

## RECOMENDACIÓN UIT-R M.828-2\*

**Definición de la disponibilidad de los circuitos de comunicación  
del servicio móvil por satélite**

(Cuestión UIT-R 85/8)

(1992-1994-2006)

**Cometido**

Esta Recomendación define la disponibilidad temporal de circuitos de radiocomunicaciones en el servicio móvil por satélite (SMS) a fin de orientar a diseñadores y planificadores, y definir una base para criterios de interferencia.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que es necesario definir la disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones del servicio móvil por satélite (SMS) como orientación para los diseñadores y planificadores y para que sirva de base al establecer los criterios de interferencia;
- b) que el método utilizado para definir la disponibilidad en el servicio fijo por satélite no es aplicable a los circuitos de radiocomunicaciones de los servicios móviles por satélite porque, entre otras cosas, los circuitos de este servicio se establecen normalmente basándose en la asignación por demanda;
- c) que la disponibilidad del enlace del servicio depende, entre otras cosas, de la ubicación de la estación terrena del servicio en el instante en que se solicita el circuito de radiocomunicaciones y durante la duración de la comunicación;
- d) que a veces se utilizan diversos componentes del sistema para el acceso al mismo y para las comunicaciones;
- e) que la disponibilidad del equipo (incluida la estación espacial) depende de la fiabilidad, de la calidad de funcionamiento y de la facilidad de mantenimiento;
- f) que la disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones viene determinada por los efectos combinados de la disponibilidad del equipo y la propagación,

*recomienda*

**1** que la disponibilidad global de los circuitos de radiocomunicaciones se defina en términos de disponibilidad de acceso y disponibilidad de comunicaciones, tomando como base la disponibilidad de los componentes (véase la Nota 1) comprendidos el canal de acceso y los circuitos de radiocomunicaciones, a saber:

- la estación espacial;

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (Comisiones de Estudio 12 y 13).

- los trayectos radioeléctricos del enlace de conexión y del radioenlace de servicio en condiciones de visibilidad directa (véase la Nota 2); y
- las estaciones terrenas (se deben incluir las estaciones terrenas en Tierra, las estaciones terrenas móviles y otras estaciones terrenas afines);

2 que la disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones en los servicios móviles por satélite se defina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = (100 - \text{Indisponibilidad})(\%)$$

donde la disponibilidad representa el porcentaje acumulado de tiempo de interrupción del circuito a causa de todos los componentes. En los sistemas móviles por satélite, la indisponibilidad se representa aproximadamente mediante la fórmula siguiente (véase la Nota 3):

$$\begin{aligned} \text{Indisponibilidad} = & \text{Indisponibilidad (de la estación espacial)} + \\ & \text{Indisponibilidad (del trayecto radioeléctrico)} + \\ & \text{Indisponibilidad (de la estación terrena) (véase la Nota 4)} \end{aligned}$$

donde la indisponibilidad de cada componente se calcula por la fórmula:

$$\text{Indisponibilidad (componente)}(\%) = (100 - \text{Disponibilidad (componente)})(\%).$$

Disponibilidad (componente) representa la disponibilidad de cada componente y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$A \text{ componente} = \frac{(\text{tiempo de funcionamiento programado}) - (\text{duración de la interrupción del circuito})}{(\text{tiempo de funcionamiento programado})} \times 100\%$$

donde el tiempo de funcionamiento programado de los componentes es el periodo de tiempo durante el cual el usuario necesita que un circuito esté en condiciones de realizar la función requerida con un nivel de calidad de funcionamiento especificado; y duración de la interrupción del circuito es el periodo de tiempo durante el cual un circuito de comunicación experimenta una de las siguientes condiciones durante más de 10 segundos consecutivos. Un periodo de interrupción del circuito comienza cuando una de las siguientes condiciones persiste durante un periodo de 10 segundos consecutivos. La indisponibilidad del circuito se inicia al comienzo de este intervalo de 10 segundos interrumpido. El periodo del tiempo de interrupción del circuito finaliza cuando la misma condición cesa durante un periodo de 10 segundos consecutivos. La disponibilidad del circuito se reanuda al comienzo de este intervalo de 10 segundos no interrumpido:

- el circuito de comunicaciones no puede establecerse;
- la señal deseada que se transmite por un extremo del canal no se recibe en el otro extremo;
- en un circuito de tipo analógico, la potencia de ruido equivalente subjetivo no ponderado en el circuito telefónico ficticio de referencia (véase la Recomendación UIT-R M.547) rebasa un límite definido;
- en un circuito de tipo digital, la proporción de bits de información erróneos (BER) en el trayecto digital ficticio de referencia apropiado (véase la Recomendación UIT-R M.827) es superior a un límite definido;

3 que al determinar los componentes de sistema apropiados que se han de incluir en la definición de disponibilidad se recurra a la orientación contenida en el Anexo 1 a la presente Recomendación;

4 que las Notas siguientes se consideren parte de la presente Recomendación.

