



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**K.37**

(02/99)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS  
INTERFERENCIAS

---

**Técnicas de mitigación de compatibilidad  
electromagnética en baja y alta frecuencia  
para instalaciones y sistemas de  
telecomunicaciones – Recomendación sobre  
compatibilidad electromagnética básica**

Recomendación UIT-T K.37

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE K  
**PROTECCIÓN CONTRA LAS INTERFERENCIAS**



*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **RECOMENDACIÓN UIT-T K.37**

### **TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN BAJA Y ALTA FRECUENCIA PARA INSTALACIONES Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES – RECOMENDACIÓN SOBRE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA BÁSICA**

#### **Resumen**

Esta Recomendación define los métodos de mitigación que los operadores de telecomunicación pueden utilizar para evitar perturbaciones, interferencias y daños causados por instalaciones de energía e instalaciones ferroviarias electrificadas, transmisores radioeléctricos, intencionada o desintencionadamente, y descargas electrostáticas.

La presente Recomendación contiene orientaciones para el funcionamiento normal de los sistemas de telecomunicaciones, relativas a:

- utilización de equipos de telecomunicación que cumplan los requisitos de EMC pertinentes;
- prácticas de instalación adecuadas, tales como el establecimiento de redes de puesta a tierra y conexión equipotencial bien controladas y de redes de distribución de energía eléctrica de c.a. en edificios, evitar que los equipos perturbadores estén próximos a los equipos de telecomunicación, el control ambiental y un cableado bien diseñado;
- prácticas de trabajo adecuadas, tales como evitar que se utilicen radios portátiles cerca de los equipos de telecomunicación y aplicar medidas precautorias especiales cuando se manejen dispositivos sensibles a las descargas electrostáticas;
- prácticas de trabajo adecuadas en zonas sujetas a altos niveles de inducción de baja frecuencia.

Se analizan métodos de mitigación especiales, tales como el apantallamiento y el filtrado, para los casos en los que surgen problemas de EMC.

Esta Recomendación no incluye reglas para el diseño de circuitos o equipos ni instrucciones para su fabricación. Se señala que ya se dispone en abundancia de esa clase de información.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T K.37, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 5 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 26 de febrero de 1999.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1999

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance.....	1
2 Referencias.....	1
3 Definiciones.....	2
4 EMC de alta frecuencia.....	2
5 EMC de baja frecuencia.....	2
6 Especificaciones de los equipos.....	3
7 Entorno.....	3
7.1 Distancia a las fuentes de interferencia.....	3
7.2 Distancia a los radiotransmisores.....	4
7.3 Red de puesta a tierra y conexión equipotencial.....	4
7.4 Red de energía eléctrica de c.a. y equipos eléctricos.....	4
7.5 Materiales y humedad.....	5
8 Instalación.....	5
8.1 Equipos.....	5
8.2 Cableado.....	5
8.3 Conectores.....	6
9 Métodos de trabajo.....	6
9.1 Restricciones a la utilización de equipos perturbadores.....	6
9.2 Prevención de las ESD en el mantenimiento y las reparaciones.....	7
10 Medidas de mitigación especiales.....	7
10.1 Apantallamiento.....	7
10.1.1 Apantallamiento (alta frecuencia).....	7
10.1.2 Apantallamiento (baja frecuencia).....	7
10.2 Filtrado.....	8
10.2.1 Filtrado (alta frecuencia).....	8
10.2.2 Filtrado (baja frecuencia).....	8
10.3 Bobinas de autoinducción en modo común.....	8
10.3.1 Bobinas de autoinducción en modo común (alta frecuencia).....	8
10.3.2 Bobinas de autoinducción en modo común (baja frecuencia).....	9
10.4 Bobinas de derrame (baja frecuencia).....	9
10.5 Filtros activos (baja frecuencia).....	9
10.6 Transformadores neutralizadores (baja frecuencia).....	10

	<b>Página</b>
10.7 Soluciones híbridas (baja frecuencia).....	10
10.8 Transformadores de aislamiento (alta y baja frecuencia).....	10
10.9 Componentes ópticos (alta y baja frecuencia).....	10
10.10 Condensadores (alta frecuencia).....	10
Apéndice I – Localización de averías y reparación de problemas de EMC de alta frecuencia .....	
10	
I.1 Introducción.....	10
I.2 Verificación de la fuente .....	11
I.3 Lista de control para solucionar los problemas .....	11
I.4 Bibliografía.....	12
Apéndice II – Localización de averías y reparación de problemas de EMC de baja frecuencia	12
II.1 Introducción.....	12
II.2 Verificación de la fuente .....	12
II.3 Lista de control para solucionar los problemas .....	13

## **Introducción**

La presente Recomendación contiene orientaciones, dirigidas a los operadores de telecomunicación, para evitar interferencias y daños causados por instalaciones de energía e instalaciones ferroviarias electrificadas, transmisores radioeléctricos, intencionada o desintencionadamente, y descargas electrostáticas. Este texto, intencionadamente corto, señala a la atención del usuario las normas y documentos de referencia enumerados.

Los equipos deben funcionar de manera adecuada y sin perturbar a otros equipos cuando se utilicen en los entornos en los que se ha previsto su instalación, lo que se consigue mediante la clasificación de los entornos y con los requisitos de prueba de la EMC.

Normalmente, los equipos de telecomunicación cumplen los requisitos relativos a la EMC cuando las puertas de las cabinas están cerradas, y están puestas otras cubiertas. Durante las operaciones de instalación y mantenimiento es preciso abrir las puertas, lo que exige precauciones especiales si se manejan dispositivos sensibles a las descargas electrostáticas (ESD, *electrostatic discharges*). Las radios portátiles también pueden provocar interferencias en dichas situaciones.

