponibilidad definida por el análisis tradicional y la Recomendación UIT-T G.821**

En el Cuadro 1 se resumen las características de los fenómenos de desvanecimientos para diversos SMS. De este Cuadro puede deducirse que:

- los entornos de propagación del SMTS son más complejos debido a la variedad de los fenómenos de desvanecimiento, y

- es necesario considerar la disponibilidad del SMMS porque el periodo de desvanecimiento de este servicio es comparable con un periodo de 10 s, que constituye un criterio sobre el tiempo de disponibilidad y de indisponibilidad en la definición dada por el UIT-T.

CUADRO 1

**Características de las degradaciones de propagación en varios entornos de comunicaciones del SMS**

Servicio / Características	SMMS	SMAS	SMTS-V (vehículos)	SMTS-P (terminal portátil)
Entorno de comunicaciones	Visibilidad directa	Visibilidad directa	Visibilidad directa Sin visibilidad	Visibilidad directa (sin visibilidad la comunicación es difícil)
Factor primario del desvanecimiento	Desvanecimiento por reflexión en el mar	Desvanecimiento por reflexión en el mar Desvanecimiento por reflexión en el suelo	Apantallamiento por el terreno, los edificios y los árboles Desvanecimiento multitrayecto	Igual que el SMTS Apantallamiento por el cuerpo humano
Profundidad de desvanecimiento típica <sup>(1)</sup>	Menos de 10 dB	Menos de 8 dB	Varía con el entorno (más de 20 dB como valor máximo)	Menos de 10 dB
$C/M$ <sup>(2)</sup>	Más de 6 dB	Más de 7 dB	0-20 dB (varios valores)	Más de 6 dB
Componente de variación de frecuencia dominante	0,5 Hz a varios cientos de Hz	20 Hz a varios cientos de Hz	10 Hz a varias decenas de Hz (desvanecimiento multitrayecto) Por debajo de 1 Hz (apantallamiento por el terreno)	Varios Hz o menos

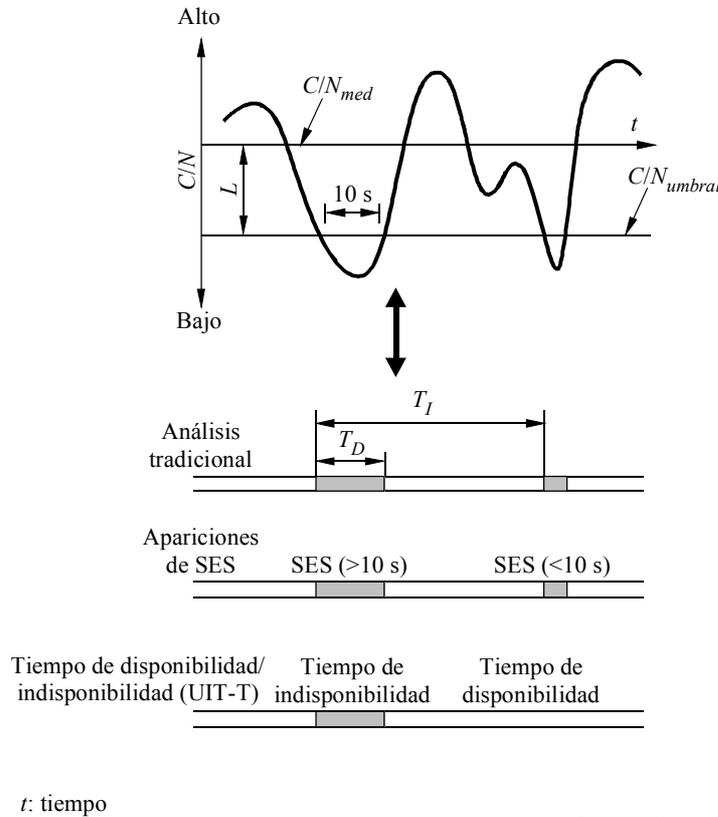
<sup>(1)</sup> Profundidad del desvanecimiento: nivel de desvanecimiento en el percentil 50-99.

<sup>(2)</sup>  $C/M$  es la relación entre la potencia de la onda directa,  $C$  y la potencia multitrayecto media,  $M$ .

