

RECOMENDACIÓN UIT-R S.353-8

**POTENCIA DE RUIDO ADMISIBLE EN EL CIRCUITO FICTICIO DE REFERENCIA
PARA LA TELEFONÍA CON MULTIPLAJE POR DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA
EN EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE**

(Cuestión UIT-R 27/4)

(1963-1966-1970-1978-1982-1986-1990-1992-1994)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el circuito ficticio de referencia ha de servir de guía a los proyectistas para el diseño y construcción de los sistemas utilizados en la práctica;
- b) que los costes de establecimiento y de mantenimiento de los sistemas del servicio fijo por satélite están íntimamente ligados a la calidad de funcionamiento requerida en lo que respecta a la relación señal/ruido global;
- c) que la potencia total del ruido en el circuito ficticio de referencia no debe perturbar de modo apreciable la conversación en la mayoría de las comunicaciones telefónicas, ni la transmisión de la señalización telefónica;
- d) que puede ser necesario tener en cuenta el desvanecimiento debido a los fenómenos meteorológicos, especialmente la lluvia;
- e) que las especificaciones de la disponibilidad de los circuitos se incluyen en la Recomendación UIT-R S.579;
- f) que puede haber otras fuentes de ruido de corta duración;
- g) la información presentada en los anexos 1 y 2,

recomienda

1. que la potencia del ruido en un punto del nivel relativo cero, en cualquier canal telefónico del circuito ficticio de referencia definido en la Recomendación UIT-R S.352, no exceda de los siguientes valores provisionales:
 - 1.1 10 000 pW_{0p}, potencia sofométrica media durante un minuto, durante más del 20% de cualquier mes;
 - 1.2 50 000 pW_{0p}, potencia sofométrica media durante un minuto, durante más del 0,3% de cualquier mes;
 - 1.3 1 000 000 pW₀, potencia no ponderada (con un tiempo de integración de 5 ms), durante más del 0,01% de cualquier año.
2. que las notas que siguen sean consideradas parte integrante de la presente Recomendación.

Nota 1 – En cuanto precede están excluidos los ruidos internos del equipo de multiplaje por distribución de frecuencia. En telefonía con multiplaje por distribución de frecuencia, el ruido adicional a los mencionados valores se debe al equipo necesario para efectuar la traslación de la banda de base del enlace por satélite a partir del nivel del equipo múltiple requerido para la interconexión con un enlace terrenal, o para lograr dicho nivel. Al considerar la calidad de funcionamiento de una conexión global, el ruido introducido por ese equipo debe agregarse a los valores indicados en el § 1. El ruido autorizado por el UIT-T para el equipo múltiple figura en la Recomendación UIT-T G.222, § 4.

Nota 2 – Se supone que los picos de ruido y los chasquidos debidos a los dispositivos de alimentación y a los aparatos de conmutación (incluida la conmutación de un satélite a otro) son de proporciones despreciables y no se tendrán en cuenta en los cálculos de ruido.

Nota 3 – Cuando se aplican las nociones de circuito ficticio de referencia y de ruido de circuito admisible al diseño de equipos de satélites y de estaciones terrenas para cierto valor de la relación señal/ruido global, deben usarse, en su caso, las características preferidas por el UIT-R, según están expuestas en sus Recomendaciones. Siempre que se recomiende más de un valor, el ingeniero que diseñe el sistema indicará el valor que ha elegido o, a falta de valores preferidos, las hipótesis que haya adoptado.

Nota 4 – En el caso de la telefonía con multiplexaje por distribución de frecuencia, se supondrá que la señal en la banda de base, durante la hora cargada, puede representarse por una señal de espectro uniforme, cuyo nivel medio absoluto de potencia, en un punto de nivel relativo cero, es $-15 + 10 \log N$ (dBm) para 240 canales o más y $-1 + 4 \log N$ (dBm)*, para un número de canales comprendido entre 12 y 240, siendo N el número de canales. Estas fórmulas se aplican únicamente a las señales en la banda de base, sin preacentuación, con utilización de amplificadores o de repetidores independientes para los dos sentidos de transmisión. Para más información sobre la carga convencional, en particular en el caso de un repetidor común para los dos sentidos de transmisión, véase la Recomendación UIT-T G.223.