Se dan también métodos de mitigación para los casos en los que existen interferencias debidas a perturbaciones en radiofrecuencia o producidas por transitorios rápidos imputables – por ejemplo, a que el entorno es más severo que la clase de entorno para la que está diseñado el equipo – o a que otros usuarios crean un entorno hostil. Se proporcionan normas prácticas para las situaciones en las que se producen interferencias, por ejemplo a causa de perturbaciones de armónicas de baja frecuencia creadas por un usuario o un sistema de energía de corriente alterna.

La presente Recomendación es básica respecto a la EMC en las telecomunicaciones.





## Recomendación K.37

# TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN BAJA Y ALTA FRECUENCIA PARA INSTALACIONES Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES – RECOMENDACIÓN SOBRE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA BÁSICA

(revisada en 1999)

## 1 Alcance

Esta Recomendación explica las técnicas de mitigación de EMC de baja y alta frecuencia para evitar perturbaciones e interferencias producidas por baja y alta frecuencia y transitorios rápidos.

La presente Recomendación es aplicable en la instalación y el mantenimiento de redes de telecomunicación. Esta Recomendación no se aplica a las medidas de protección contra niveles peligrosos de ruido ocasionadas por dispositivos de alimentación de energía. Esta Recomendación no se aplica a los cables coaxiales (modo diferencial).

## 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T K.34 (1996), *Clasificación de las condiciones ambientales electromagnéticas de los equipos de telecomunicación – Perturbaciones en radiofrecuencia o producidas por transitorios rápidos.*
- [2] Recomendación UIT-T K32 (1995), *Requisitos de inmunidad y métodos de prueba en relación con las descargas electrostáticas a los equipos de telecomunicación – Recomendaciones genéricas relativas a la compatibilidad electromagnética.*
- [3] Recomendación CCITT K.15 (1972), *Protección de los sistemas de telealimentación y de los repetidores de línea contra el rayo y las interferencias debidas a las líneas eléctricas próximas.*
- [4] CISPR 22, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of information technology equipment.*
- [5] Recomendación UIT-T K.27 (1996), *Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicación.*
- [6] Recomendación UIT-T K.31 (1993), *Métodos de conexión equipotencial y puesta a tierra dentro de los edificios de abonados.*
- [7] Recomendación UIT-T K.35 (1996), *Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra en instalaciones electrónicas distantes.*
- [8] CEI 61000-5-2 (1997), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling.*

- [9] ETSI Technical Report ETR 127 (1994), *Equipment Engineering (EE); Electrostatic environment and mitigation measures for Public Telecommunications Network (PTN)*.
- [10] Recomendación UIT-T K.10 (1996), *Interferencia de baja frecuencia debida a la asimetría con respecto a tierra de los equipos de telecomunicación*.
- [11] CEI 60096-1 (1986), *Radio-frequency cables. Part I: General requirements and measuring methods*.
- [12] ETSI Technical Report ETR 151 (1995), *Equipment Engineering (EE); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) testing of telecommunication equipment above 1 GHz*.
- [13] CEI 60050-161 (1990), *Vocabulario electrotécnico internacional – Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética*.

### 3 Definiciones

Se aplican las definiciones de CEI 60050-161.

RDSI	Red digital de servicios integrados
RTPC	Red telefónica pública con conmutación
xDSL	Bucle de abonado digital ( <i>digital subscriber loop</i> )
x = A	Asimétrico
V	Muy alta velocidad ( <i>very high speed</i> )

### 4 EMC de alta frecuencia

La EMC de alta frecuencia en las telecomunicaciones incluye el control tanto de las emisiones como de la inmunidad del equipo y las instalaciones de telecomunicaciones.

Las emisiones de alta frecuencia están causadas principalmente por armónicos de las frecuencias de reloj de los circuitos digitales que se propagan por conducción o radiación. Las emisiones no esenciales del equipo de radio también pueden considerarse dentro de la EMC. El control de las emisiones se realiza mediante el diseño del equipo y la instalación adecuada.

Los problemas de inmunidad pueden estar causados por fenómenos de alta frecuencia y transitorios rápidos tales como los campos de radiofrecuencia de diferentes sistemas de radio, las corrientes de radiofrecuencia inducidas en las líneas de telecomunicaciones y de alimentación de energía, los transitorios rápidos causados por los conmutadores de los equipos conectados a la red principal de energía o a la energía eléctrica de corriente continua, y las descargas de electricidad estática. La inmunidad se controla mediante el diseño de equipos que cumplan con los requisitos de las pruebas normalizadas, el diseño de las redes, instalaciones adecuadas, el control y mantenimiento del entorno, y métodos de trabajo correctos.

### 5 EMC de baja frecuencia

La EMC de baja frecuencia en telecomunicaciones incluye el control tanto de las emisiones como de la inmunidad del equipo y las instalaciones de telecomunicaciones.

Por lo general, las emisiones de baja frecuencia de los equipos y sistemas de telecomunicaciones no son un problema, y no se considerarán en esta Recomendación. Cuando hay problemas, generalmente son sintomáticos de un problema más grave.

Los problemas de inmunidad pueden estar causados por fenómenos de baja frecuencia tales como los sistemas de distribución de energía de corriente alterna, las ferrovías electrificadas, las cercas electrificadas (por ejemplo para impedir el paso de los animales), los equipos de soldadura y otros sistemas industriales de alta potencia que causan inducción en las líneas de telecomunicación. Algunos sistemas industriales generan también impulsos transitorios rápidos que causan inducción en los sistemas de telecomunicaciones. La interferencia de baja frecuencia está generalmente acoplada a los cables del sistema que sirven a los equipos. Aunque la mayoría de los problemas de ruido de baja frecuencia son de índole conductiva o inductiva, hay casos de acoplamiento por radiación.