NOTA 1 – Los componentes se refieren a un solo componente o a un conjunto de componentes en una configuración redundante.

NOTA 2 – Las condiciones de visibilidad directa deben incluir los fenómenos ionosféricos y troposféricos y el desvanecimiento por trayecto múltiple. Por regla general, los efectos de ensombrecimiento fuerte y persistente deben excluirse de los requisitos pero deben considerarse al diseñar el sistema. En el caso del servicio móvil terrestre por satélite, debe incluirse en el cálculo de la disponibilidad un ligero ensombrecimiento debido a los árboles y a la vegetación.

NOTA 3 – Las disponibilidades de la estación espacial, las estaciones terrenas y el trayecto radioeléctrico se suponen estadísticamente independientes.

NOTA 4 – Se deben incluir las estaciones terrenas móviles y las estaciones terrenas en tierra así como otras estaciones terrenas afines.

NOTA 5 – Esta Recomendación no se aplica a los servicios móviles aeronáuticos (R) por satélite. La disponibilidad de los circuitos en este servicio será objeto de ulterior estudio.

## **Anexo 1**

### **Disponibilidad de circuitos de radiocomunicaciones en el servicio móvil por satélite**

#### **1 Introducción**

Se impone la necesidad de definir la disponibilidad de circuitos de radiocomunicaciones en el servicio móvil por satélite (SMS) al objeto de facilitar orientaciones a los planificadores de sistemas y a los fabricantes de equipo y proporcionar al mismo tiempo a los usuarios un modelo apropiado de servicio. Al intentar deducir unos principios comunes al criterio de disponibilidad, se han encontrado diferencias entre el SMS y el servicio fijo por satélite (SFS). Sin embargo, se estima que el concepto de disponibilidad para el servicio móvil por satélite ha de ser, en la medida de lo posible, compatible con los conceptos similares adoptados para el servicio fijo por satélite y para los sistemas de relevadores radioeléctricos.

El enfoque adoptado en la presente Recomendación consiste en tener en cuenta sólo aquellos factores que pueden incluirse mediante una adecuada planificación del sistema, diseño de los equipos y procedimientos de mantenimiento.

#### **2 Definiciones y principios generales**

##### **2.1 Definición de la disponibilidad de los circuitos**

La disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones en el SMS, dependerá de los objetivos de disponibilidad establecidos para cada parte componente del circuito. En la presente Recomendación se examinan los objetivos de disponibilidad del sector espacial, del equipo de estación terrena costera y de las funciones auxiliares, así como de los trayectos radioeléctricos entre el satélite y las estaciones terrenas. De esta forma se determina la disponibilidad total del circuito de radiocomunicaciones.

En el SMS, puede deducirse la disponibilidad de un circuito,  $A$ , a partir de la duración y de la frecuencia de ocurrencia de interrupciones en las partes componentes del circuito, pudiendo definirse como sigue:

$$A = \frac{(\text{tiempo de funcionamiento previsto}) - (\text{duración de la interrupción del circuito})}{(\text{tiempo de funcionamiento previsto})} \times 100 \text{ (\%)}$$

donde el tiempo de funcionamiento previsto de los componentes se define como el periodo de tiempo durante el cual el usuario necesita que un circuito se encuentre en condiciones de realizar una función requerida a un nivel específico de calidad de funcionamiento, y la duración de la interrupción del circuito se define como el periodo de tiempo durante el cual un circuito de comunicación experimenta una de las condiciones siguientes durante más de 10 segundos consecutivos. (Un periodo de interrupción de circuito comienza cuando una de las condiciones siguientes persiste durante un periodo de 10 segundos consecutivos. La indisponibilidad de un circuito comienza al principio de ese intervalo de 10 s corrompidos. El periodo de interrupción del circuito termina cuando la misma condición desaparece durante un periodo de 10 segundos consecutivos. La disponibilidad del circuito se reanuda al principio de este intervalo de 10 s ininterrumpidos):

- el circuito de radiocomunicaciones no puede establecerse;
- la señal deseada que entra por un extremo del canal no se recibe en el otro extremo;
- para un circuito de tipo analógico, la potencia de ruido equivalente subjetivamente no ponderada en el circuito ficticio telefónico de referencia (HTRC, *hypothetical telephone reference*) (Recomendación UIT-R M.547) rebasa un límite definido;
- para un circuito de tipo digital, hay una proporción de bits erróneos (BER) de información en el trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) apropiado (Recomendación UIT-R M.827) peor que un límite definido.