* Se estima que estas fórmulas proporcionan una buena aproximación para el cálculo del ruido de intermodulación cuando $N \geq 60$. No obstante, en el caso de sistemas de pocos canales, los resultados de medidas hechas con un ruido aleatorio de espectro uniforme están más alejados de la realidad, dada la gran diferencia que existe entre la naturaleza de la señal real y de la señal de medida.

Nota 5 – Se utiliza a veces compresores-expansores (compansores) para lograr una calidad de funcionamiento que se considera equivalente a la indicada en el § 1.1 anterior, con valores típicos de ganancia del compansor de aproximadamente 10 dB para señales de tipo vocal.

Nota 6 – La potencia de ruido, indicada en el § 1 anterior, debería incluir los ruidos debidos a interferencias (véanse las Recomendaciones UIT-R SF.356 y UIT-R S.466) y los resultantes de la absorción atmosférica y del aumento de la temperatura de ruido producidos por la lluvia. En algunos casos, como los de enlaces a muy larga distancia y ángulos de elevación pequeños, en los que los márgenes deben ser más altos, el ruido adicional puede hacer que se sobrepasen ligeramente los límites de los objetivos generales. Esto no producirá problemas serios, si se cumplen las previsiones del § 2.6 de la Recomendación UIT-T G.222.

Nota 7 – El valor indicado en el § 1.3 puede excederse en alguna ocasión, debido a interferencias causadas por el Sol sobre el haz de la antena, pero, suponiendo que este ruido produce la indisponibilidad del circuito. En el apéndice 2 de la Recomendación UIT-R S.733 figuran informaciones detalladas sobre este tema.

Nota 8 – Los objetivos presentados en esta Recomendación son objetivos de calidad de funcionamiento y no deben confundirse con los objetivos de disponibilidad.

Nota 9 – Tal vez sea necesario prever disposiciones especiales con respecto a la calidad de funcionamiento de los enlaces entre satélites; el alcance de tales disposiciones requiere nuevo estudio.

Nota 10 – Las interrupciones breves (menos de 10 s) deben considerarse equivalentes al caso en que la potencia de ruido no ponderado de un circuito es superior a 10^6 pW0.

Nota 11 – Para la planificación de los sistemas, es conveniente tomar como base datos de propagación que cubran un periodo de por lo menos cuatro años. La calidad de funcionamiento recomendada que ha de cumplirse en «cualquier año» debe basarse en las estadísticas de propagación acumulativas correspondientes a todos los años completos para los que se dispone de datos confiables. Las características recomendadas para «cualquier mes» deben basarse en los datos de propagación correspondientes al «mes más desfavorable del año» tomados de las estadísticas mensuales de todos los años para los que se disponga de datos fiables. El «mes más desfavorable» deberá calcularse de conformidad con la Recomendación UIT-R PN.581.

Nota 12 – Esta Recomendación se aplica solamente cuando el sistema se considera disponible con arreglo a la Recomendación UIT-R S.579.

Nota 13 – Para cumplir los valores indicados en el § 1 en los sistemas que funcionan en frecuencias superiores a 10 GHz puede ser conveniente aplicar técnicas y estrategias para contrarrestar los efectos del desvanecimiento, para las que se dan orientaciones básicas en la Recomendación UIT-R S.1061.

ANEXO 1

Constitución del circuito ficticio de referencia y normas sobre el nivel de ruido admisible para transmisión de telefonía con multiplaje por distribución de frecuencia**1. Constitución del circuito ficticio de referencia**

El concepto de circuito ficticio de referencia (CFR) se ha utilizado por el UIT-T para desarrollar los requisitos de las conexiones internacionales para telefonía y televisión, y se ha asociado típicamente con sistemas terrenales. Este tema se estudia en la Recomendación UIT-T G.222, junto con las normas asociadas al comportamiento del ruido. El CFR aplicable al servicio fijo por satélite (SFS) viene indicado en la Recomendación UIT-R S.352, que incluye la posibilidad de utilizar diversidad en las bandas de frecuencias más altas, en las cuales la atenuación debida a la lluvia es un factor que influye en la calidad.

