



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**CCITT**

**K.27**

COMITÉ CONSULTIVO  
INTERNACIONAL  
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

**PROTECCIÓN CONTRA  
LAS PERTURBACIONES**

---

**CONFIGURACIONES DE CONTINUIDAD  
ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA  
DENTRO DE LOS EDIFICIOS  
DE TELECOMUNICACIÓN**

**Recomendación K.27**

---



Ginebra, 1991

## PREFACIO

El CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (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 Asamblea Plenaria del CCITT, que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiarse y aprueba las Recomendaciones preparadas por sus Comisiones de Estudio. La aprobación de Recomendaciones por los miembros del CCITT entre las Asambleas Plenarias de éste es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 2 del CCITT (Melbourne, 1988).

La Recomendación K.27 ha sido preparada por la Comisión de Estudio V y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 2 el 18 de marzo de 1991.

---

## NOTA DEL CCITT

En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una Administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación de telecomunicaciones reconocida.

© UIT 1991

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.

## Recomendación K.27

### CONFIGURACIONES DE CONTINUIDAD ELÉCTRICA Y PUESTA A TIERRA DENTRO DE LOS EDIFICIOS DE TELECOMUNICACIÓN

#### 1 Introducción

El Manual del CCITT sobre «Puesta a tierra de las instalaciones de telecomunicación» [1] trata el tema de la elevación del potencial que se produce en los edificios de telecomunicación y la reducción de la correspondiente caída de tensión mediante una combinación de electrodos de tierra permanentes y ocasionales. Ahora bien, al pasarse de los sistemas de telecomunicación analógicos a los complejos sistemas digitales se ha visto que las técnicas de puesta a tierra utilizadas en el pasado resultan inadecuadas en diversos aspectos, lo que ha reavivado el interés por las técnicas de continuidad eléctrica y de puesta a tierra así como por sus repercusiones en la compatibilidad electromagnética (CEM). Esto hace necesaria una Recomendación del CCITT sobre las configuraciones de continuidad eléctrica y la puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicaciones.

En el campo de la CEM, deben satisfacerse las reglamentaciones que limitan las radiaciones electromagnéticas y, para que su calidad de funcionamiento resulte aceptable, los equipos deben tener un cierto grado de inmunidad. Para lograr la compatibilidad electromagnética se puede recurrir a la construcción de una red o estructura conductora de apantallamiento puesta a tierra, de carácter común (la red de continuidad eléctrica común, o RCEC). La RCEC es la red principal de continuidad eléctrica y puesta a tierra de un edificio, pero se la puede ampliar por medio de estructuras de apantallamiento jerarquizadas, dotadas de conexiones «puntuales» con la RCEC. Estas estructuras con un solo punto de conexión se denominan, en lo que sigue, redes de continuidad eléctrica aisladas (RCEA). En un edificio de telecomunicación, la red de continuidad eléctrica y puesta a tierra adopta la forma de una RCEC, a la que se conectan los equipos mediante múltiples conexiones (red de continuidad eléctrica en malla, o RCEM) o mediante una conexión monopunto (RCEA). La elección de la configuración de unión eléctrica influye mucho en la responsabilidad por el logro de la CEM. Una configuración de continuidad eléctrica bien definida permite una puesta a tierra clara y estructurada de los cables y facilita la inmunidad y el control de las radiaciones electromagnéticas, lo que resulta especialmente importante en los edificios que contienen equipos nuevos y otros más antiguos. En el § 6 y en el anexo A se comparan estos métodos (RCEM y RCEA), con inclusión de sus características en función de la frecuencia. En su función de blindaje, la red de continuidad eléctrica y puesta a tierra garantiza la seguridad del personal y la protección contra el rayo, y ayuda a controlar la descarga electrostática (DES).

Desde la publicación del Manual sobre puesta a tierra en 1976, se han creado varias configuraciones diferentes de continuidad eléctrica y puesta a tierra, por lo que es conveniente fomentar la normalización en este campo definiendo versiones genéricas de dichas configuraciones. Estas, pese a ser diferentes, tienen muchos aspectos importantes en común, aspectos que se examinan en la presente Recomendación. Además, se presentan tres configuraciones a modo de ejemplo.

#### 2 Campo de aplicación

La experiencia en la explotación de centros de telecomunicaciones muestra que una red de continuidad eléctrica y puesta a tierra, coordinada con las características del equipo y con los dispositivos de protección eléctrica, tiene los siguientes efectos:

- aumenta la seguridad del personal y reduce el peligro de incendio;
- hace posible la señalización con retorno por tierra;
- minimiza las interrupciones del servicio y los daños causados al equipo;
- minimiza las emisiones electromagnéticas radiadas y conducidas;
- reduce la sensibilidad a las emisiones electromagnéticas radiadas y conducidas;
- aumenta la tolerancia de los sistemas a las descargas de energía electrostática y a las interferencias causadas por el rayo.

Dentro de este marco, la presente Recomendación:

- a) constituye una guía con respecto a la continuidad eléctrica y la puesta a tierra del equipo de telecomunicación de las centrales telefónicas y de los centros similares de conmutación de telecomunicación;
- b) es conforme con los requisitos de seguridad establecidos por la CEI [2] o por los órganos de normalización nacionales para las instalaciones de suministro de energía eléctrica en corriente alterna (c.a.);
- c) puede utilizarse a la hora de instalar nuevos centros de telecomunicación y, de ser posible, al ampliar y reemplazar sistemas en centros existentes;
- d) trata de la coordinación con la protección externa contra el rayo, pero sin detallar las medidas de protección específicas de los edificios de telecomunicaciones;
- e) trata el tema del apantallamiento ofrecido por los elementos del edificio;
- f) trata el tema del apantallamiento ofrecido por los armarios de equipos, las bandejas de cables y los blindajes de los cables;
- g) fomenta una planificación adecuada de la CEM, en la que conviene incluir los medios de continuidad eléctrica y puesta a tierra previstos a efectos de las pruebas y diagnósticos de periódicos de las instalaciones;
- h) no incluye:
  - los valores exigidos de inmunidad a las corrientes de choque ni las tensiones soportadas por los aislamientos;
  - los límites de emisión electromagnética radiada o conducida ni la inmunidad a la misma;
  - las técnicas utilizadas para verificar y mantener las redes de continuidad eléctrica y puesta a tierra.