La inmunidad se controla inicialmente mediante el diseño de equipos conformes a requisitos de prueba normalizados, la concepción de la red, la instalación correcta, el control ambiental, el mantenimiento y el empleo de métodos de trabajo correctos. El control de estas emisiones incumbe al que las causa, y en algunos casos a una autoridad nacional. Generalmente, siempre resulta más económico para todas las partes interesadas resolver el problema en la fuente. En algunos casos, puede resultar oneroso diseñar equipos adaptados a todas las circunstancias; en tal caso, deben utilizarse técnicas de mitigación exterior.

## **6 Especificaciones de los equipos**

Los equipos deberán poder funcionar sin problemas de EMC en el entorno en el que se ha previsto su instalación. Por este motivo se han establecido cuatro clases de entorno electromagnético de los equipos de telecomunicación [1]. La clasificación resultante se ha utilizado para especificar los requisitos de prueba de diferentes equipos de telecomunicación [2] y [3]. También deben especificarse los requisitos relativos a las emisiones [4].

El operador deberá especificar los requisitos haciendo referencia a las Recomendaciones UIT-T pertinentes o a los documentos correspondientes y comprobar con el fabricante o verificar él mismo que el equipo cumple los requisitos.

Al considerar los aspectos de baja frecuencia, el equipo deberá generalmente poder funcionar sin problemas de interferencia de baja frecuencia en el entorno en el que se prevé instalarlo (por ejemplo, modo común 200 mV; el ruido sofométrico no debe causar problemas a los circuitos vocales, de conformidad con la Recomendación K.10). La Recomendación K.34 [1] define las distintas clases de entorno electromagnético de los equipos de telecomunicaciones. Se reconoce que habrá circunstancias en que los niveles de interferencia serán lo suficientemente altos para causar problemas de interferencia si no se recurre a diseños de equipos onerosos. Esto es generalmente un problema de interferencia de baja frecuencia, y, en estas circunstancias, deben considerarse otras medidas.

## **7 Entorno**

### **7.1 Distancia a las fuentes de interferencia**

No siempre resulta práctico colocar los sistemas de telecomunicaciones lejos de las fuentes de interferencia de baja frecuencia; de hecho, éstas pueden llegar ulteriormente e influir a unos cuantos kilómetros de distancia. Si no se aplica ninguna norma o Recomendación al problema, las dos partes deben llegar a un acuerdo apropiado sobre la mitigación y los costos.

## **7.2 Distancia a los radiotransmisores**

Los centros de telecomunicaciones deben estar separados de los radiotransmisores la distancia suficiente como para que la intensidad de campo no exceda de la severidad característica de la clase ambiental [1]. Al planificar las rutas de los relevadores radioeléctricos deberán evitarse las zonas aeroportuarias y otras ubicaciones en las que hay señales de radar.

## **7.3 Red de puesta a tierra y conexión equipotencial**

Para conseguir una buena característica de EMC es esencial que el edificio en el que se instala el equipo disponga de una red de puesta a tierra y conexión equipotencial bien diseñada y señalizada. En las clases de entorno "centros principales de telecomunicaciones" y "centros secundarios de telecomunicaciones" se supone la implementación de una red de puesta a tierra y conexión equipotencial de acuerdo con [5]. En [6] se dan directrices sobre la red de puesta a tierra y conexión equipotencial de los edificios de abonados. En [7] se especifican las prácticas recomendadas de puesta a tierra y conexión equipotencial en los emplazamientos remotos de telecomunicaciones.

Desde el punto de vista de los transitorios rápidos y las radiofrecuencias, la conexión equipotencial dentro del edificio es más importante que el contacto con tierra a través del electrodo de puesta a tierra. Para las bajas frecuencias, el sistema de cableado exterior debe cumplir una norma que no permita la interferencia procedente de otras fuentes (por ejemplo, debe utilizarse la medición de la simetría de K.10 [10] para verificar si puede existir un problema). Las mediciones efectuadas a frecuencias vocales constituyen una buena indicación de la calidad de funcionamiento de los sistemas de banda ancha (por ejemplo, RDSI, xDSL).

La conexión equipotencial a la cubierta mecánica, la referencia a tierra de la protección intrínseca y/o las barreras metálicas contra la humedad en los cables deben considerarse de primera importancia. La puesta a tierra se considera de importancia secundaria, mientras que la conexión equipotencial es de primera importancia. Las medidas de mitigación de baja frecuencia requieren por lo general una conexión a tierra.

## **7.4 Red de energía eléctrica de c.a. y equipos eléctricos**

Para la distribución de energía eléctrica de c.a. en los edificios se prefiere el sistema TN-S al sistema TN-C [5], [6] y [8]. Estos documentos de referencia ofrecen orientaciones también para los casos en que la energía está servida por un sistema de distribución TT o IT.

En los sistemas de distribución de energía eléctrica TT o IT, la sobretensión a la que está expuesto el equipo de telecomunicaciones por parte de las líneas de telecomunicaciones y de energía eléctrica puede ser más elevada que en los sistemas TN-S. Por lo tanto, se requiere una inmunidad mayor o medidas de protección suplementarias.

Habrá que tener la precaución de cerciorarse de que los equipos eléctricos de los locales en los que se instalan equipos de telecomunicaciones tienen dispositivos de protección adecuados. Por ejemplo, las lámparas fluorescentes de uso industrial, no provistas de condensadores de supresión de perturbaciones, provocan interferencias por inducción en los sistemas de transmisión digital de alta capacidad.

El equipo eléctrico que utiliza alimentadores-onduladores ha causado graves perturbaciones especialmente cuando se ha conectado a sistemas de distribución de energía eléctrica de tipo TT o IT. En particular, el equipo de telecomunicaciones es afectado negativamente por perturbaciones cuando la impedancia en modo común de la línea de telecomunicaciones es baja. Por lo tanto, para los sistemas de alimentación TT o IT, se prefiere que la impedancia en modo común sea alta en los equipos.