El CFR se aplica en todos los tipos de transmisiones analógicas y generalmente comprende un enlace único por satélite de órbita geoestacionaria, aunque se puede utilizar en un enlace satélite a satélite.

En lo que respecta a la televisión, la antigua CMTT estudió la definición de las características de cadenas de referencia que comprenden uno o varios circuitos ficticios de referencia y corresponden a diversos tipos de servicio; esos estudios se recogen en las Recomendaciones UIT-R S.354 y UIT-R CMTT.567.

2. Normas para el nivel de ruido admisible**2.1 Consideraciones generales**

Las normas para el nivel de ruido en las conexiones internacionales para servicios de telefonía analógica se han establecido por el UIT-T teniendo en cuenta la necesidad de proporcionar una calidad mínima para la conexión más larga que se considere razonable; y de esta calidad mínima para la conexión extremo a extremo, se puede determinar una tolerancia para cada parte del circuito.

El estado actual de este trabajo comprende las especificaciones existentes para el CFR básico que se aplica a los sistemas terrenales, de 2 500 km de longitud y de tolerancia total de ruido de 10 000 pW0p, incluido el multiplaje. Esta especificación se estableció en 1963 y pareció entonces apropiado considerar el enlace del satélite equivalente a un CFR único, con el ruido del multiplaje excluido. Esto último tiene en cuenta el hecho de que normalmente una única operación de multiplaje forma parte de un enlace por satélite.

Se consideró que cuatro de dichas conexiones internacionales constituirían la conexión más larga y de ahí resultó implícito que esta parte de la conexión podría tener un ruido total de 40 000 pW0p. Además, se podría considerar que la parte local del circuito añadía otros 10 000 pW0p, para un total extremo a extremo de 50 000 pW0p, ó -43 dBm0p. Este nivel de ruido se ha aceptado generalmente como el nivel en que las dificultades del usuario empiezan a ser preocupantes, aunque el ruido de un nivel doble de éste sea aceptable para al menos la mitad de los usuarios.

2.2 Ruido admisible en el CFR: telefonía con multiplaje por división de frecuencia**2.2.1 Factores que influyen en el ruido admisible**

El ruido total de un CFR típico de 10 000 pW0p para enlaces terrenales se traduce en un factor dependiente de la distancia de 3 pW0p/km, después de tomar una tolerancia de 2 500 pW0p para el multiplaje y para la distancia especificada de 2 500 km. El total de cuatro CFR de este tipo, constituyendo una conexión internacional de 10 000 km, era razonable probablemente en 1963, pero tal distancia ya no se corresponde con la práctica actual. Por ejemplo, la conexión ficticia de referencia de la RDSI es de 27 500 km y la calidad de la RDSI se basa en ese concepto. Al mismo tiempo, la práctica de los proyectistas de sistemas terrenales ha sido durante mucho tiempo utilizar un objetivo de 1 pW0p/km, en lugar de 3 pW0p/km. Este objetivo permite doble número de CFR en una conexión sin sobrepasar el límite de 40 000 pW0p para la parte de larga distancia de dicha conexión. Esto supone que se mantiene la contribución del multiplaje en 2 500 pW0p para cada CFR. El resultado es que la longitud de la conexión que cumple el requisito global aumenta hasta 20 000 km, lo que representa mejor las comunicaciones modernas.

La utilización de los satélites, con su calidad independiente de la distancia y su capacidad de suministrar conexiones de hasta 17 000 km con un enlace único, pone de manifiesto que tales enlaces, que tienen el nivel de ruido correspondiente a un CFR único, proporcionarán una calidad extremo a extremo mejor en muchos casos.