### **3 Definiciones**

Por razones de uniformidad, en la presente Recomendación se emplean las definiciones ya adoptadas por la CEI [3] en materia de puesta a tierra. Las mismas aparecen en el § 3.1. En el § 3.2 figuran las definiciones ajenas a la CEI, relacionadas con las instalaciones de telecomunicación.

#### **3.1 Definiciones de la CEI**

Las definiciones que aparecen a continuación están tomadas de la publicación 50 de la CEI [3]. La expresión «red de puesta a tierra» se define en el capítulo 604, y todas las demás en el capítulo 826.

##### **3.1.1 tierra**

Masa conductora de la tierra, cuyo potencial eléctrico en cualquier punto se considera, por convenio, igual a cero. (A veces se utiliza el término «masa» en lugar de «tierra».)

##### **3.1.2 electrodo de tierra**

Parte conductora o grupo de partes conductoras en contacto directo con la tierra y que proporciona una conexión eléctrica con ésta.

##### **3.1.3 red de puesta a tierra**

Parte de una instalación de puesta a tierra limitada a los electrodos de tierra y sus interconexiones.

##### **3.1.4 terminal principal de puesta a tierra**

Terminal o barra para la conexión a los medios de puesta a tierra de los conductores de protección, incluidos los conductores de continuidad eléctrica equipotencial y, en su caso, los conductores para la puesta a tierra funcional.

### 3.1.5 **conductor de puesta a tierra**

Conductor de protección que conecta el terminal (o la barra) principal de puesta a tierra con el electrodo de tierra.

### 3.1.6 **continuidad eléctrica equipotencial**

Conexión eléctrica que pone diversas partes conductoras expuestas y las partes conductoras externas a un potencial prácticamente igual.

### 3.1.7 **conductor de continuidad eléctrica equipotencial**

Conductor de protección utilizado para realizar la continuidad eléctrica equipotencial.

### 3.1.8 **conductor neutro (N); neutro**

Conductor, conectado al punto neutro de un sistema, capaz de contribuir a la transmisión de energía eléctrica.

### 3.1.9 **conductor de protección (CP)**

Conductor exigido por ciertas medidas de protección contra choques eléctricos, que conecta eléctricamente cualquiera de las partes siguientes:

- partes conductoras expuestas;
- partes conductoras externas;
- terminal principal de puesta a tierra;
- electrodo de tierra;
- punto puesto a tierra de la fuente o del neutro artificial.

### 3.1.10 **conductor CPN**

Conductor puesto a tierra que combina las funciones de conductor de protección y conductor neutro.

## 3.2 *Definiciones relativas a las instalaciones de puesta a tierra de telecomunicaciones*

### 3.2.1 **red de continuidad eléctrica (RCE)**

Conjunto de estructuras conductoras interconectadas que ofrece un apantallamiento electromagnético a los sistemas electrónicos y al personal en frecuencias que van desde corriente continua hasta la parte inferior de la gama de radiofrecuencias. La expresión «apantallamiento electromagnético» se refiere a toda estructura utilizada para desviar, bloquear o impedir el paso de energía electromagnética. En general, una RCE no tiene que estar conectada necesariamente a tierra, pero todas las RCE consideradas en la presente Recomendación tienen una conexión a tierra.

Las definiciones de los tipos de RCE que figuran a continuación están ilustradas en la figura 1/K.27.

### 3.2.2 **red de continuidad eléctrica común (RCEC)**

Medio principal para conseguir la continuidad eléctrica y la puesta a tierra de un edificio de telecomunicación. Es el conjunto de componentes metálicos que se interconectan deliberada u ocasionalmente para formar la RCE principal de un edificio. Estos componentes son las vigas o varillas de hierro del cemento armado del edificio, las tuberías metálicas, los conductos de cables de energía eléctrica en alterna, los conductores de protección, los bastidores de cables y los conductores de continuidad eléctrica. La RCEC tiene siempre una topología de malla y está conectada a la red de puesta a tierra.

### 3.2.3 **RCE en malla (RCEM)**

Red de continuidad eléctrica en la que todos los armazones, bastidores y armarios de equipo así como, por lo general, el conductor de retorno de energía eléctrica en continua, están unidos eléctricamente entre sí y, en múltiples puntos, con la RCEC. En consecuencia, una RCE en malla amplía la RCEC. Véase el diagrama e) de la figura 1/K.27.

### 3.2.4 **red de continuidad eléctrica aislada (RCEA)**

Una red de continuidad eléctrica tiene un solo punto de conexión (CMP) ya sea con la red de continuidad eléctrica común o con otra red de continuidad eléctrica aislada. Todas las RCEA consideradas en la presente Recomendación tienen una conexión a tierra a través de la CMP. Véanse los diagramas c) y d) de la figura 1/K.27.

### 3.2.5 **conexión monopunto (CMP)**

Punto único de una RCEA en el que se efectúa la conexión con la RCEC. En realidad, la CMP no es un «punto» sino que tiene, por fuerza, las dimensiones suficientes para albergar la conexión de los conductores. La CMP suele adoptar la forma de una barra colectora de cobre. Si a la CMP deben conectarse hilos pantalla de cables o conductores externos de coaxiales, la CMP puede consistir en un entramado, con una estructura de rejilla u hojas metálicas.

### 3.2.6 **ventana de CMP (VCMP)**

Interfaz o región de transición entre una RCEA y la RCEC. Su longitud máxima es por lo general de dos metros. La barra colectora de CMP (BCMP), o trama, se encuentra dentro de esta región y sirve de interfaz entre la RCEA y la RCEC. Los conductores (por ejemplo, hilos pantalla de cables o conductores de retorno de continua) que entran en un bloque del sistema y se conectan a la RCEA de éste deberán entrar por la VCMP y conectarse a la barra colectora o tramado de la CMP. Véanse los diagramas c) y d) de la figura 1/K.27.

### 3.2.7 **RCEA en malla**

Tipo de RCEA cuyos componentes (por ejemplo, armazones de equipo) están interconectados de forma similar a una malla. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante una serie de interconexiones entre las hileras de armarios o la conexión de todos los armazones de equipo a una rejilla metálica (una «estera de continuidad eléctrica») tendida por debajo de los equipos. Esta estera de continuidad eléctrica, como es natural, está aislada de la RCEC adyacente. De ser necesario, la estera de continuidad eléctrica puede tener prolongaciones verticales, con lo que se asemejaría a una jaula de Faraday. La separación entre sus hilos se elige en función de la gama de frecuencias del entorno electromagnético. Véase el diagrama d) de la figura 1/K.27.