## **7.5 Materiales y humedad**

Es posible controlar el nivel de las descargas electrostáticas que pueden generarse en un entorno controlando los materiales y la humedad [9].

En un entorno no controlado, en el que puede haber todo tipo de materiales y cualquier nivel de humedad y para el que no se ha especificado nada en relación con la vestimenta y el calzado del personal, es posible que se produzcan tensiones de carga electrostática superiores a 8 kV. Con un control parcial, restringiendo la utilización de materiales propensos a cargarse electrostáticamente por frotamiento, pero siendo aún posible cualquier nivel de humedad, la tensión de carga se reduce normalmente por debajo de 8 kV.

Mediante el control total de los materiales y la capacitación del personal y controlando la humedad relativa, por ejemplo, por encima del 40%, la tensión de carga se reducirá normalmente a un valor inferior a 4 kV. En los centros de telecomunicaciones se pueden tomar, a menudo, medidas como éstas. Para limitar la tensión de carga es posible seleccionar los materiales de revestimiento del suelo y el calzado, en vez de controlar la humedad, de manera que la resistencia total del sistema de conexión equipotencial puesto a tierra sea inferior a  $10^8 \Omega$ .

En un entorno controlado especialmente, por ejemplo un centro de reparación de tarjetas de circuitos impresos, las tensiones de carga deberán limitarse al mínimo, normalmente por debajo de 200 V. En [9] se especifican las medidas de control.

## **8 Instalación**

### **8.1 Equipos**

Los equipos están normalmente conectados a la red de puesta a tierra y conexión equipotencial por razones de seguridad. Cuando sea posible se evitará la instalación de equipos de telecomunicación cerca de los equipos de c.a. o de radiofrecuencia de alta potencia o de los sistemas que pueden generar una gran cantidad de armónicas. Esto constituye una amenaza especial en los entornos industriales. Puede ser necesario proteger mediante un apantallamiento y separar la puesta a tierra.

### **8.2 Cableado**

Se supone que el cableado interno de una instalación de telecomunicaciones está correctamente instalado y que no puede atribuirse a esos cables ninguna interferencia. La característica de EMC de un sistema depende tanto de las características de los cables como de su instalación. Las interferencias se deben a la repetición de la tensión de perturbación en modo diferencial en el circuito afectado. Las medidas de mitigación tienen por objeto hacer que esta perturbación en modo diferencial sea suficientemente baja en comparación con la señal que fluye por el circuito.

El acoplamiento en modo diferencial directo de las perturbaciones se evita normalmente utilizando pares trenzados o cables coaxiales; ambas construcciones minimizan el acoplamiento con el bucle en modo diferencial.

El acoplamiento en modo común provoca tensiones y corrientes en modo común en un sistema. El acoplamiento de modo común a modo diferencial puede reducirse con la simetría de los cables en pares y el apantallamiento. Los aspectos relativos a la simetría se presentan en [10]; la simetría de los cables normales no es muy buena a altas frecuencias, si bien se dispone de cables diseñados especialmente. El apantallamiento puede aplicarse a cables en pares, actuando el conductor externo de los cables coaxiales a modo de pantalla. Las medidas de la calidad del apantallamiento son la impedancia de transferencia y la admitancia de transferencia. En [11] figuran las definiciones de estas características y los requisitos para diferentes tipos de cables.

El acoplamiento en modo común puede reducirse aumentando la distancia entre los cables de señales y los cables de energía eléctrica y reduciendo al mínimo el área de los bucles de tierra. Es conveniente que tipos diferentes de cables se instalen en bandejas de cables diferentes, por lo menos en los centros de telecomunicaciones. La conexión equipotencial de las bandejas de cables metálicas, entre sí y al sistema de puesta a tierra y conexión equipotencial, contribuye a reducir el área de los bucles de tierra. Algunas veces puede utilizarse una bandeja de cables metálica cerrada para formar una pantalla alrededor de los cables. En [8] se da un conjunto completo de reglas relativas a la EMC para la instalación de cables e hilos conductores.

Los problemas de baja frecuencia en los cables de pares trenzados pueden atribuirse a veces a "pares divididos". Éstos no siempre ocasionan cambios importantes en la simetría del cable, por lo que son difíciles de detectar.

### **8.3 Conectores**

Para que el apantallamiento de los cables sea efectivo a altas frecuencias, debe estar en contacto con el muro metálico del recinto de los equipos. Es importante que la conexión se haga con un buen conector, cuya impedancia de transferencia sea suficientemente baja o mediante otro circuito diseñado específicamente, que establezca contacto alrededor del apantallamiento. El contacto establecido mediante un hilo de conexión no resulta efectivo a altas frecuencias.

En [8] se indican algunos aspectos relativos a los conectores.

Los problemas que ocurren en los cables a bajas frecuencias pueden atribuirse generalmente a la conexión en las uniones, especialmente en los cables de pares trenzados. Otros parámetros de los cables tienden a apartarse de la norma (por ejemplo, resistencia entre el aislamiento del circuito y tierra) cuando ocurren problemas.

## **9 Métodos de trabajo**

### **9.1 Restricciones a la utilización de equipos perturbadores**

Las radios portátiles son empleadas cada vez con mayor frecuencia por el público o por el personal de las compañías de telecomunicaciones. Especialmente los sistemas nuevos, tales como el GSM, que utiliza una técnica de multiplexación de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*), representan una fuente potencial de perturbaciones porque la señal del TDMA es rectificadora en el equipo afectado.