La Fig. 1 representa un ejemplo de desvanecimiento plano en el cual el valor de la relación  $C/N$  varía con el tiempo. Como el nivel de ruido  $N$  puede considerarse constante en el caso ordinario, la variación de  $C/N$  es equivalente a la del nivel recibido. Además,  $C/N$  y BER se corresponden entre sí, la variación de  $C/N$  en la Fig. 1 puede considerarse como una variación de la BER (en este caso, la BER se define como una probabilidad y no es la BER en un segundo mencionada anteriormente. Por consiguiente, para referirse a la primera se escribirá  $BER_{prob}$  y para referirse a la segunda se escribirá  $BER_{seg}$  a fin de distinguirlas). Los valores medianos (nominales) de  $C/N$  se expresan como  $C/N_{med}$  y el valor umbral de  $C/N$  en el que la  $BER_{prob}$  se convierte en la BER umbral se expresa como  $C/N_{umbral}$ , por ejemplo  $1 \times 10^{-3}$ .

FIGURA 1

Definición de tiempo de disponibilidad y de indisponibilidad basándose en el análisis tradicional y en la Recomendación UIT-T G.821



1476-01

De acuerdo con el análisis tradicional, la indisponibilidad se define como:

$$UA_{trad} = \frac{\text{(Suma de la duración en la que } C/N \text{ es inferior a un umbral)}}{\text{(Tiempo total)}} \times 100\% \quad (1)$$

Por otro lado, la indisponibilidad definida por la Recomendación UIT-T G.821 viene dada por la fórmula (2):

$$UA_{UIT-T} = \frac{\text{(Suma del tiempo de indisponibilidad definido por el UIT-T)}}{\text{(Tiempo total)}} \times 100\% \quad (2)$$

Estas dos indisponibilidades difieren dependiendo de la velocidad de variación y de otros parámetros. El criterio para  $UA_{trad}$  es un valor de la relación  $C/N$  para una  $BER_{prob}$  y especificada del criterio para  $UA_{UIT-T}$  es SES. De esta forma, los criterios para cada indisponibilidad son distintos. La relación entre  $BER_{seg}$  y  $BER_{prob}$  puede expresarse como sigue:

$$BER_{seg}(t_i) = \int_{t_i-0,5}^{t_i+0,5} BER_{prob}(C/N(t)) dt \quad (3)$$

Para considerar una  $BER_{seg}$  como un SES es necesario que la condición según la cual  $BER_{prob} < 1 \times 10^{-3}$  esté contenida en el segundo  $t_i - 0,5 < t_i < t_i + 0,5$ . La relación entre  $L$  que corresponde a la diferencia entre  $C/N_{med}$  y  $C/N_{umbral}$  y su porcentaje de tiempo  $p$  es distinto para cada entorno de propagación y se expresa en función de los parámetros medioambientales y de los parámetros del sistema.

En un entorno de desvanecimiento en el que la duración media del desvanecimiento de señal es relativamente más breve que 10 s, puede haber dos condiciones en las que aparece un tiempo de indisponibilidad:

a) El periodo medio de variación es inferior a 1 s y la  $BER_{seg}$  obtenida de la ecuación (3) es peor que un valor especificado para un periodo de 10 segundos consecutivos.

b) La variación es lenta y el desvanecimiento de la señal (o degradación de  $C/N$ ) rebasa el valor umbral durante más de 10 s.

Para el SMAS, la condición a) puede ser el factor dominante mientras que para el SMMS es la condición b) la que puede ser el factor dominante. En este último caso, la relación entre la indisponibilidad  $UA_{trad}$  definida por el análisis tradicional y la  $UA_{UIT-T}$  definida por la Recomendación UIT-T G.821 puede aproximarse mediante la ecuación (4):

$$UA_{UIT-T} \approx \frac{\int_0^{\tau_0} \tau f(\tau; < T_D(p) >) d\tau}{\int_0^{\infty} \tau f(\tau; < T_D(p) >) d\tau} UA_{trad} \quad (4)$$

$$p = 100 - UA_{trad} \quad \%$$

donde  $\tau_0$  representa el criterio para una duración del desvanecimiento (10 s para el criterio de disponibilidad/ indisponibilidad), y  $f$  representa una función distribución de probabilidad de la duración del desvanecimiento,  $T_D$ , en función del nivel umbral,  $L$ , que corresponde a un nivel de desvanecimiento del percentil  $p$ .