### 3.2.8 **RCEA en estrella**

Tipo de RCEA que comprende varias RCEA agrupadas o jerarquizadas que comparten una CMP común. Véase el diagrama c) de la figura 1/K.27.

### 3.2.9 **bloque de sistema**

Todos los equipos cuyos armazones y partes conductoras conexas forman una RCE definida.

### 3.2.10 **retorno en continua aislado (c.c.-A)**

Sistema de alimentación de energía en continua cuyo conductor de retorno tiene una conexión monopunto con una RCE. Puede haber configuraciones más complejas, véase el § 5.2.

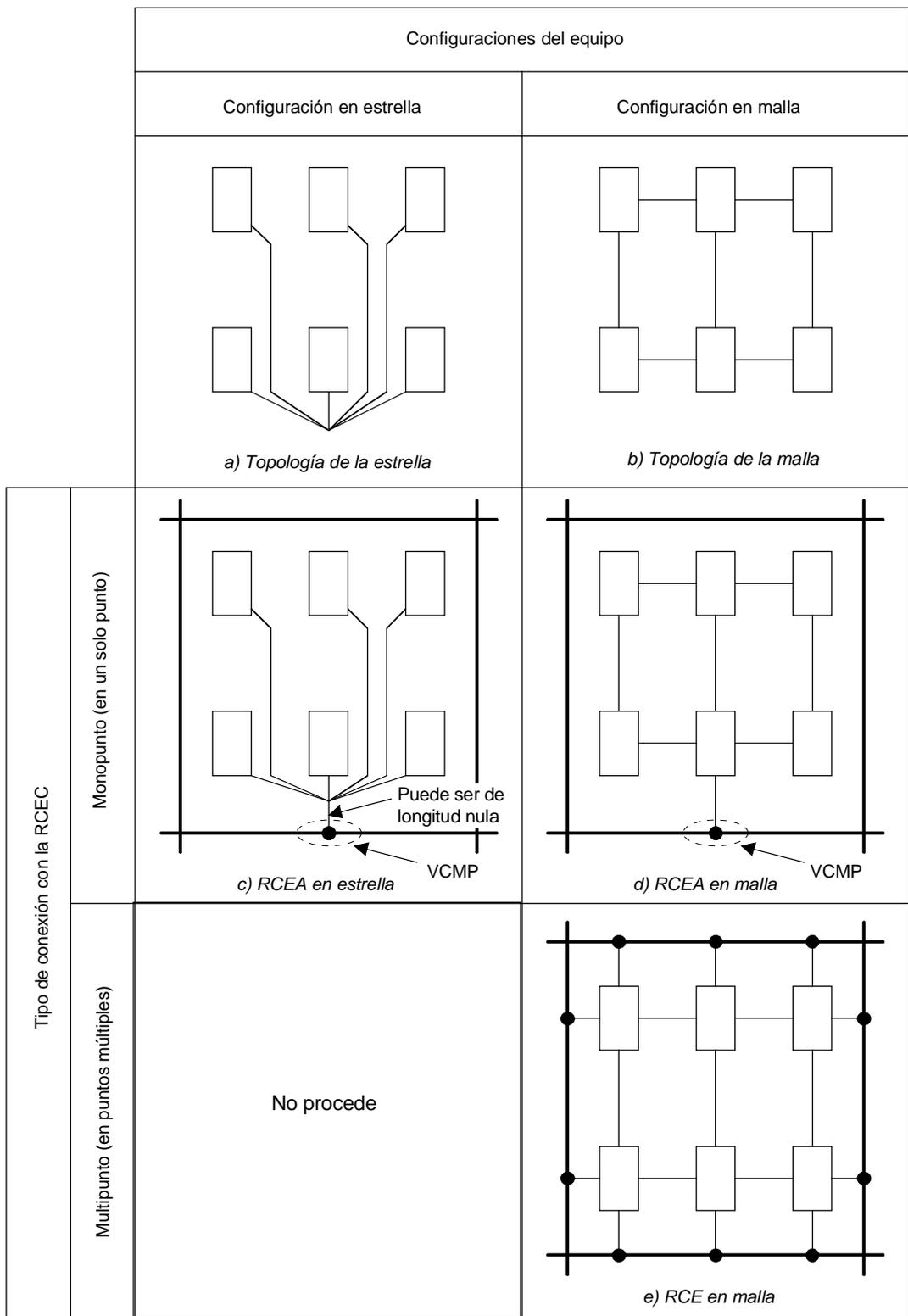
### 3.2.11 **retorno en continua común (c.c.-C)**

Sistema de alimentación de energía en continua cuyo conductor de retorno está conectado a la RCE circundante en muchos sitios. Esta RCE puede ser una RCE en malla (con lo que se tiene un sistema c.c.-C-RCEM) o una RCEA (con lo que se tiene un sistema c.c.-C-RCEA). Puede haber configuraciones más complejas, véase el § 5.2.

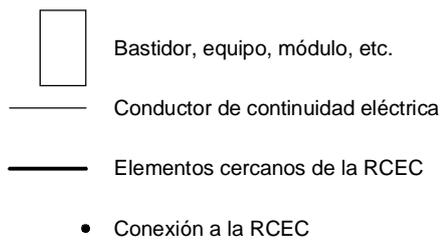
## **4 Principios de la continuidad eléctrica y la puesta a tierra**

### 4.1 *Resumen de la teoría*

La continuidad eléctrica y la puesta a tierra se refieren a la construcción y mantenimiento de redes de continuidad eléctrica (RCE) y su conexión a tierra. En la presente Recomendación, la sigla RCE implica la existencia de una conexión a tierra. Asimismo, RCE designa colectivamente las RCEC y las RCEA.



T0505770-91



- RCE Red de continuidad eléctrica
- RCEC Red de continuidad eléctrica común
- RCEA Red de continuidad eléctrica aislada
- VCMP Ventana de conexión monopunto

FIGURA 1/K.27

**Conexión de las configuraciones de equipo a la RCEC**

El principal objeto de una RCE es proteger a las personas y el equipo de los efectos adversos de la energía electromagnética en las frecuencias comprendidas entre la corriente continua y la parte inferior de la gama de radiofrecuencias. Las fuentes usuales de esta energía son las descargas atmosféricas y los fallos (faltas) de las líneas de alimentación en alterna y en continua. Otras, de importancia generalmente menor, son las fuentes casi estacionarias, tales como los armónicos de la red de energía en alterna, y las «fuentes de función», tales como las señales de reloj de los equipos digitales. Todas estas fuentes se denominarán, en forma genérica, «emisores», mientras que las personas y los equipos que sufren los efectos de la energía procedente de los emisores se denominarán «susceptores». El acoplamiento entre un determinado emisor y un determinado susceptible puede caracterizarse por una función de transferencia. La finalidad de una RCE es reducir la magnitud de la función de transferencia a un nivel aceptable. Esto puede conseguirse por medio de un diseño adecuado de la RCEC y de las RCEM y las RCEA unidas a aquélla. En el anexo A se examinan los aspectos teóricos y cuantitativos, mientras que los aspectos prácticos se exponen a continuación.

Otra función de la RCE consiste en hacer las veces de conductor «de retorno» en ciertas aplicaciones de señalización y de trayecto para las corrientes de fallo de las líneas de energía eléctrica. La capacidad de la RCE de absorber grandes corrientes ayuda a desenergizar rápidamente los circuitos de energía con falta. Además, la RCE y su conexión a tierra se utilizan para la señalización con «retorno por tierra» (véase el § 4.5).

## 4.2 Principios relativos a la realización

### 4.2.1 Principios de realización de la RCEC

Los conceptos teóricos expuestos en el anexo A están confirmados por la experiencia práctica y conducen a los principios generales que a continuación se indican. Una consecuencia de la aplicación de estos principios es un aumento del número de conductores e interconexiones de la RCEC, hasta que se consigue el apantallamiento adecuado. En lo que respecta al problema importante de los choques eléctricos, los principios de realización siguientes contribuyen tanto a mitigar los choques eléctricos como a reducir el funcionamiento incorrecto del equipo. El tema de los choques eléctricos se examina con más detalle en el § 4.3.

- a) Todos los elementos de la RCEC deberán estar interconectados. Es muy conveniente que existan interconexiones múltiples, en forma de malla tridimensional. Aumentando el número de conductores de la RCEC y sus interconexiones, aumenta la capacidad de apantallamiento de la RCEC así como el límite superior de frecuencia de dicha capacidad.
- b) Es conveniente que los puntos de salida de todos los conductores que salen del edificio (incluido el conductor de puesta a tierra) estén muy cercanos entre sí. También conviene que estén próximas entre sí las entradas de energía en alterna, las entradas de cables de telecomunicación y el punto de entrada del conductor de puesta a tierra.
- c) Debe disponerse de un terminal principal de puesta a tierra, situado lo más cerca posible de las entradas de alimentación en alterna y de los cables de telecomunicación. El terminal principal de puesta a tierra estará conectado a:
  - uno o varios electrodos de puesta a tierra mediante un conductor lo más corto posible;
  - el conductor neutro del sistema de alimentación en alterna (en los sistemas «TN»);
  - las pantallas de los cables (en el punto de entrada de cables), ya sea directamente o a través de descargadores o de condensadores si así lo exigen los problemas de corrosión.
- d) La RCEC deberá estar conectada al terminal principal de puesta a tierra. Es deseable que existan múltiples conductores entre la RCEC y dicho terminal.
- e) Dada su contribución a la capacidad de apantallamiento de la RCEC, es importante la interconexión de los siguientes elementos de la RCEC:
  - 1) las partes metálicas de la estructura del edificio, incluidas las vigas en doble T y el armado del hormigón, cuando se tenga acceso a ellas;
  - 2) los soportes y bandejas de cables, bastidores, canalizaciones de conductores y conductos de las líneas de alimentación en alterna.

- f) Se reduce en general el acoplamiento de descargas al cableado de interior (de señales o de alimentación) tendiendo los cables próximos a los elementos de la RCEC. Ahora bien, si existen fuentes externas de descargas, las corrientes de la RCEC tenderán a ser mayores en sus conductores periféricos. Esto ocurre, sobre todo, en los conductores de bajada de los pararrayos. Por esta razón conviene evitar el tendido de cables por la periferia del edificio. Cuando ello resulte inevitable, puede ser necesario instalar canalizaciones metálicas que encierren completamente los cables. Por lo general, el efecto de apantallamiento de las bandejas de cables, etc. resulta especialmente útil, y las canalizaciones o conductos metálicos que encierran completamente los cables ofrecen un apantallamiento casi perfecto.
- g) En los edificios altos con armazón de acero, puede sacarse partido del apantallamiento que ofrece este armazón contra las descargas directas de rayos. Los cables que corren entre las plantas del edificio tendrán un apantallamiento máximo si se los sitúa cerca del centro de éste, si bien, como se desprende de lo anterior, los cables encerrados en conductos metálicos pueden estar situados en cualquier parte.
- h) Cuando existe una protección primaria contra sobretensiones [4] en los hilos de telecomunicación, la misma debe tener una conexión de baja impedancia con la pantalla de los cables, de haberla, y también con la RCEC circundante.
- i) Conviene instalar dispositivos de protección contra sobretensiones en la entrada de la alimentación en alterna si el edificio de telecomunicación está situado en una región en la que las líneas de energía eléctrica están expuestas a descargas de rayos. Dichos dispositivos deben conectarse con una baja impedancia a la RCEC.
- j) Cuando en un trayecto de protección de la RCEC haya uniones mecánicas cuya continuidad eléctrica sea dudosa, se las deberá puentear mediante hilos volantes que puedan ser verificados por los inspectores. Estos hilos volantes se conformarán a las normas de seguridad de la CEI. En las aplicaciones de CEM, sin embargo, los hilos volantes deben tener baja impedancia.
- k) La RCEC facilita la continuidad eléctrica de las pantallas de cables o de los conductores exteriores de los coaxiales en ambos extremos, al proporcionar un trayecto de baja impedancia en paralelo y en las proximidades de las pantallas de cables y de los conductores exteriores. Así, la mayor parte de la corriente producida por diferencias de potencial pasa por los elementos altamente conductores de la RCEC. La desconexión de la pantalla de un cable con fines de inspección debe tener un efecto lo más pequeño posible en la distribución de corrientes de la RCEC.