Algunos equipos alimentados con corriente alterna deben utilizarse con cuidado en las cercanías de las instalaciones de telecomunicaciones (por ejemplo, los equipos de soldadura de arco y de inducción), ya que pueden ocasionar graves problemas al sistema.

La intensidad de campo de un teléfono GSM portátil es de casi 8 V/m a una distancia de 1 m y de 2,5 V/m aproximadamente a una distancia de 3 m [12]. El requisito de inmunidad con respecto al campo en radiofrecuencias, para equipos que han de instalarse en centros de telecomunicaciones, es normalmente de 1 V/m o 3 V/m. Los radiotéfonos portátiles pueden producir campos en radiofrecuencia de más de 1 V/m. Por ello, el uso de radiotéfonos portátiles en centros de telecomunicaciones debe ser limitado por los operadores mediante disposiciones administrativas que aseguren que los campos de radiofrecuencia por encima de la intensidad apropiada del campo no se produzcan en la proximidad inmediata de los equipos.

## **9.2 Prevención de las ESD en el mantenimiento y las reparaciones**

Aunque los equipos de telecomunicación diseñados para que sean inmunes a las ESD no resulten perturbados normalmente durante su funcionamiento, es preciso tomar precauciones especiales cuando se manejan tarjetas y componentes de circuitos impresos. En los centros de telecomunicaciones, es posible fijar puntos de conexión equipotencial a tierra en los bastidores de los equipos, en los que los propios trabajadores se conecten a tierra mediante correas de muñeca. En [9] se indican los requisitos técnicos y de seguridad de esos puntos de conexión equipotencial a tierra.

Si no se dispone de puntos de conexión equipotencial a tierra como en las instalaciones del abonado, deberán evitarse las descargas electrostáticas utilizando herramientas y superficies de trabajo diseñadas especialmente, que permitan la igualación de la tensión durante el manejo de dispositivos sensibles a esas descargas. Para transportar tales dispositivos se utilizarán embalajes de protección electrostática y las reparaciones se efectuarán en un centro de reparaciones diseñado especialmente en el que se controlen todos los materiales, las herramientas, el mobiliario, la vestimenta y el calzado [9].

## **10 Medidas de mitigación especiales**

En esta cláusula se ofrecen orientaciones generales sobre los métodos de mitigación de las interferencias de alta y baja frecuencia. En el apéndice I (alta frecuencia) y el apéndice II (baja frecuencia) se examina la aplicación de estas técnicas para solucionar problemas prácticos.

### **10.1 Apantallamiento**

#### **10.1.1 Apantallamiento (alta frecuencia)**

Los requisitos relativos a la inmunidad frente al campo en radiofrecuencias y las emisiones del equipo que ha de instalarse en centros de telecomunicaciones se basan a menudo en la clase "centros principales de telecomunicaciones". Cuando se instalan en centros secundarios de telecomunicaciones o en emplazamientos electrónicos distantes [7], pueden surgir a veces problemas porque el centro se halla cerca de un radiotransmisor o porque las emisiones de los equipos de telecomunicación perturban la recepción radiofónica o televisiva en las viviendas cercanas al centro de telecomunicaciones o al emplazamiento electrónico distante. En tales casos, el operador puede aumentar el apantallamiento en torno a la totalidad del centro o alrededor del equipo perturbador. A menudo basta con un apantallamiento a base de chapa metálica, y, algunas veces, una pantalla con una puesta a tierra adecuada aplicada a un solo muro puede resolver el problema.

El apantallamiento puede ser necesario también cuando los equipos de telecomunicación provoquen interferencias en un sistema radioeléctrico del mismo centro de telecomunicaciones. Deberá localizarse la fuente de radiación y aumentar el apantallamiento como corresponda, por ejemplo, en torno al bastidor principal, o conectar el apantallamiento de los cables a los recintos de los equipos.

#### **10.1.2 Apantallamiento (baja frecuencia)**

Los requisitos de inmunidad con relación a la baja frecuencia para los equipos que deben instalarse en los centros de telecomunicaciones no constituyen generalmente ningún problema. Cuando haya problemas, también habrá problemas a frecuencias más altas; el operador puede añadir apantallamiento alrededor de la totalidad del centro o alrededor del equipo que origina las perturbaciones. A menudo basta con un apantallamiento de los equipos y los cables a base de chapa metálica.

Debe identificarse la fuente de la radiación y añadirse el apantallamiento correspondiente, por ejemplo poniendo a tierra las pantallas de los cables, las barreras metálicas contra la humedad o los pares de reserva. Cuando puede verse que la fuente de la interferencia es una inducción a lo largo de la ruta del cable, la puesta a tierra de la pantalla en numerosos puntos de la ruta del cable es necesaria para reducir la tensión longitudinal impuesta en los hilos de la señal. Como mínimo, la puesta a tierra debe efectuarse en cada extremo y cerca de la fuente de ruido. La puesta a tierra en puntos intermedios puede tener una influencia adicional. Si el cable no tiene pantalla, refuerzo central ni barrera metálica contra la humedad, puede utilizarse cinta metálica (cobre o acero) alrededor del cable. Otro método de formar una pantalla consiste en colocar a tierra pares de reserva del cable (el resultado será mejor entre más cerca estén dichos pares del exterior del manajo del cable).

## 10.2 Filtrado

### 10.2.1 Filtrado (alta frecuencia)

Cuando los fenómenos en radiofrecuencia o transitorios de alto nivel provocan perturbaciones a través de las líneas de telecomunicaciones de baja frecuencia o a través de los conductores de energía eléctrica, es posible utilizar filtros que eviten la interferencia. Los filtros deberán combinarse con el apantallamiento o incorporarse a los equipos, en cooperación con el fabricante.

Los clientes que utilicen sólo un teléfono ordinario podrán disponer en el futuro de servicios digitales de banda ancha a través de la línea de abonado existente. En tal caso, será necesario eliminar el filtro paso bajo utilizado para limitar las perturbaciones de alta frecuencia.