Cuando se aplica el concepto de disponibilidad individualmente a las partes componentes del circuito y en especial al equipo de las estaciones terrenas terrestres (ETT) y a las estaciones terrenas móviles (ETM), puede establecerse la definición de disponibilidad de dichas partes,  $A'$ , en función del tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR):

$$A' = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1)$$

Al estudiar la disponibilidad de circuitos telefónicos puede hacerse uso del trayecto digital ficticio de referencia (véase, por ejemplo, la Recomendación UIT-R M.827).

En el tiempo durante el cual se dice que un circuito de radiocomunicaciones no está disponible han de incluirse los retardos en el establecimiento de la comunicación como consecuencia de fallos en el sistema de señalización por satélite\*. Si bien los fallos en el canal de señalización ETT-ETM, el canal de acceso aleatorio ETM-ETT o, en su caso, el canal de señalización ETT-ETT, como consecuencia de condiciones desfavorables de propagación en los trayectos radioeléctricos, pueden traducirse en una llamada perdida.

---

\* Los canales de señalización deben diseñarse con una fiabilidad muy alta, de forma que los efectos de los cortes de señalización sean insignificantes comparados con otros posibles causas de interrupciones en los circuitos de radiocomunicaciones.

## 2.2 Definiciones de interrupción

En los puntos que siguen se exponen definiciones de interrupción para telefonía y telegrafía. En razón del distinto carácter de estos servicios pueden exigirse para cada uno de ellos distintos criterios de disponibilidad, y esto debe ser objeto de nuevos estudios. También se examinan más adelante las interrupciones en los canales de datos.

### 2.2.1 Telefonía

La siguiente definición de la interrupción para circuitos telefónicos del SMS está en armonía con la propuesta para el SFS.

En el SMS se puede considerar interrumpido un circuito telefónico cuando se presenta en un canal, durante más de 10 segundos consecutivos, una de las condiciones siguientes:

- la señal deseada que entra en el circuito no se recibe en el otro extremo;
- en la transmisión analógica, la potencia equivalente de ruido en el canal telefónico, no ponderada subjetivamente, es superior a 10 pW0p.
- en la transmisión digital, la proporción de bits erróneos (BER) de un canal es peor que  $10^{-2}$ .

En la Recomendación UIT-T G.821 puede encontrarse más información suplementaria sobre la disponibilidad de circuitos telefónicos.

### 2.2.2 Telegrafía

Se sugirió también la siguiente definición de interrupción para los circuitos telegráficos:

En el SMS se considera interrumpido un circuito télex si se detectan  $N$  errores de caracteres en un intervalo de tiempo inferior a  $1,5 N$  s, estando  $N$  comprendido entre 10 y 20.

Se considera que en esta definición se establece un tiempo y una precisión de medidas suficientes y se tienen en cuenta las proporciones de error de caracteres del orden de un error en 10 caracteres, pero que pueden ser necesarios nuevos estudios.

En la práctica, los operadores de estación terrena consideran que un desvanecimiento de 5 a 6 dB en el trayecto radioeléctrico constituye una interrupción. La aparición persistente de estas interrupciones hará que el operador de la ETT desplace el tráfico a una portadora de reserva.

### 2.2.3 Datos

La definición de interrupción dependerá de la velocidad binaria adoptada para el servicio, de la proporción de bits erróneos requerida y de la distribución de los errores. La disponibilidad de los canales de datos requiere ulterior estudio.

### 2.2.4 Cortes en elementos del sistema

Se dan a continuación definiciones de cortes en elementos del sistema que pueden producir la interrupción de un servicio:

- Corte en el segmento espacial  
Interrupción de más de 10 segundos consecutivos directamente atribuibles al satélite operacional.
- Corte en la estación de control de la red  
Interrupción de las funciones esenciales de control de la red, tales como pérdida de la capacidad de procesamiento de la llamada, superior a 10 segundos consecutivos, y que afecte a la ETT.