#### 4.2.2 Principios de realización de la REC en malla

Una REC en malla se caracteriza por la interconexión en numerosos puntos de los armarios y bastidores de los equipos de telecomunicación y otros equipos eléctricos así como por las múltiples interconexiones con la RCEC.

Si el conductor exterior de una interconexión de cable coaxial entre equipos de la REC en malla tiene varias conexiones con la RCEC, puede necesitar un apantallamiento suplementario. Si el apantallamiento que ofrece una bandeja de cables es insuficiente, se puede conseguir un apantallamiento adicional utilizando un cable coaxial apantallado (tipo «triax»), canalizaciones o conductos cerrados.

Los métodos de continuidad eléctrica, por orden creciente de calidad en materia de compatibilidad electromagnética (CEM), son la fijación atornillada, la soldadura por puntos y la costura soldada. El mayor nivel de apantallamiento para la CEM, lo ofrecen los armarios de equipo y los recintos de hoja metálica instalados dentro de estos armarios.

Una medida de eficacia comprobada para contrarrestar la emisión o recepción indeseables de energía electromagnética, sobre todo en alta frecuencia, es una pantalla que rodee totalmente el circuito electrónico afectado. La eficacia del apantallamiento de los cables, en particular cuando el mismo constituye una prolongación de los armarios, depende de su material, de su disposición geométrica y, en especial, de su conexión a los paneles del armario en que termina el apantallamiento.

Resulta fácil añadir apantallamiento a una REC de malla. Puede ser necesario un apantallamiento suplementario si, por ejemplo, se instala en las cercanías un emisor de radiodifusión.

En algunas situaciones quizás resulte útil aumentar la RCEM conectando todos los armazones del equipo de un bloque de sistema a una rejilla conductora (una estera de continuidad eléctrica) situada por encima o por debajo de una serie de armarios de equipos. Esta utilización facultativa de una estera de continuidad eléctrica se representa en la figura B-1/K.27.

#### 4.2.3 *Principios de realización de la RCEA*

La principal característica de una RCEA es que, exceptuada su conexión monopunto, está aislada de la RCEC que la circunda, cuando los conductores que penetran en el bloque de sistema lo hacen a través de la región de transición situada entre la RCEA y la RCEC (véase la definición de VCMP).

Dentro de los límites de una RCEA, la importancia de las interconexiones múltiples entre los armarios y bastidores, etc. depende de la interconexión de los circuitos de distribución de energía eléctrica en continua y de señales. Por ejemplo, si el conductor de retorno del sistema de energía en continua tiene múltiples conexiones con los armazones de los armarios, es deseable una interconexión múltiple de estos armazones y armarios, pues ello tenderá a reducir el acoplamiento de descargas en caso de fallo de la alimentación en continua en el equipo que está dentro de la RCEA.

En lo que respecta a la pantalla de los cables de pares trenzados, si una pantalla queda en circuito abierto en el extremo que termina en el equipo de la RCEA mientras que el otro extremo está conectado a la RCEC, las descargas que se produzcan en esta última pueden producir descargas inducidas en modo común en los pares del cable en cuestión. Si dichos pares terminan en dispositivos que pueden funcionar correctamente en presencia en tensiones de modo común en régimen permanente (por ejemplo, aisladores ópticos, transformadores o dispositivos de protección contra descargas) y estos dispositivos pueden soportar también descargas en modo común, puede resultar ventajoso el apantallamiento electrostático que ofrece una pantalla en circuito abierto.

En un cable coaxial, el conductor exterior termina, por fuerza, en los circuitos de interfaz de cada extremo. Para aislar el conductor exterior pueden utilizarse circuitos de interfaz que comprendan transformadores y aisladores ópticos. Si un cable apantallado o una guía de ondas entra en la RCEA desde la RCEC, la estrategia generalmente más eficaz consiste en conectar cada extremo del apantallado o de la guía al armazón del equipo y establecer una conexión equipotencial entre el apantallamiento o la guía y la conexión monopunto.

#### 4.3 *Protección contra choques eléctricos*

Una REC densamente interconectada, junto con su conexión a tierra, reduce fundamentalmente la posibilidad de que aparezcan tensiones importantes entre elementos metálicos adyacentes. No obstante, es necesario tomar medidas suplementarias, sobre todo con respecto a la distribución de energía en alterna (véase el § 5.1). En [2], la CEI examina la protección contra los choques eléctricos, y las instalaciones deben ajustarse a sus recomendaciones.

#### 4.4 *Protección contra el rayo*

Una RCEC conforme a lo indicado en el § 4.2.1 debería ofrecer normalmente un apantallamiento adecuado contra los choques debidos al rayo que lleguen al edificio por conductores tales como pantallas de cables o líneas de distribución de energía eléctrica. Pero si el edificio recibe directamente un rayo, la RCEC podría no ofrecer un apantallamiento suficiente. En consecuencia, los edificios sin armazón de acero o refuerzos metálicos pueden requerir una protección externa contra el rayo, sobre todo si tienen una torre de radiocomunicaciones sobre el tejado. En lo que respecta a la protección contra los efectos de las descargas directas de rayos en los edificios, véase [5]. Cuando sea necesario reducir aún más los riesgos, estas medidas de protección pueden tener que mejorarse, por ejemplo, mediante capas conductoras de tejado, una menor separación de los conductores de bajada, la interconexión del armado del hormigón y la interconexión de los elementos metálicos de la fachada. Es conveniente que todos los elementos conductores de los servicios, como por ejemplo los cables y tuberías, entren al edificio por un mismo sitio y estén muy cercanos entre sí.

#### 4.5 *Puesta a tierra funcional*

En las técnicas de telecomunicación se utilizan a veces circuitos de señalización con retorno por tierra, por ejemplo, líneas con arranque por tierra, conexiones a tres hilos entre centrales, etc. El equipo interconectado por estos circuitos necesita una puesta a tierra funcional. La distancia que puede salvar la señalización viene determinada, de ordinario, por la resistencia del trayecto de corriente. La mayor parte de esta resistencia se debe a los electrodos de tierra. La calidad de funcionamiento de la red de puesta a tierra, con su terminal principal de puesta a tierra, suele ser suficiente para este tipo de señalización [1].