En el caso descrito por la ecuación (4),  $UA_{trad}$  siempre rebasa el valor de  $UA_{UIT-T}$  ( $UA_{trad} > UA_{UIT-T}$ ), y la indisponibilidad definida por el UIT-T resulta ser de un valor menor que la definida por el análisis tradicional. Se trata solamente de una cuestión de definición y no hay variación alguna en la calidad de la comunicación real del SMMS.

#### 4 Indisponibilidad en entornos de desvanecimiento del SMMS

En este punto se considera la indisponibilidad del SMMS como un caso particular del punto anterior. En el SMMS, el desvanecimiento debido a la reflexión producida en el mar es el factor fundamental en las degradaciones de la propagación. Se han realizado diversos estudios sobre este fenómeno que han revelado sus características. En estudios anteriores se han identificado las siguientes características.

##### 4.1 Espectro del desvanecimiento

El espectro del desvanecimiento (espectro de la variación de intensidad) puede aproximarse mediante la siguiente característica de Butterworth de segundo orden:

$$W(f) \propto \left( 1 + \frac{9f^4}{f_{-10}^4} \right)^{-1} \quad (5)$$

En este caso,  $f_{-10}$  representa la anchura de banda espectral a  $-10$  dB. Esta anchura de banda depende de la frecuencia, del ángulo de elevación, del estado de la superficie del mar, de la velocidad del barco, etc. y su valor varía en una amplia gama. Sus características se resumen en la Fig 2.

**4.2 Duración media del desvanecimiento  $\langle T_D \rangle$  y duración media del intervalo de aparición del desvanecimiento  $\langle T_I \rangle$**

Los valores medios de  $T_D$  y  $T_I$  cuando el valor umbral se fija a un nivel de desvanecimiento del percentil  $p$ ,  $L_p$ , pueden expresarse mediante la ecuación (6):

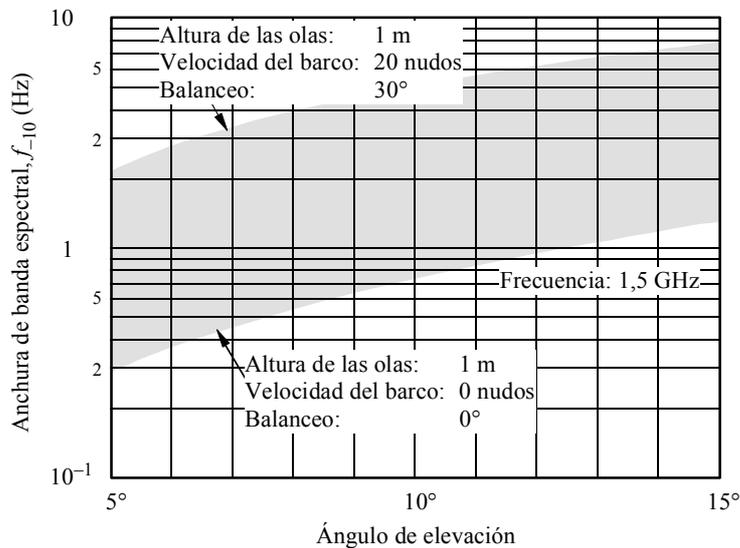
$$\langle T_I (p) \rangle = \frac{\sqrt{3}}{f_{-10}} \exp\{m(p)^2/2\} \tag{6a}$$

$$\langle T_D (p) \rangle = \langle T_I (p) \rangle \left(1 - \frac{p}{100}\right) \tag{6b}$$

En este caso, la relación entre  $p$  y  $m$  viene dada por la ecuación (7):

$$p = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^m \exp(-t^2/2) dt \quad \% \tag{7}$$

FIGURA 2  
Anchura de banda espectral del desvanecimiento multitrayecto debido a la reflexión en la superficie del mar en entornos del SMMS



### 4.3 Funciones distribución de probabilidad de $T_D$ y $T_I$

Las funciones de distribución de probabilidad de  $T_D$  y  $T_I$  cuando el valor umbral se fija a un nivel de desvanecimiento del percentil  $p$  ( $p = 50$  a  $99$ )  $L_p$  puede expresarse como distribuciones exponenciales de las medias  $\langle T_D \rangle$  y  $\langle T_I \rangle$ , respectivamente.