### 10.2.2 Filtrado (baja frecuencia)

Si bien el filtrado de los circuitos de calidad vocal no es generalmente un problema, los circuitos que suministran servicios RDSI u otros servicios digitales (xDSL) se verán afectados por el aumento de la atenuación y podrán incluso no funcionar cuando se utilicen filtros. Si no se utilizan filtros, los servicios digitales tendrán probablemente un alto número de errores en los datos o simplemente no funcionarán. Por lo tanto, es crucial que el filtrado se construya cuidadosamente teniendo en cuenta los servicios necesarios. En el cuadro siguiente se muestran cifras típicas de la atenuación de inserción para un filtro combinado bobina de derrame/bobina de autoinducción en modo común utilizado para suprimir el ruido armónico a 50 Hz.

Servicio	Atenuación de inserción (dB)
RTPC	0,5 a 1 kHz
Ganancia de par	2,5 a 40 kHz
RDSI	3,5 a 100 kHz
ADSL	No compatible

## 10.3 Bobinas de autoinducción en modo común

### 10.3.1 Bobinas de autoinducción en modo común (alta frecuencia)

Cuando no basta la reducción al mínimo del área de los bucles en modo común, pueden instalarse en las líneas bobinas de autoinducción en modo común o ferritas para aumentar la impedancia del circuito en modo común. Esos dispositivos reducen la corriente en modo común pero no afectan a la señal en modo diferencial. El que se consiga o no una reducción efectiva de la corriente en modo común depende de la impedancia original del circuito en modo común, pero en muchos casos en los que los dispositivos resultan eficaces, pueden aplicarse de manera muy conveniente a un sistema instalado.



### 10.3.2 Bobinas de autoinducción en modo común (baja frecuencia)

Cuando no basta la reducción al mínimo del área de los bucles en modo común, pueden instalarse en las líneas bobinas de autoinducción en modo común para aumentar la impedancia del circuito en modo común. La utilización de ferritas en esas frecuencias no es, por lo general, muy eficaz. Esos dispositivos reducen la corriente en modo común pero no afectan a la señal en modo diferencial. El que se consiga o no una reducción efectiva de la corriente en modo común depende de la impedancia original del circuito en modo común y de la simetría del sistema, pero en muchos casos en que los dispositivos resultan eficaces, pueden aplicarse de manera muy conveniente a un sistema instalado. Si el equipo que ha de filtrarse no tiene referencia a tierra, la utilización de bobinas de autoinducción en modo común tendrá poco efecto. La utilización de bobinas de autoinducción en modo común en tarjetas de línea de abonado es especialmente eficaz.

### 10.4 Bobinas de derrame (baja frecuencia)

Éstas se utilizan más comúnmente en el extremo cliente de un circuito y en combinación con una bobina de autoinducción en modo común cuando el equipo terminal no tiene referencia a tierra (es decir, no hay un flujo de corriente en modo común natural a tierra). Para la RTPC y otros circuitos de línea con alimentación, las bobinas de derrame tienen que estar acopladas en capacidad para evitar trayectos de corriente continua a tierra (véase la figura 1). Estos dispositivos pueden proporcionar una baja impedancia en modo común con respecto a tierra.

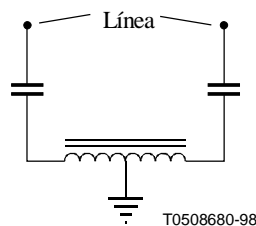


Figura 1/K.37 – Bobina de derrame

### 10.5 Filtros activos (baja frecuencia)

Con la aparición de procesadores de señal digital, la posibilidad de crear filtros activos simétricos con funciones específicas se ha convertido en una realidad. El principal inconveniente de estos filtros es que probablemente necesitarían alimentación en energía para poder contrarrestar la interferencia en el circuito, ya que las necesidades de energía no son despreciables. La reducción de las necesidades de energía de este tipo de circuitos a un nivel suficientemente bajo para que la línea pueda ser alimentada desde el conmutador (ya sea a través del circuito activo o de un par de reserva) puede ser sólo cosa de tiempo.

Los filtros activos podrían eliminar los componentes en modo común perjudiciales y los componentes diferenciales asociados, ofreciendo así la ventaja de poder compensar la asimetría de los cables de la red. No habría ninguna limitación en cuanto a la longitud de la línea asociada con estos filtros, como la hay al utilizar sistemas de transmisión digital (por ejemplo, ganancia de par). Debido al procesamiento de señal que interviene, puede resultar imposible utilizar filtros activos en las líneas de telecomunicaciones para la interferencia de alta frecuencia.

## **10.6 Transformadores neutralizadores (baja frecuencia)**

Aparte de ser útiles para el aislamiento con relación al aumento del potencial de tierra, los transformadores neutralizadores pueden utilizarse también para reducir la tensión en modo común inducida en un cable, especialmente cuando hay varios circuitos. Son ventajosos con relación a las bobinas de derrame ya que no necesitan el desacoplamiento que sería necesario con circuitos alimentados con tensión c.c. Ocasionalmente, los transformadores neutralizadores pueden necesitar una mayor corriente de excitación.

## **10.7 Soluciones híbridas (baja frecuencia)**

La combinación de una bobina de autoinducción y una bobina de derrame es un método común de filtrado cuando el equipo presenta una alta impedancia longitudinal. En algunos casos, este método no es suficiente, y puede ser necesario utilizar una bobina de derrame con un sistema de transmisión digital para contrarrestar las deficiencias del cable (componentes diferenciales resultantes). Como ejemplo puede citarse el del suministro de un circuito vocal claro a un cliente mediante un sistema de ganancia de par digital con una bobina de derrame utilizada para suprimir la tensión longitudinal en el lado digital de la unidad remota. El sistema digital rechaza todo componente diferencial debido al ruido y presenta una buena señal analógica al cliente.