El CFR del satélite tiene un límite de ruido a corto plazo que debería ajustarse también de manera que los márgenes fueran aún razonables. Es muy posible hacer esto para las bandas en 6/4 GHz, donde los requisitos actuales de márgenes son pequeños, del orden de 3 dB o menos. Para este caso la tolerancia actual a corto plazo de 50 000 pW0p para el 0,3% del mes se cumple fácilmente, como se cumpliría el 0,1% del mes especificado en la Recomendación UIT-T G.222.

Para las bandas en 14/11 GHz el caso es diferente y el valor a corto plazo se verá afectado según el margen utilizado. Por ejemplo, en un enlace diseñado para un valor a largo plazo de 10 000 pW0p con 10 dB de margen, el ruido a corto plazo podría alcanzar un nivel de 100 000 pW0p que, aunque aún permite circuitos utilizables para muchos usuarios, supera los límites actuales. El UIT-T hubiese preferido este valor para la tolerancia a corto plazo pero, como el mismo sería demasiado difícil de medir, adoptó el valor de 50 000 pW0p.

En el anexo 2 se estudia también el aumento de ruido desde un punto de vista ligeramente diferente, aunque se llega a las mismas conclusiones generales.

Finalmente, también en relación con las bandas en 11/14 GHz, se dan a continuación los resultados de un análisis que ponen de manifiesto las consecuencias de la introducción del concepto de disponibilidad respecto a la conformidad con la Recomendación UIT-T G.222.

Para el análisis se utiliza un concepto de enlace normalizado que corresponde en la práctica actual con otros sistemas terrenales, consistente en autorizar 1 pW0p/km para el diseño, o un enlace de 10 000 km. Las ubicaciones operacionales de esos enlaces son generalmente de 40° de latitud y 25° de ángulo de elevación. Los climas en esas latitudes tienen una pluviosidad de 30 a 60 mm/h durante 0,01% del tiempo. Se elige un valor de 50 mm/h para el análisis. Los cálculos de la atenuación debida a la lluvia se efectúan, pues, de conformidad con los métodos establecidos por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones (antigua CE 5).

El requisito de 10 000 pW0p durante el 20% de cualquier mes se interpreta como si se aplicara al mes más desfavorable, es decir, para el de propagación más desfavorable. La definición de mes más desfavorable figura en la Recomendación UIT-R PN.581. La misma interpretación se aplica a la cláusula de 50 000 pW0p.

El factor de disponibilidad de propagación (definido en el anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.579) se considera como 10% del valor del desvanecimiento que se obtiene al alcanzar el umbral del sistema. En la fig. 1 se muestran dos casos, uno de ellos a 50 000 pW0p y el otro a 100 000 pW0p. El margen en el primer caso es de 7 dB, y en el segundo, de 10 dB.

Las características del trayecto expresadas en términos de tiempo disponible cumplirán todos los objetivos de calidad de funcionamiento de la Recomendación UIT-T G.222 para el clima y las latitudes considerados en este estudio. Para pequeños ángulos de elevación de antena y mayores pluviosidades podría ser más difícil cumplir dicha Recomendación UIT-T G.222.