La función de distribución de probabilidad de  $T_D$  se expresa por la ecuación (8):

$$f(\tau; \bar{\tau}) = \frac{1}{\bar{\tau}} \exp(-\tau / \bar{\tau}) \quad (8)$$

Sustituyendo la ecuación (8) en (4), la relación entre las dos indisponibilidades en entornos del SMMS se expresa por la ecuación (9):

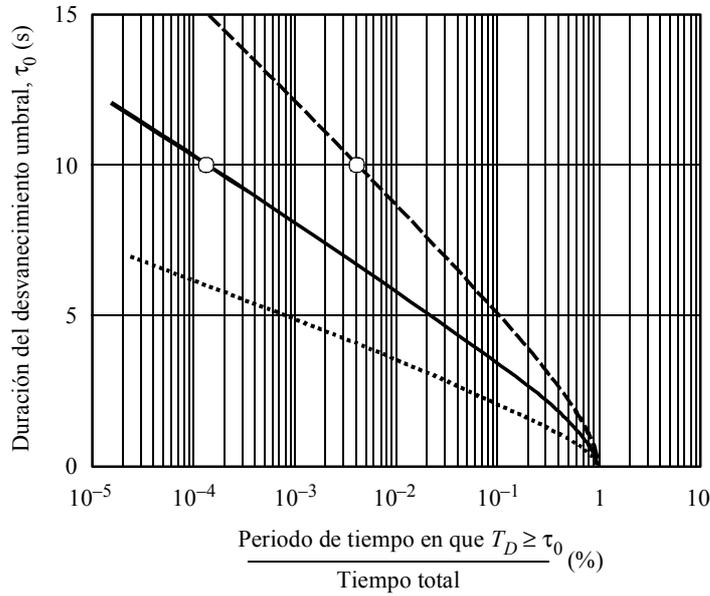
$$UA_{UIT-T} \approx e^{-\tau_0 / \langle T_D(p) \rangle} \left( 1 + \frac{\tau_0}{\langle T_D(p) \rangle} \right) UA_{trad} \quad (9)$$

Como es más probable que aparezca un tiempo de indisponibilidad a medida que el periodo de variación aumenta, se calculan las indisponibilidades para  $f_{-10} = 0,5$  Hz (bastante lenta en los casos observados),  $f_{-10} = 0,3$  Hz (circunstancia muy rara en los casos observados) y  $f_{-10} = 0,2$  Hz (puede que no se observe en una comunicación real). La Fig. 3 muestra los resultados de la estimación para  $p = 99\%$  y  $p = 99,9\%$  ( $BER_{prob} = 1 \times 10^{-3}$ ). En esta Figura,  $\tau_0 = 10$  s corresponde a la indisponibilidad de acuerdo con la definición del UIT-T. De este resultado puede deducirse que la probabilidad de aparición de tiempo de indisponibilidad es despreciable en todos los entornos de comunicación del SMMS.