## **10.8 Transformadores de aislamiento (alta y baja frecuencia)**

Los transformadores de aislamiento se utilizan sobre todo para interrumpir el trayecto de baja frecuencia de los bucles en modo común en los circuitos de energía eléctrica y señales. Dependiendo de la capacidad entre el devanado primario y el secundario del transformador, pueden aumentar la impedancia del circuito en modo común también a frecuencias más altas.

## **10.9 Componentes ópticos (alta y baja frecuencia)**

Los aisladores ópticos, y especialmente los enlaces ópticos que utilizan fibra de cristal en vez de cables metálicos, son un medio eficaz de evitar el acoplamiento de la interferencia de alta o baja frecuencia o producida por transitorios rápidos a través de los puertos de señales.

## **10.10 Condensadores (alta frecuencia)**

La utilización de condensadores en los conductores de señal y/o en la conexión a tierra puede ser satisfactoria para eliminar el ruido de alta frecuencia de una línea. Debe prestarse atención al elegir el componente tanto en relación con la tensión nominal como con el servicio con el que ha de utilizarse. Generalmente, la utilización de mediciones puramente capacitivas a bajas frecuencias no es una solución satisfactoria.

# APÉNDICE I

## **Localización de averías y reparación de problemas de EMC de alta frecuencia**

### **I.1 Introducción**

Este apéndice se basa en la referencia I.4 y proporciona orientaciones sobre la manera de proceder cuando ocurre un problema de EMC en la práctica. Un enfoque lógico es, en primer lugar, identificar el motivo del problema, para luego repararlo de la forma más económica posible. El enfoque puede ser diferente en las dependencias del cliente, en exteriores o en los centros de telecomunicaciones, pero a menudo se pueden aplicar ciertas "reglas generales".

## **I.2 Verificación de la fuente**

En los casos en los que se sospecha que las señales continuas de radiofrecuencia, ya sea con destino a, o procedentes del equipo de telecomunicaciones están provocando interferencias es posible tratar de identificar la fuente observando la radio o la televisión. A continuación se enumeran algunas características típicas:

- Las perturbaciones causadas por los radioaficionados o por las radiocomunicaciones en la banda pública suelen causar señales de audio alteradas de manera que resulta difícil mantener una conversación, y líneas diagonales en la pantalla de televisión.
- Las estaciones de radiodifusión introducen música y voz comprensible, y la radio de modulación de frecuencia puede causar líneas ondulantes que recorren la pantalla de televisión de arriba a abajo.
- Los equipos industriales, científicos y médicos así como los equipos de telecomunicaciones pueden causar zumbidos en las señales audio y parásitos o "nieve" en la pantalla de televisión.

También se puede tratar de identificar el origen de la perturbación buscando antenas altas, naves industriales u hospitales en las proximidades. Un método eficaz es conectar y desconectar el equipo que puede causar la perturbación mientras se observan los cambios en la radio y el televisor. Evidentemente, esto no es posible en equipos de conmutación de gran tamaño.

En caso de que se sospeche que hay perturbaciones transitorias, es posible conectar y desconectar el equipo eléctrico o las luces fluorescentes que están en las cercanías mientras se vigila el sistema afectado.

Se puede obtener información útil analizando cuándo comenzó la interferencia electromagnética, si se producen periodos de ruido y de silencio, si alguien ha instalado un nuevo computador personal, un aparato de telefax, una nevera, una cafetera, etc., o si algún aparato eléctrico no funciona bien.

## **I.3 Lista de control para solucionar los problemas**

La siguiente lista de control ofrece propuestas de costos muy variados. Se debería siempre encontrar la causa del problema para poder aplicar la mejor solución en lo técnico y lo económico.

Problemas en un solo teléfono:

- Conexión deficiente: Limpiar las conexiones sucias o corroídas.
- Aislamiento dañado: Reemplazarlo.
- Protectores de sobretensión defectuosos: Reemplazarlos.
- Demodulación en el aparato telefónico: Ver si se utiliza un aparato telefónico de buena calidad; reemplazarlo o instalar un filtro o una bobina de autoinducción.
- Corrientes en modo común en la línea de abonado: Instalar un filtro o una bobina de autoinducción.

Problemas en la red de telecomunicaciones:

- Puesta a tierra y conexión equipotencial deficiente: Verificar que se han seguido las recomendaciones sobre la conexión equipotencial; controlar su continuidad; limpiar las conexiones sucias, corroídas o pintadas; verificar que el mecanismo de puesta a tierra principal sigue siendo estable.
- No hay conexión equipotencial con el blindaje del cable: Efectuar la reparación.
- Problemas de acoplamiento en modo diferencial (par trenzado): Minimizar el destrenzado en las conexiones cruzadas.

- Falta apantallamiento electromagnético: Controlar que todas las juntas estén instaladas alrededor de las puertas, los frontales de recubrimiento, etc.; controlar que las superficies de contacto no estén pintadas o corroídas, y que no haya ningún material extraño como cinta entre las superficies de contacto.
- Apantallamiento electromagnético dañado: Verificar que las juntas hacen contacto en todos los puntos cuando se cierran las puertas; reemplazar las juntas corroídas o dañadas; limpiar las superficies de contacto.
- Corrientes en modo común en los cables: Aplicar bobinas de autoinducción de ferrita u otras medidas de mitigación; elegir cables correctamente blindados, volver a encaminar los cables afectados.
- Tarjeta de circuitos averiada: Reemplazar las tarjetas de circuitos una a una y vigilar las interferencias.
- Demasiada proximidad: Alejar el equipo del que se sospecha.
- Frecuencia común con un servicio que tiene licencia de explotación: Dirigirse a los responsables de la gestión del espectro.
- Apantallamiento insuficiente: Aplicar un apantallamiento a nivel del equipo o del edificio. Dependiendo de la frecuencia involucrada, largos de cable no apantallados de tan sólo 8 cm de longitud pudieran presentar problemas.