- Corte en la red  
Interrupción de los servicios superior a 10 segundos consecutivos que afecta a todas las ETT de una región oceánica producida por fenómenos de propagación adversos o por señales interferentes en cualquiera de los canales de compensación automática de frecuencias (CAF), canales de petición, frecuencias MDT de ETT o en la frecuencia MDT común.
- Corte en la estación terrena costera  
Pérdida completa de todos los canales telefónicos, o de todos los canales télex, o de ambos tipos, superior a 10 segundos consecutivos, o pérdida correspondiente de capacidad de procesamiento de llamadas superior a un minuto, directamente atribuible a la estación terrena costera.

### 2.3 Tiempo de funcionamiento previsto

Los criterios de disponibilidad propuestos para el SFS se aplican a la disponibilidad de circuitos permanentes (telefonía y televisión) en los que el tiempo de funcionamiento previsto es igual al tiempo transcurrido. En el SMS los canales de telegrafía/señalización costera-barco funcionarán con carácter permanente, en el sentido de que las portadoras estarán constantemente activadas, pero en los canales telefónicos y los canales de telegrafía/señalización transmitidos por ETM sólo estarán activadas mientras dure la comunicación.

La disponibilidad de equipo en las ETT y en las ETM no es afectada de forma significativa por el carácter de asignación por demanda inherente al SMS (frente a la disponibilidad de, esencialmente, el mismo equipo en el caso de portadoras activadas permanentemente). Por tanto, para todos los equipos, el tiempo de funcionamiento previsto se iguala al tiempo transcurrido.

### 2.4 Factores que influyen en la disponibilidad

La disponibilidad total de circuitos en el SMS dependerá de los criterios de disponibilidad adoptados para:

- *El sector espacial*, incluido el equipo de satélite, los efectos de las maniobras de satélites y la existencia de satélites de reserva.
- *El equipo de estación terrena terrestre*, incluidos los efectos de los fenómenos naturales en la calidad de funcionamiento del equipo (por ejemplo, la interferencia del Sol y los desastres naturales) y el efecto de los errores humanos.
- *El equipo de estación terrena móvil*, incluidos los efectos de los fenómenos naturales en la calidad de funcionamiento del equipo (por ejemplo, la interferencia del Sol y las condiciones ambientales), y los efectos de los errores humanos.
- *Las funciones auxiliares*, como las que pueden realizar las estaciones terrenas terrestres de control (por ejemplo, control de frecuencia, control de la potencia y asignación de canal).
- *Enlaces RF de ida y de retorno*, en especial el efecto de la atenuación y del exceso de ruido debido a las precipitaciones, los efectos del desvanecimiento por trayectos múltiples y los efectos de interferencia que pudieran presentarse en los servicios terrenales y espaciales.

No obstante, al determinar objetivos de disponibilidad realistas, no es factible tener en cuenta todas estas eventualidades.

## 2.5 Influencia de fenómenos naturales o extremos

A efectos de la presente Recomendación, las interrupciones se clasifican como sigue:

- *Interrupciones previstas*: interrupciones para corregir fallos no catastróficos, cuya ocurrencia en algún momento puede estar planeada, y que pueden tolerarse durante periodos de tiempo relativamente cortos (por ejemplo, averías del equipo, desvanecimientos de propagación), o bien interrupciones establecidas de antemano que se sabe que ocurren en momentos específicos (por ejemplo, ciertos tipos de mantenimiento preventivo del equipo, interferencia de origen solar en las estaciones terrenas terrestres).
- *Interrupciones imprevistas*: interrupciones cuya ocurrencia o duración no puede predecirse y que podrían originar suspensiones prolongadas (por ejemplo, desastres naturales, como terremotos, vientos fuertes o condiciones del mar excepcionalmente violentas y efectos de bloqueo natural como el efecto de pantalla de las montañas).

En las ETT y en las ETM, se considera que deben excluirse del estudio de disponibilidad las interrupciones debidas a circunstancias imprevistas y tenerse en cuenta únicamente las interrupciones previstas. Además en cuanto al equipo de la ETM, no se consideran las siguientes interrupciones previstas:

### 2.5.1 Interrupciones debidas a la interferencia del Sol

En las estaciones fijas terrenas pueden predecirse cortes debidos al ruido excesivo en el trayecto descendente cuando el Sol pasa por el haz de la antena; aunque la duración de los cortes dependerá de la ubicación de cada estación, se producirán degradaciones de unos 30 min durante 3 ó 4 días dos veces al año. Por consiguiente, pueden reducirse al mínimo los efectos negativos en el servicio transfiriendo el tráfico a rutas alternativas. En las ETM no se produce la misma situación. Tomando como ejemplo una estación terrena de barco, la ocurrencia de interferencia del Sol dependerá de la ruta del barco que varía según los barcos, por lo que es un fenómeno que algunos barcos pueden experimentar varias veces en el transcurso de un año. La duración de la interferencia sería mayor que para las ETT debido a la anchura relativamente grande del haz de la antena de la ETM, pese a que la degradación de la temperatura de ruido del receptor sería menos grave.

### 2.5.2 Interrupciones debidas a condiciones meteorológicas rigurosas

En el caso de las estaciones terrenas de barco el equipo está diseñado para soportar condiciones ambientales rigurosas tales como variaciones de temperatura, humedad, precipitaciones, viento y movimientos del barco.

Aunque el equipo de cubierta se protege adicionalmente con un radomo, algunas veces la mayoría de los barcos encuentran condiciones climatológicas en las que el equipo no puede funcionar, por ejemplo, imposibilidad de mantener la puntería de antena debido a condiciones de mar gruesa. Se considera, por tanto, que dichas interrupciones no deben incluirse en la evaluación de la disponibilidad del terminal de barco aunque debe procurarse que los fabricantes de equipo y los planificadores de sistema no pierdan interés en el estudio de procedimientos para mantener en funcionamiento el terminal de barco en condiciones extremas.

### 2.5.3 Interrupciones debidas al bloqueo de la antena

El trayecto de propagación radioeléctrico entre la ETM y el satélite puede estar bloqueado ocasionalmente. Esto puede deberse, por ejemplo, a la vegetación o a edificios próximos a la ETM.

Un ensombrecimiento fuerte y persistente debería, por lo general, excluirse de los requisitos, pero debería considerarse al diseñar el sistema. En el caso del servicio móvil terrestre por satélite (SMTS) debería incluirse en los cálculos de la disponibilidad un ligero ensombrecimiento debido a árboles y follaje, etc.

En el caso de las estaciones terrenas de barco, el bloqueo puede ser causado por partes de la superestructura del barco. Pese a que debe alentarse a los propietarios y fabricantes de barcos a instalar estaciones terrenas de barco en lugares en que sea mínima la probabilidad de bloqueo de antena, no en todos los casos puede haber un lugar disponible. Se propone, por consiguiente, que se excluyan estas interrupciones de los criterios de disponibilidad.

## 2.6 Medición de la disponibilidad del circuito

Habida cuenta de las excepciones expuestas en el § 2.5 anterior, debe utilizarse la siguiente fórmula para medir la disponibilidad del circuito de radiocomunicaciones en el servicio móvil por satélite:

$$A = \frac{T_s - (T_{sat} + T_1 + T_2 + T_{ETT} + T_{ETM} + T_{aux})}{T_s} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

donde:

- $T_s$ : tiempo de funcionamiento previsto
- $T_{sat}$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito debidas a fallos del satélite
- $T_1$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito atribuibles a factores en el trayecto radioeléctrico del enlace hacia adelante  
(es decir  $T_1 = T_{ETT-sat} + T_{sat-ETM}$ ,  
donde  $T_{ETT-sat}$  se refiere al enlace ETT-satélite, y  
 $T_{sat-ETM}$  se refiere al enlace satélite-ETM)
- $T_2$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito atribuibles a factores en el trayecto radioeléctrico del enlace de retorno (por ejemplo:  
 $T_2 = T_{ETM-sat} + T_{sat-ETT}$ ,  
donde:  
 $T_{ETM-sat}$  se refiere al enlace ETM-satélite, y  
 $T_{sat-ETT}$  se refiere al enlace satélite-ETT):
- $T_{ETT}$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos del equipo de la ETT y del sistema de comunicaciones conexo
- $T_{ETM}$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos del equipo terminal de la ETM y del sistema de comunicaciones conexo
- $T_{aux}$ : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos de funciones auxiliares en estaciones terrenas de control separadas.

En el caso de que se produzcan simultáneamente dos o más interrupciones sólo se tendrá en cuenta la interrupción de mayor duración.