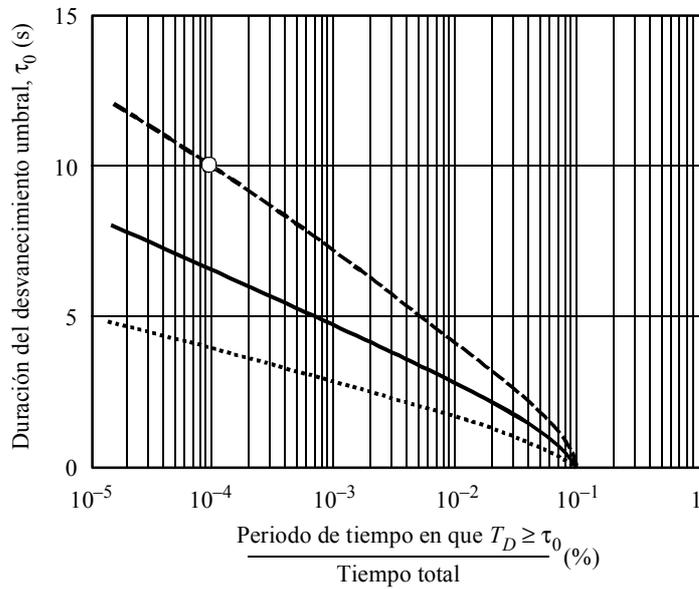
Aunque la anterior discusión es una estimación aproximada, puede llegarse a la conclusión de que la duración del desvanecimiento por reflexión en mar en un entorno del SMMS no rebasa los 10 s y la disponibilidad de acuerdo con la definición del UIT-T es del 100%. No es necesario añadir que la calidad de los circuitos de comunicaciones del SMMS no es elevada aun cuando la disponibilidad sea del 100%. La calidad de los circuitos de comunicación debe definirse de otra forma; por ejemplo, determinando la probabilidad de aparición de SES durante el tiempo de disponibilidad.

FIGURA 3

Relación entre dos indisponibilidades basándose en el análisis tradicional y en la Recomendación UIT-T G.821 en entornos del SMMS



a)  $p (= 100 - UA_{trad}) = 99\%$



b)  $p (= 100 - UA_{trad}) = 99,9\%$

- $f_{-10} = 0,2$  Hz
- $f_{-10} = 0,3$  Hz
- .....  $f_{-10} = 0,5$  Hz

○  $UA_{UIT-T}$

## 5 Conclusión

En este Anexo se han discutido varias degradaciones de la propagación en los sistemas móviles por satélite desde el punto de vista de los tiempos de disponibilidad e indisponibilidad definidos por la Recomendación UIT-T G.821. Se ha examinado la indisponibilidad del SMMS debida al desvanecimiento por reflexión en el mar. Como resultado se ha llegado a la conclusión de que la indisponibilidad y la degradación durante el tiempo de disponibilidad deben considerarse por separado como distintas mediciones en la evaluación de las comunicaciones móviles por satélite.

## Anexo 2

### Método para distribuir el porcentaje de tiempo global durante el cual el enlace está disponible entre el enlace de servicio y el enlace de conexión

Normalmente, los enlaces ascendentes y enlaces descendentes individuales se diseñan de tal forma que el porcentaje de tiempo global durante el cual el enlace está disponible viene determinado en gran medida por el enlace de servicio. Ello significa que dicho enlace está sujeto a unas restricciones de potencia mucho más estrictas.

El porcentaje de tiempo durante el cual está disponible el enlace de extremo a extremo puede obtenerse atribuyendo los porcentajes de tiempo de disponibilidad a los correspondientes enlace ascendente y enlace descendente, según el Cuadro 2.

CUADRO 2

Sentido de transmisión	Trayecto radioeléctrico	Porcentaje de tiempo durante el cual el enlace está disponible
Ida	Enlace ascendente de conexión	$100(1 - 0,1(1 - A))$
	Enlace descendente de servicio	$A/A_{f,u}$
Vuelta	Enlace descendente de conexión	$100(1 - 0,1(1 - A))$
	Enlace ascendente de servicio	$A/A_{f,d}$

$A$ : tiempo global de disponibilidad del radioenlace

$A_{f,u}$ : tiempo de disponibilidad del enlace ascendente de conexión de ida

$A_{f,d}$ : tiempo de disponibilidad del enlace descendente de conexión de vuelta

Por ejemplo, puede lograrse un requisito de disponibilidad del enlace de extremo a extremo del 90% con una característica de disponibilidad del enlace del servicio del 90,9% y una característica de disponibilidad del enlace de conexión del 99%.

En el método de atribución descrito, se adjudica al enlace de conexión el 10% de indisponibilidad total del enlace. Adjudicando una mayor indisponibilidad al enlace de conexión, se produce un aumento muy significativo en el requisito de disponibilidad del enlace de servicio. A su vez, disminuyendo la indisponibilidad adjudicada al enlace de conexión se producirá un incremento muy pequeño o nulo en el requisito del enlace de servicio; es decir, la disponibilidad global del enlace viene determinada por el enlace de servicio.