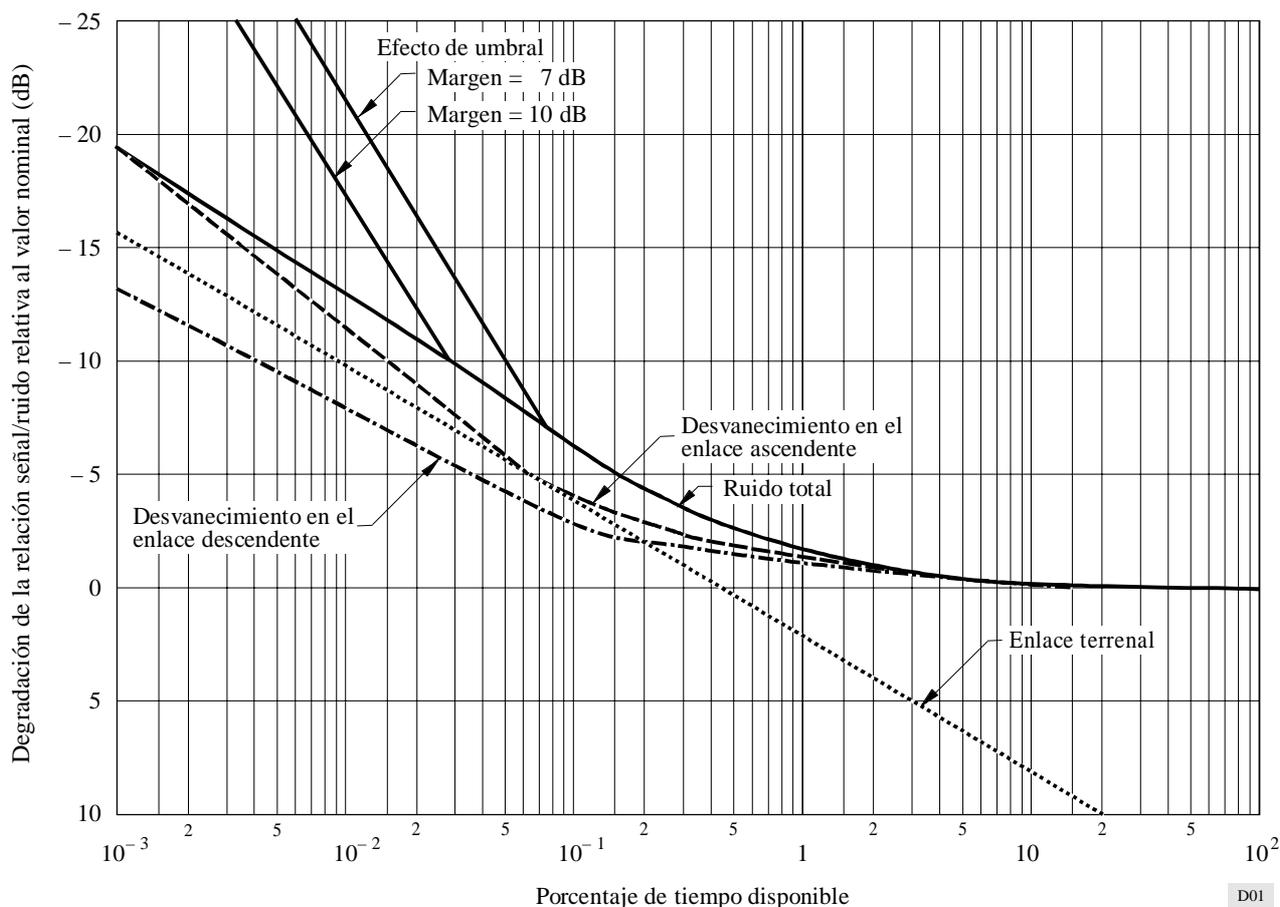
2.2.2 Concepto de distancia equivalente del satélite

A efectos de la RDSI, la independencia de la distancia de los enlaces de los satélites se reconoció mediante el empleo de una distancia equivalente del satélite que permitiera la utilización de la misma degradación de la calidad por kilómetro aplicada a otros sistemas de transmisión. Para largas distancias, que constituyen la parte de alta calidad de la XFR para la RDSI, la mitad de la atribución del ruido se asignó a los TDFR del satélite, lo que se puede traducir a una distancia equivalente de 12 500 km. Aunque la aplicación de este concepto al caso analógico podría producir un aumento de la atribución de ruido para un CFR de satélite sin afectar a la calidad global extremo a extremo de las conexiones hechas utilizando un enlace de satélite, hay muchas situaciones en las que se emplea un enlace de satélite y se desea una calidad mejor.

2.2.3 Disponibilidad de la propagación

La Recomendación UIT-R S.579 trata de la disponibilidad del CFR e incluye todas las interrupciones de duración mayor de 10 s. En particular se han estudiado los desvanecimientos de la propagación, que son la fuente principal de la degradación de los circuitos por satélite, a fin de establecer una relación entre el nivel y la duración de los desvanecimientos. Para los niveles de desvanecimiento típicos en los diseños de sistemas de satélites, se ha determinado que es adecuado un valor de 0,1 para la relación del tiempo disponible al no disponible, para los desvanecimientos de la propagación. Este factor tiene más influencia a frecuencias altas.