#### **I.4 Bibliografía**

- *EMC Engineering Guide – DL CG 92-307*, Bell Canada, Issue 2, marzo de 1993.

## APÉNDICE II

### **Localización de averías y reparación de problemas de EMC de baja frecuencia**

#### **II.1 Introducción**

Este apéndice se basa en la experiencia de los miembros de la Comisión de Estudio 5 del UIT-T y proporciona orientaciones sobre la manera de proceder cuando ocurre un problema de EMC en la práctica. Un enfoque lógico es, en primer lugar, identificar el motivo del problema, para luego repararlo de la forma más económica posible. El enfoque puede ser diferente en las instalaciones del cliente, en exteriores o en los centros de telecomunicaciones, pero a menudo se pueden aplicar ciertas "reglas generales". Casi siempre resulta más económico hallar la causa de la interferencia y resolver el problema en la fuente. Según la naturaleza del problema, siempre es conveniente verificar que el sistema de telecomunicaciones no se haya degradado (por ejemplo, deterioración de la simetría de los cables debido a corrosión en los empalmes o ingreso de agua en los cables), antes de culpar al propietario de la fuente de ruido.

#### **II.2 Verificación de la fuente**

En los casos en los que se sospecha que ruido continuo de baja frecuencia, ya sea con destino a, o procedente del equipo de telecomunicaciones está provocando interferencias, es posible tratar de identificar la fuente observando un receptor radioeléctrico de banda ancha. A continuación se enumeran algunas características típicas:

- Los equipos industriales, científicos y médicos, así como los equipos de telecomunicaciones pueden causar zumbidos en las señales audio. En circunstancias difíciles puede haber centelleo.
- Cuando se producen chasquidos repetidos al utilizar un aparato telefónico conectado a la línea o un receptor de banda ancha, la causa es generalmente una valla electrificada para impedir el paso de animales.
- Los equipos de soldadura de arco producen una fuerte señal audio de banda ancha (sin contenido armónico particular) que se extiende también a frecuencias superiores.

La utilización de un sofómetro en un sistema de transmisión puede revelar también otras características que no son detectables fácilmente por el oído, junto con la posibilidad de determinar si el ruido procede del cableado exterior de la red o del equipo de telecomunicaciones. Los analizadores de espectro de baja frecuencia también son buenos para determinar el contenido armónico de la interferencia.

También se puede tratar de identificar la fuente de la perturbación comprobando si hay plantas industriales de gran tamaño, estaciones de transformadores de energía, iluminado público en mal estado (centelleante) o cables de alimentación averiados en las cercanías. Un método eficaz consiste en encender y apagar el equipo del que se sospecha, observando a la vez el cambio en la señal de ruido. Evidentemente, esto no es aceptable para los equipos de conmutación de gran tamaño.

En caso de que se sospeche que hay perturbaciones transitorias, es posible encender y apagar el equipo eléctrico o las luces fluorescentes que están en las cercanías mientras se vigila el sistema afectado.

Se puede obtener información útil analizando cuándo comenzó la interferencia electromagnética, si se producen periodos de ruido y de silencio, si alguien ha instalado un nuevo computador personal, un aparato de telefax, una nevera, una cafetera, etc., o si algún aparato eléctrico no funciona bien en el centro de telecomunicaciones y también qué cambios se han hecho en la ruta de los cables (por ejemplo, instalación de una valla electrificada).

### **II.3 Lista de control para solucionar los problemas**

La siguiente lista de control ofrece propuestas de costos muy variados. Se debería siempre encontrar la causa del problema para poder aplicar la mejor solución en lo técnico y lo económico.

Problemas en un solo teléfono:

- Conexión deficiente: Limpiar las conexiones sucias o corroídas.
- Aislamiento dañado: Reemplazarlo.
- Protectores de sobretensión defectuosos: Reemplazarlos.
- Demodulación en el aparato telefónico: Ver si se utiliza un aparato telefónico de buena calidad; reemplazarlo o instalar un filtro de derrame.
- Corrientes en modo común en la línea de abonado: Instalar un filtro de derrame.

Problemas en la red de telecomunicaciones:

- Puesta a tierra y conexión equipotencial deficiente: Verificar que se han seguido las recomendaciones sobre la conexión equipotencial; controlar su continuidad; limpiar las conexiones sucias, corroídas o pintadas; verificar que el mecanismo de puesta a tierra sigue siendo estable.
- No hay conexión equipotencial con el blindaje del cable: Efectuar la reparación.

- Problemas de acoplamiento en modo diferencial (par trenzado): Minimizar el destrenzado en las conexiones cruzadas. Reemplazar tramos de cable si se encuentra que la simetría es deficiente.
- Contactos de tierra deficientes: Verificar que las superficies de contacto no estén pintadas o corroídas y que no haya material extraño (por ejemplo, cinta) entre las superficies de contacto.
- Corrientes en modo común en los cables: Aplicar bobinas de autoinducción u otras medidas de mitigación; escoger cables adecuadamente blindados; reencaminar los cables afectados.
- Tarjeta de circuitos averiada: Reemplazar las tarjetas de circuitos una a una y vigilar las interferencias.
- Demasiada proximidad: Alejar el equipo del que se sospecha.
- Apantallamiento insuficiente: Aplicar un apantallamiento a nivel del equipo, del edificio o del cable entrante.

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
<b>Serie K</b>	<b>Protección contra las interferencias</b>
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación