

RECOMENDACIÓN UIT-R F.754^{*,**}**SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS EN LAS BANDAS 8 Y 9
PARA LA PROVISIÓN DE CONEXIONES INTERURBANAS TELEFÓNICAS
EN LAS ZONAS RURALES**

(1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que existe necesidad urgente de provisión de conexiones interurbanas telefónicas en las zonas rurales, especialmente en redes nacionales de países en desarrollo;
- b) que en la planificación de tales circuitos, debe prestarse especial atención a la reducción de los costes de establecimiento;
- c) que el equipo de dichos circuitos, en la medida de lo posible, debe ser sencillo y fiable para su fácil mantenimiento y explotación;
- d) que los sistemas de relevadores radioeléctricos de las bandas 8 y 9 son adecuados para la provisión de tales circuitos, y que es necesario proporcionar información técnica sobre estos sistemas a los diseñadores de sistemas,

recomienda

1. que las características básicas preferidas para los sistemas de relevadores radioeléctricos, analógicos y digitales que funcionan en las bandas 8 y 9 sean las especificadas en el cuadro 1;
2. que las características de interconexión y de banda de base preferidas sean las especificadas en el cuadro 2;
3. que las separaciones de canales de radiofrecuencia del cuadro 3 den directrices típicas para los planes de canales de frecuencia (nota 10);
4. que en general, la calidad de la transmisión debería cumplir las Recomendaciones UIT-T. Por el momento, las consideraciones formuladas en el § 1 del anexo 1 son de utilidad para el diseño de sistemas de relevadores radioeléctricos que funcionan en las bandas 8 y 9;
5. que en cuanto a otros factores, tales como características del equipo radioeléctrico, alimentación, antenas, torres y alojamientos, la información contenida en el § 2 del anexo 1 debe utilizarse como guía para las administraciones y los planificadores de sistemas.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión del Plan del UIT-T.

** La Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

CUADRO 1

Características básicas

	Sistemas analógicos	Sistemas digitales
Bandas de radiofrecuencia	Banda de 400 MHz Banda de 800 MHz Banda de 1 500 MHz Banda de 2 000 MHz Banda de 2 400 MHz Banda de 2 600 MHz (nota 1)	
Capacidades de canales	12 canales 24 canales 60 canales (notas 2, 3)	Incluyendo hasta 120 canales 24 canales (1 544 kbit/s) 30 canales (2 048 kbit/s) 2 × 24 canales (3 088 kbit/s) 2 × 30 canales (4 096 kbit/s) (nota 3)
Modulación	Modulación de frecuencia con la siguiente desviación: 12 canales: 35 kHz (valor cuadrático medio por canal) 24 canales: 35 kHz (valor cuadrático medio por canal) 60 canales: 35, 50, 100, 200 kHz (valor cuadrático medio por canal) (notas 4, 5)	Modulación de 4 niveles (nota 6)

Nota 1 – No se excluye la utilización de otras bandas de frecuencias.

Nota 2 – Existen también equipos radioeléctricos disponibles de menor capacidad de canales, por ejemplo, 5 ó 6 canales y pueden, con un costo global inferior, incluir como parte integrante del equipo, equipo especial de multiplexión normalizado por el UIT-T para derivar los canales telefónicos.

Nota 3 – El uso de equipo de 60 canales o más en la banda de frecuencias de 400 MHz debe sólo considerarse en las zonas en las que es improbable que existan problemas de congestión de frecuencias.

Nota 4 – Puede utilizarse una desviación de frecuencias superior para mejorar la relación señal/ruido térmico en condiciones de ausencia de desvanecimiento. Por otra parte, una desviación de frecuencia inferior mejorará el margen de desvanecimiento a expensas de la relación señal/ruido térmico.

Nota 5 – Cuando se requiera una separación de canales más pequeña, para conservar espectro de frecuencias, deben utilizarse las desviaciones de frecuencias inferiores. Sin embargo, puede utilizarse modulación de fase en los sistemas de baja capacidad. Se sugiere un índice de modulación en la gama de 0,2 a 0,8.

Nota 6 – Para los sistemas de 24/30 canales, puede también utilizarse modulación de 2 niveles.

CUADRO 2

	Sistemas analógicos	Sistemas digitales
Características de la banda de base	<p>Gama de frecuencias de la banda de base (kHz):</p> <p>12 canales: 12-60 6-54</p> <p>24 canales: 12-108 6-102</p> <p>60 canales: 12-252 60-300</p> <p>(notas 7, 9)</p>	<p>Interconexión</p> <p>hasta las velocidades primarias definida por el UIT-T (Recomendación G.703) (1 544/2 048 kbit/s)</p> <p>(notas 8, 9)</p>

Nota 7 – Se prefieren impedancias nominales de 150 Ω (o 600 Ω , equilibrada por debajo de 24 canales) ó de 75 Ω (desequilibrada). Como nivel de entrada y salida de la banda de base, se sugieren respectivamente -45 dB y -15 dB.

Nota 8 – En los sistemas nacionales, pueden utilizarse las unidades de regeneración y de terminación de línea de los correspondientes sistemas de cable para facilitar la interconexión de equipo de relevadores radioeléctricos y equipo múltiplex o de equipo de relevadores radioeléctricos y equipo de sistemas de cable de extensión.

Nota 9 – Es conveniente disponer de un canal de servicio de conversación, que pueda utilizarse para supervisión cuando sea necesario. La explotación del canal de servicio debe preferentemente ser independiente de la señal procedente del equipo múltiplex.

CUADRO 3

	Sistemas analógicos	Sistemas digitales
Separación de radiofrecuencia entre el transmisor y el receptor	10 a 120 MHz	20 a 120 MHz (nota 11)
Separación de canales copolares adyacentes	<p>12 canales: 0,5 ó 1 MHz</p> <p>24 canales: 1 ó 2 MHz</p> <p>60 canales: 2 ó 4 MHz</p>	<p>24/30 canales (2 niveles): 2; 3,5 ó 4 MHz</p> <p>24 canales (4 niveles): 1,5 ó 3,5 MHz</p> <p>30 canales (4 niveles): 1,75, 2 ó 3,5 MHz</p> <p>2 \times 24 canales (4 niveles): 3 ó 7 MHz</p> <p>2 \times 30 canales (4 niveles): 3,5, 4 ó 7 MHz</p> <p>4 \times 30 canales (4 niveles): 7, 8 ó 14 MHz</p>

Nota 10 – Véase la Recomendación UIT-R F.283.

Nota 11 – En los sistemas de 24/30 canales de dos niveles, pueden también utilizarse separaciones de 10 a 60 MHz.

Información suplementaria sobre los sistemas de relevadores radioeléctricos destinados a comunicaciones interurbanas en zonas rurales

1. Calidad de la transmisión

1.1 Sistemas analógicos

Para circuitos de hasta 250 km de longitud, la Recomendación UIT-T G.123 (Ginebra, 1972) «Ruido de circuitos en las redes nacionales» especificaba en su sección B.a.3 que (para todos los canales de un sistema) el valor medio de la potencia sofométrica media durante un minuto en un punto de nivel relativo cero no debe ser superior a 1 000 pW0p durante más del 20% de cualquier mes. El valor máximo de esta potencia de ruido no excedería en ningún caso de 2 000 pW0p en ninguno de los canales del sistema.

Los circuitos de larga distancia (250 a 2 500 km) deben ajustarse a los requisitos de la Recomendación UIT-T G.152.

De la información facilitada por varias administraciones se deduce claramente que los sistemas de 24 canales que funcionan en la banda de 400 MHz pueden cumplir las Recomendaciones UIT-T en uno o dos tramos solamente. Sin embargo, podrían hacerse menos estrictas (3 dB) algunas exigencias relativas al ruido, para uso provisional en los países en desarrollo, si se consiguiera una reducción importante del costo del sistema.

El elevado valor del ruido se debe principalmente al ruido térmico y al de intermodulación provocado por reflexiones laterales muy retardadas.

Para cumplir los requisitos de ruido mencionados en la Recomendación UIT-T G.123, un método posible consiste en emplear un compresor-expansor (Recomendación UIT-T G.162) para cada circuito telefónico, si se logra con ello una reducción considerable del costo del sistema. (Debe tenerse debidamente en cuenta el § 2 de la Recomendación UIT-T G.143, que limita el empleo sistemático de compresores-expansores en las redes nacionales e internacionales de larga distancia.)

Teniendo en cuenta que el empleo de un compresor-expansor reduce eficazmente todo tipo de ruido que intervenga en la transmisión de una señal, es posible reducir los ruidos de origen exterior tales como el ruido de interferencia, ruido artificial, etc. del mismo modo que el ruido térmico y el ruido de intermodulación.

Una alta selectividad del equipo puede ser ventajosa de cara a un plan de frecuencias eficaz.

1.2 Sistemas digitales

La calidad de transmisión de un sistema digital se expresa por la proporción de bits erróneos. El UIT-T no ha fijado aún los valores admisibles de la proporción de bits erróneos. En la Recomendación UIT-R F.634 se señala la forma en que se especificará la proporción de errores de un sistema digital de relevadores radioeléctricos y cuáles son los objetivos de proporción de errores para los sistemas de larga distancia. De esos objetivos y de las características de un sistema digital se desprende que lo más importante es la proporción de errores más alta (que defina la «interrupción» del sistema) que puede rebasarse en pequeños porcentajes de tiempo.

La proporción de errores admisible que se puede rebasar durante pequeños porcentajes de tiempo se determina sobre la base de la disponibilidad requerida del sistema. Los valores dados para los circuitos de larga distancia, en la Recomendación UIT-R F.634, pueden también utilizarse como guía para obtener los valores admisibles de la proporción de bits erróneos y los porcentajes de tiempo correspondientes a circuitos de hasta 250 km.

Dadas las condiciones favorables de las bandas 8 y 9 en lo que concierne al desvanecimiento, los sistemas digitales de relevadores radioeléctricos pueden, en ciertas regiones, ser diseñados para una atenuación mayor por tramo que los sistemas analógicos correspondientes en los que el parámetro predominante es la potencia media de ruido. Por otro lado, los efectos de las reflexiones laterales, que en un sistema analógico pueden producir un ruido de intermodulación relativamente elevado, suelen ser despreciables en los sistemas digitales.

En los sistemas radioeléctricos digitales con repetidores que regeneran las señales digitales, la degradación de la calidad de la transmisión causada por el aumento del número de vanos se traduce en una acumulación de bits erróneos y no en una acumulación de la potencia de ruido. La proporción de bits erróneos de todo sistema de relevadores radioeléctricos regenerativos puede mejorar de forma considerable si se aumenta ligeramente la relación portadora/ruido.

Los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales permiten establecer económicamente circuitos interurbanos de 250 km o más de longitud que cumplen los objetivos especificados en la Recomendación UIT-R F.594 del CCIR en materia de calidad de funcionamiento.

2. Condiciones especiales en los países en desarrollo

2.1 Generalidades

Es necesario reducir al mínimo el coste de establecimiento de la infraestructura necesaria para los sistemas utilizados en las zonas rurales. Esta infraestructura incluye, en particular:

- carreteras de acceso adecuadas;
- alojamientos para el equipo y, si es necesario, alojamiento del personal de mantenimiento;
- instalaciones para las fuentes de alimentación, con depósitos de combustible, si es necesario;
- soportes de antena, etc.

En los sistemas de relevadores radioeléctricos existentes, se ha visto a menudo que esta infraestructura representa una proporción muy elevada de los gastos.

Hay que señalar que, en ciertos casos (al atravesar una región pantanosa, desértica, montañosa o un territorio extranjero), puede ser más ventajosa la solución de sistemas de relevadores radioeléctricos transhorizonte, funcionando en una gama de frecuencias relativamente baja, porque evita la instalación de estaciones situadas lejos de aglomeraciones importantes sin necesidad de una infraestructura demasiado grande. En estos casos es posible que el amplificador de potencia del transmisor impida la utilización de componentes de estado sólido.

Si bien es difícil prever las necesidades a largo plazo respecto a enlaces interurbanos en los países en desarrollo, la elección de la capacidad de un sistema debe asegurar la rentabilidad óptima basada en tales previsiones. Una instalación inicial de equipo será antieconómica si su capacidad es mayor que las necesidades futuras. Por otra parte, la sustitución de un sistema más pequeño instalado inicialmente cuando sea inadecuada su capacidad, sólo debiera ser necesaria después de varios años de desarrollo. Estará entonces justificado instalar un sistema de capacidad superior, y el equipo inicial se podrá destinar a otro enlace de poco tráfico.

2.2 Equipos, antenas y alimentación

Conviene utilizar equipos de estado sólido para reducir la potencia requerida y simplificar el mantenimiento. Los circuitos de estado sólido permiten reducir las dimensiones de los aparatos utilizados. Sin embargo, esta reducción no debe efectuarse si va en detrimento de la confiabilidad del servicio y de la facilidad de mantenimiento.

Puede ser ventajoso utilizar un sencillo oscilador local sintetizado para reducir el número de piezas de repuesto necesarias, siempre que se emplee una disposición de canales adecuada.

Las antenas deberán ser simples, fuertes y no ofrecer una gran superficie al viento. Una antena Yagi podría ser adecuada para 1 500 MHz y frecuencias inferiores, mientras que una red ordenada de dipolos, una antena helicoidal o un reflector diedro son adecuados en la banda de 400 MHz, y una antena parabólica es adecuada para 1 500 MHz y frecuencias superiores. Con objeto de reducir la longitud de la línea de transmisión, la antena debe estar situada cerca del edificio en que se hallen los aparatos. La utilización de cables de dieléctrico sólido o del tipo espuma tiene la ventaja de que no se necesita presurizarlos.

Es más económico, generalmente, utilizar la misma antena para la transmisión y la recepción, pero es preciso en este caso adoptar una gran separación de frecuencias para evitar el bloqueo del receptor (del 3% al 5% de la frecuencia media, por ejemplo).

Si se observa intermodulación debida a reflexiones laterales no deseadas con gran retardo, en sistemas explotados en las bandas inferiores, por ejemplo, en la banda de 400 MHz, cabe esperar cierta mejora con el uso de antenas de haz horizontal más estrecho. Uno de los métodos para reducir la anchura del haz consiste en emplear dos o más antenas acopladas una al lado de la otra.

Como en numerosos casos el equipo tendrá que funcionar lejos de toda fuente de energía, habrá necesidad de que esos equipos sean de poco consumo, lo que permitirá reducir la importancia de las instalaciones de energía que habrá que construir, así como su mantenimiento y abastecimiento.

Como la potencia requerida es reducida, la energía puede obtenerse de baterías alimentadas por cargadores conectados a la red pública, si esta última existe. Otra posibilidad, cuando se necesita un consumo de potencia suficientemente bajo, es utilizar alimentación de energía solar.

El GAS 4 ha estudiado los problemas relativos a la fuente primaria de energía que plantean los sistemas de esta clase, y ha publicado un Manual sobre este asunto titulado «Fuentes primarias de energía» (UIT-T, 1985).