FIGURA 1
 Incidencia del ruido a 14/11 GHz evaluada en función del tiempo disponible



2.2.4 Utilización de compresores-expansores (compansores) silábicos

La utilización de compansores silábicos se ha limitado en gran medida a la mejora de circuitos de calidad deficiente en sistemas de cable antiguo, en los que por consideraciones de tipo económico se descarta la sustitución del sistema. Tales compansores proporcionan una mejora subjetiva del canal telefónico que puede llegar hasta 18 dB, pero antes adolecían de diversos problemas de estabilidad que impedían la generalización de su empleo. Estos problemas se han resuelto con el uso de la tecnología digital, y en los últimos años se utilizan cada vez más estos dispositivos en circuitos por satélite, circuitos en los que, por razones económicas, no se puede prescindir de estos dispositivos.

La utilización de compansores silábicos en los circuitos por satélite puede mejorar el aprovechamiento de la potencia o de la anchura de banda, o bien de ambas. Se ha demostrado que los mismos mejoran la calidad del canal telefónico de 10 a 12 dB para señales de tipo vocal. Sin embargo, el uso de compansores silábicos en circuitos cuyas señales son constantes, tales como los circuitos de datos, no supondrá ninguna mejora y deben tomarse las medidas oportunas para garantizar que la relación señal/ruido disponible del enlace por satélite sea la que corresponde a las señales de datos.

En los últimos años se ha incrementado la utilización de compansores silábicos, sin ninguno de los problemas de los primeros tiempos, siendo en muchos casos estos dispositivos una solución válida para la provisión de circuitos que satisfagan las exigencias de la Recomendación UIT-T G.222.

3. Resumen

La consideración de los factores relacionados con los márgenes de tolerancia del ruido en el CFR del SFS conduce a la conclusión de que las disposiciones actuales son razonables, excepto para actualizar las disposiciones de la presente Recomendación teniendo en cuenta el concepto de disponibilidad de la propagación, el empleo de compensadores silábicos y la atenuación debida a la lluvia en las frecuencias más altas.

ANEXO 2

Objetivos en materia de ruido para los circuitos telefónicos por satélite sobre la base de las preferencias de los usuarios

1. Introducción

En circuitos y canales telefónicos terrenales, el ruido depende esencialmente de la longitud del circuito, lo que ha conducido a un método que consiste en especificar el ruido en circuitos terrenales en función de la distancia cubierta por el circuito, al que se agrega una contribución de ruido constante debida a los equipos y a las características de interferencia que no dependen de la distancia.

Sin embargo, si se examinan los principios en que se basa el método para el establecimiento de normas de nivel de ruido en circuitos terrenales, la característica más destacada resulta ser la calidad de servicio ofrecida a los usuarios del teléfono tanto en condiciones normales como en condiciones extremas de la red.

Si bien las distancias imponen una importante restricción a la calidad de transmisión a través de los circuitos terrenales, el ruido y la atenuación (o la pérdida) de los circuitos por satélite son en gran medida independientes de la distancia. Por tanto, parecería más adecuado determinar un valor o una gama de valores que permitan comunicaciones satisfactorias independientemente de las distancias cubiertas por los circuitos por satélite. Habida cuenta de estas consideraciones tal vez convenga examinar la posibilidad de apartarse de los niveles de ruido previstos por la presente Recomendación y los efectos que esto puede tener en la calidad de las comunicaciones telefónicas a través de una red de satélites utilizada para el servicio nacional.

2. Posibles soluciones prácticas para el establecimiento de circuitos por satélite

Durante el periodo de estudios 1974-1978, Australia sometió un análisis y un examen que muestran que, para determinados tipos de circuitos telefónicos utilizados para el tráfico nacional, las normas aplicadas normalmente para circuitos telefónicos internacionales vía satélite pueden modificarse con vistas a obtener ventajas económicas al mismo tiempo que se proporciona un servicio adecuado en un país. No podrán beneficiarse de esta ventaja todos los circuitos y pueden ser necesarias disposiciones especiales para asegurar que se cumplirán los requisitos de orden internacional cuando estos circuitos por satélite de «norma nacional» deban conectarse a un circuito internacional. Existen, naturalmente, situaciones de tráfico a nivel nacional en las que puede ser necesario aplicar normas que sobrepasen las establecidas por la presente Recomendación.

En el análisis se consideraron tres tipos de enlaces:

- a) De conformidad con la presente Recomendación («circuitos de 10 000 pW0p»).
- b) Aumento de la tolerancia en 3 dB («circuitos de 20 000 pW0p»).
- c) Aumento de la tolerancia en 6 dB («circuitos de 40 000 pW0p»).

Sería posible prever transpondedores separados para cada tipo de enlace diferente, o una disposición mixta dentro de un mismo transpondedor. Las capacidades que podrían obtenerse de los sistemas si se utilizaran valores distintos de 10 000 pW0p dependen de la configuración del sistema considerada, pero pueden ofrecer hasta un aumento del 100% del número total de canales por transpondedor, a cambio de un aumento de la tolerancia en 6 dB con relación a la presente Recomendación.

También puede ser conveniente prever algunos enlaces cuya contribución de ruido sea muy baja, que se preste a asociar a ellos permanentemente prolongaciones terrenales muy largas. Estos enlaces podrían, tal vez, respetar la norma de la presente Recomendación y prolongarse entonces mediante circuitos de tránsito terrenales de aproximadamente 6 500 km.

Otra posibilidad consiste en disponer que, siempre que sea factible, todo el tráfico destinado a centros internacionales o procedente de estos centros, se curse por circuitos principales terrenales lo que permitiría utilizar sólo circuitos principales de tipo c); los circuitos de otros tipos sólo se proporcionarían en caso necesario y en número muy reducido. Esto tendría la ventaja de simplificar las disposiciones especiales de conmutación internacional que serían necesarias para limitar debidamente las conexiones en tándem de circuitos por satélite.

Por último, si se acepta la utilización de circuitos con niveles de ruido de, por ejemplo, 40 000 pW0p ó 20 000 pW0p, en lugar de 10 000 pW0p, norma fijada para los circuitos, convendría reconsiderar el margen total de ruido no térmico (que se supone constante, de 6 000 pW0p), y también la componente de interferencia de este ruido no térmico (que se supone de 2 000 pW0p). Es evidente que si la interferencia, y por consiguiente la contribución de ruido no térmico, pudiera aumentarse a expensas del ruido térmico, podrían obtenerse ciertos beneficios económicos gracias a requisitos de coordinación menos rígidos en los sistemas por satélite.

3. Conclusiones

Los objetivos en materia de ruido en la red terrenal deben reflejar las condiciones más desfavorables y las condiciones medias que puedan prevalecer y que generalmente dependen de la distancia. Dentro de los límites de los niveles de ruido total actualmente recomendados por el UIT-T, pueden elegirse normas para circuitos por satélite que puedan proporcionar una calidad de funcionamiento equivalente o algo mejor que la de conexiones terrenales largas comparables. Fundamentalmente se considera que el margen de ruido para un circuito por satélite debe corresponder con el margen de ruido de los sistemas terrenales a los que teóricamente reemplaza. Cuando, debido a condiciones especiales, se necesiten circuitos de mejor calidad, podrían adoptarse disposiciones adecuadas que permitieran cumplir estos requisitos especiales. Se ha demostrado que utilizando el método consistente en establecer objetivos para los circuitos por satélite, en vez de aplicar simplemente la norma de la presente Recomendación, podría obtenerse una mayor capacidad en un sistema específico; esto se traduciría, o bien en una reducción del costo por canal en un sistema dado, o en una reducción de los costos globales del sistema para una determinada capacidad de canales.