## 5 Distribución de energía

La distribución de energía en alterna y en continua en los edificios de telecomunicación debe tener una configuración que limite los acoplamientos con los circuitos de telecomunicación debidos a:

- la impedancia mutua entre conductores compartidos;
- el acoplamiento inductivo mutuo (sobre todo en condiciones de cortocircuito);
- las impedancias de las fuentes comunes.

### 5.1 *Distribución de energía en alterna*

Se recomienda que el sistema de distribución de energía en alterna de un edificio de telecomunicaciones sea del tipo «TN-S» especificado por la CEI en [2]. En consecuencia, no debe haber ningún conductor CPN dentro del edificio. Si el conductor neutro está unido al terminal principal de puesta a tierra, se le tratará, en los demás aspectos, como a los conductores de fase. Por ello, la red trifásica de un edificio de telecomunicación es, físicamente, una instalación a cinco hilos (L1, L2, L3, N, CP).

Se reconoce que se utilizan sistemas tanto de tipo TT como de tipo IT para la distribución pública de energía eléctrica. La presente Recomendación, sin embargo, no trata por completo la continuidad eléctrica y la puesta a tierra de tales sistemas. Si un edificio de telecomunicación está alimentado por una red de distribución del tipo TT o IT, la inserción de un transformador separador para dicho edificio permite respetar la instalación tipo TN-S recomendada. Se están estudiando otros métodos, sin empleo de transformadores separadores. Los sistemas de tipo IT quedan para ulterior estudio.

Para evitar las interferencias debidas a campos magnéticos generados por corrientes que circulan por los cables de energía eléctrica, se acostumbra separar por lo menos 10 cm los cables de telecomunicación de los cables de energía no blindados, aun si ambos tienen un apantallamiento parcial gracias a una estructura metálica de soporte conforme a las recomendaciones en esta materia.

### 5.2 *Distribución de energía en continua*

En los edificios de telecomunicación, la energía eléctrica en continua se distribuye generalmente desde una planta centralizada de energía en continua, cuyo terminal positivo está conectado a la RCEC. Se elige esta polaridad a fin de reducir al mínimo los problemas de corrosión en la planta exterior de cables. Puede haber excepciones en el caso de ciertos sistemas de transmisión.

La red de retorno de energía en continua puede estar conectada a las RCE circundantes en un solo punto. Este sistema se denominará «sistema de retorno en continua aislado» (c.c.-A).

El retorno en continua puede también estar conectado a la RCE en múltiples puntos (en cuyo caso circulará una corriente continua por la RCE). Este sistema se denominará «retorno en continua común a una RCE» y se designará por «c.c.-C-RCE». Las configuraciones típicas son la c.c.-C-RCEC (retorno en continua común a la RCEC) y la c.c.-C-RCEA (retorno en continua común únicamente a una RCEA). Asimismo, el retorno en continua puede, por ejemplo, atravesar tanto la RCEC como una RCEA y ser común a la RCEC pero estar aislado de la RCEA. Este caso se designa por c.c.-C-RCEC:c.c.-A-RCEA. Estas configuraciones se examinan en el anexo B. Se utilizan también métodos de interconexión más complejos entre las RCE y los retornos en continua.

La ventaja de un sistema c.c.-C-RCE es que no puede soportar un modo común de alimentación en continua, por lo que no puede producirse ningún acoplamiento indeseado por conducto de este modo. Por otra parte, habrá un acoplamiento entre la RCE y la alimentación en continua. La ventaja del sistema c.c.-A-RCE es que impide el acoplamiento entre la RCE y la alimentación en continua, pero como soporta un modo común, puede dar lugar a un acoplamiento indeseado. La elección entre estos dos sistemas depende de la estrategia global de diseño. Seguidamente se formulan algunas recomendaciones.

Puede utilizarse la alimentación c.c.-C-RCEC en los sistemas en que se haya reducido al mínimo el acoplamiento entre la alimentación en continua y la RCEC mediante las disposiciones siguientes:

- los conductores de alimentación en continua tienen una gran sección, lo que les permite dejar pasar corrientes elevadas con una elevación mínima de la temperatura;
- la caída de tensión para la corriente de carga máxima es pequeña;
- la impedancia de la fuente es baja, al igual que la impedancia mutua entre las ramas del sistema de alimentación en continua.

La utilización de alimentación en continua aislada (c.c.-A) da lugar a un acoplamiento mucho menor entre la alimentación en continua y la RCEC, y es preferible en las redes de distribución en continua que poseen:

- cargas en más de un sistema de equipo electrónico (es decir, batería de acumuladores compartida), y
- cargas sensibles a los fenómenos transitorios que se producen en condiciones de cortocircuito.

## **6 Comparación de las configuraciones RCEA y RCE de malla**

La instalación del equipo con una RCEA tiene la ventaja de que permite obtener un grado elevado de apantallamiento desde corriente continua hasta varias decenas de kHz o, quizás, centenares de kHz según las dimensiones de la RCEA (véase el § A.1.2). Esto se debe a que, en dicha gama de frecuencias, gracias a la conexión monopunto entre la RCEA y la RCEC, la corriente que circula entre estas dos redes es despreciable. Algunos conmutadores digitales están especialmente diseñados para la instalación en una RCEA.

Se utilizan actualmente redes RCEA tanto de malla como en estrella. En el § B.2 se describe una RCEA de malla que tiene la forma de una «estera de continuidad eléctrica», y en el § B.3 un sistema RCEA en estrella. También se utilizan, con resultados satisfactorios, redes RCEA de malla con interconexiones poco densas, y esta circunstancia se menciona en el § B.3.

Para limitar los riesgos de choque eléctrico entre una RCEA y la RCEC circundante, es necesario limitar las dimensiones de la RCEA (tanto en horizontal como en vertical). Debe imponerse un valor mínimo en cuanto al ancho de los pasadizos que forman la frontera entre la RCEA y la RCEC.

La utilización de una RCEA tiene como inconvenientes la restricción del encaminamiento de los cables y unos mayores gastos (en comparación con una RCE en malla) para mantener el aislamiento.

La instalación del equipo de una configuración RCE en malla tiene la ventaja de que los armazones del equipo pueden conectarse a la RCEC circundante sin restricción alguna. Tampoco impone ninguna restricción en cuanto al encaminamiento de los cables apantallados y de los cables coaxiales ni a la conexión de su apantallamiento o conductores exteriores a los armazones de los armarios. Si se coordina el diseño de la RCEC con la sensibilidad del equipo, la RCEC proporcionará apantallamiento desde corriente continua hasta varios MHz. La instalación de una RCE en malla tiene también ventajas desde el punto de vista del mantenimiento, conforme se expone en el punto siguiente.

Un inconveniente de la RCE en malla es que exige procedimientos de diseño cuantitativos y datos adecuados sobre la inmunidad del equipo.

## **7 Mantenimiento de las redes de continuidad eléctrica**

La RCE en malla ofrece la ventaja de que los cambios pequeños que se producen en la RCEC no tienen por lo general más que un efecto pequeño en su capacidad de apantallamiento. Además, cuando es necesario se puede obtener un apantallamiento suplementario introduciendo conductores adicionales (por ejemplo, conductores de continuidad eléctrica, bandejas de cables y conductos). Estas modificaciones resultan de ordinario fáciles de realizar.

Los sistemas RCEA son más difíciles de mantener porque los operarios que trabajan en ellos pueden producir interconexiones por inadvertencia entre la RCEA y la RCEC, violando así la conexión monopunto deseada, lo que puede dar lugar a corrientes de choque en la RCEA. Guarda estrecha relación con esto el mantenimiento de los sistemas de alimentación c.c.-A. Para facilitar la verificación de la conexión monopunto de un sistema c.c.-A, conviene efectuar esta conexión por medio de un conductor al que pueda fijarse un amperímetro de pinza para continua. Una corriente nula confirma que la conexión es monopunto.

Se recomienda efectuar verificaciones sistemáticas de todas las configuraciones de continuidad eléctrica y conexiones de puesta a tierra establecidas dentro de un edificio de telecomunicaciones.

## 8 Ejemplos de conexión de las configuraciones de equipos a la RCEC

La configuración de continuidad eléctrica utilizada depende del tipo del equipo que deba conectarse a la RCEC.

En el anexo B se presentan tres ejemplos, a saber:

- RCE en malla (véase el § B.1);
- RCEA en malla con estera de continuidad eléctrica (véase el § B.2);
- RCEA en estrella o en malla no densa con retorno de energía en continua aislado (véase el § B.3).

### ANEXO A

(a la Recomendación K.27)

#### Resumen de los fundamentos teóricos de las redes de continuidad eléctrica y puesta a tierra

##### A.1 Exposición general

Los conceptos teóricos fundamentales del apantallamiento se aplican a la totalidad del espectro electromagnético, que va desde la corriente continua hasta las frecuencias de la gama de microondas. La esencia de estos conceptos de base está representada por el modelo de circuito del diagrama a) de la figura A-1/K.27. Los términos «emisor» para calificar a las fuentes de energía y «susceptor» para designar los equipos (y personas) sensibles están tomados de un trabajo de Keiser [6]. En el diagrama citado,  $V_{em}$  es la representación en el dominio de frecuencia del emisor (por ejemplo, una transformada de Laplace o de Fourier) y  $Z_{em}$  es la impedancia de fuente del emisor. El susceptor está representado por su impedancia  $Z_{su}$ . La interacción electromagnética entre el emisor y el susceptor se modela por medio de una red bipuerto (puerto A con terminales A0 y A1, y puerto B con terminales B0 y B1). En el diagrama a) de la figura A-1/K.27, esta red (cuadripolo) está representada por una red en T, pero a menudo resulta útil una representación en  $\pi$ , así como un equivalente de Norton del emisor.

Si bien el diagrama a) de la figura A-1/K.27 es una simplificación de la realidad, suele ser un modelo adecuado para un par emisor-susceptor cualquiera. Además, puede servir de punto de partida cuando hace falta un modelo más complejo.

El diagrama a) de la figura A-1/K.27 ilustra los dos métodos principales utilizados para aumentar el apantallamiento del susceptor frente al emisor: el método del «cortocircuito» y el método del «circuito abierto». Es evidente que si  $Z_C$  es nulo, no puede llegar al susceptor ninguna energía del emisor  $V_{em}$ , y  $V_{su} = 0$ . La energía que sale del emisor es «reflejada por el cortocircuito» y se disipa en los componentes resistivos de  $Z_{em}$  y  $Z_A$ . (También puede volver energía hacia la fuente, pero esto es significativo aquí.) Análogamente, es evidente que si  $Z_A$  o  $Z_B$  tienen un valor infinito (es decir, circuito abierto), no llegará al susceptor ninguna energía del emisor (y de nuevo  $V_{su} = 0$ ). En tal caso, la energía que sale del emisor es reflejada por el circuito abierto. Supóngase que  $Z_B$  es el circuito abierto. En tal caso,  $Z_B = \infty$  y la energía se disipará en las partes resistivas de  $Z_{em}$ ,  $Z_A$  y  $Z_C$ . Obsérvese que, en general,  $V_{su}$  y todas las impedancias son función de la frecuencia.

El cuadripolo del diagrama a) de la figura A-1/K.27 (A1, A0, B1, B0) se denominará red de apantallamiento con respecto a un emisor y susceptor determinados. Si se considerase un emisor o susceptor diferente, se aplicarían nuevas funciones de impedancia  $Z_A$ ,  $Z_B$  y  $Z_C$ .

Una manera sumamente útil de caracterizar la red de apantallamiento es por medio de una función de transferencia en el dominio de la frecuencia. Aquí, la función de transferencia  $TI(\omega)$  se definirá ya sea como  $I_{su}(\omega)/V_{em}(\omega)$  o como  $V_{su}(\omega)/V_{em}(\omega)$ . Así pues,  $T(\omega)$ , conforme se define, es función de  $Z_{em}$  y de  $Z_{su}$  así como de  $Z_A$ ,  $Z_B$  y  $Z_C$ .

En resumen, para cada par emisor-susceptor existe una función de transferencia  $T(\omega)$  que caracteriza la red de apantallamiento.

Volviendo al tema de los métodos de apantallamiento, obsérvese que, en general, no es posible conseguir un cortocircuito y un circuito abierto perfectos, ya que aun las mejores realizaciones poseen inductancia y capacidad. En consecuencia, en lugar de un apantallamiento perfecto, lo más que se puede conseguir es una función de transferencia  $T(\omega)$  cuya magnitud sea inferior a un cierto valor estipulado dentro de una gama de frecuencias definida.

#### A.1.1 Aplicación a las RCE en general

En redes de continuidad eléctrica típicas, los componentes resistivos son pequeños y, por lo que se refiere a los fenómenos transitorios con espectros comprendidos en la gama de un 1 kHz a 1 MHz, la red de apantallamiento es principalmente inductiva. La representación general del diagrama a) de la figura A-1/K.27 se reduce, pues, al diagrama b) de la figura A-1/K.27. Como se menciona más arriba, los valores concretos de los componentes dependen del par emisor-susceptor considerado. Pero las inductancias  $L$  del diagrama b) de la figura A-1/K.27 son constantes: no son función de la frecuencia. Una observación de fundamental importancia es la siguiente: el hecho de aumentar el número de conductores e interconexiones de la RCE (especialmente en la región comprendida entre el emisor y el susceptor) reducirá, en general,  $L_C$  y, por consiguiente, reducirá la función de transferencia de la RCE para el par emisor-susceptor considerado. En el caso límite, el susceptor podría tener un blindaje casi perfecto si se lo encerrara en una hoja de metal ininterrumpida (es decir, en una jaula de Faraday).

Un susceptor puede caracterizarse por un «umbral de susceptibilidad»  $I_{sut}(\omega)$ , o  $V_{sut}(\omega)$ . Se supondrá que la excitación es sinusoidal, pero la teoría siguiente puede adaptarse también a la excitación impulsiva. A modo de ejemplo, considérese un susceptor constituido por un equipo cuyo armazón está conectado a la RCEC en varios puntos. Elíjase uno de estos puntos como punto de prueba y supóngase que la conexión con la RCEC en el punto de prueba está constituida por un conductor al que pueden fijarse transformadores de pinza para la excitación y la medición de la intensidad, y que la corriente en el punto de prueba es sinusoidal, de pulsación  $\omega$  y amplitud  $I_{su}(\omega)$ . [ $I_{su}(\omega)$  real y positiva.]

Supóngase que, para cada valor de  $\omega$ , hay una  $I_{sut}(\omega)$  tal que el equipo funciona normalmente con los valores de  $I_{su}(\omega)$  que satisfacen la condición:

$$I_{su}(\omega) < I_{sut}(\omega) \quad \text{para } \omega_1 < \omega < \omega_2$$

y funciona de una manera anormal con los valores de  $I_{su}(\omega)$  que no satisfacen esta condición. En tal caso,  $I_{sut}(\omega)$  es el umbral de susceptibilidad del equipo para la gama de frecuencias  $[\omega_1, \omega_2]$  y para el punto de prueba y la conexión considerados.

Asimismo, supóngase que se ha caracterizado el emisor correspondiente al caso más desfavorable (por ejemplo, sea  $V_{em}$  la correspondiente a ese caso más desfavorable); de esta manera, la red de continuidad eléctrica y puesta a tierra puede definirse cuantitativamente como sigue: para cada par emisor-susceptor considerado, la función de transferencia de la red debe satisfacer la condición:

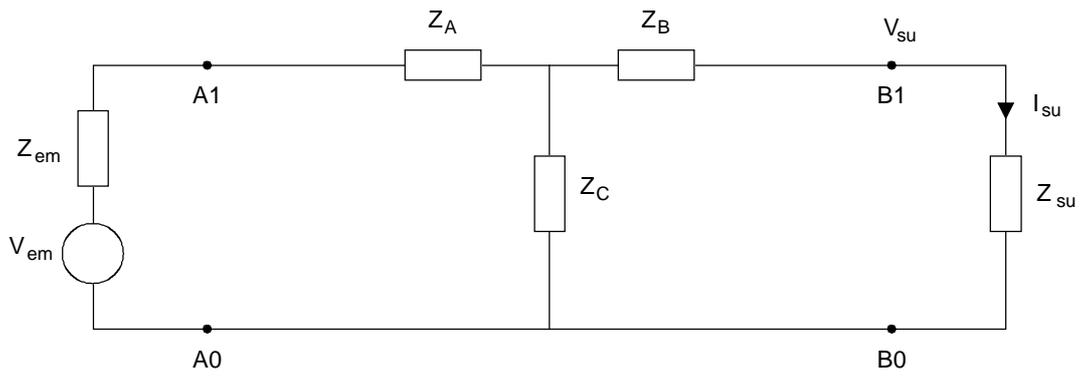
$$|T(\omega)V_{em}(\omega)| < I_{sut}(\omega) \quad \text{para } \omega_1 < \omega < \omega_2$$

donde  $\omega_1$  y  $\omega_2$  definen la gama de frecuencias de interés. Por lo general,  $\omega_1 \approx 0$  y  $\omega_2 \approx 1$  MHz.

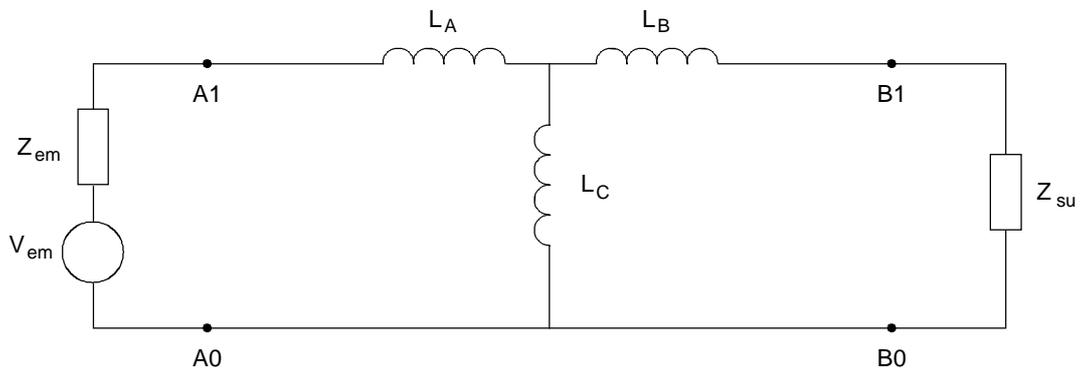
Obsérvese que el valor de  $I_{sut}(\omega)$  depende del punto de prueba elegido y de la configuración considerada de las interconexiones entre el equipo y la RCEC. Puede no ser válido si se modifica el equipo o sus interconexiones.

### A.1.2 *Algunas propiedades importantes de las RCEA*

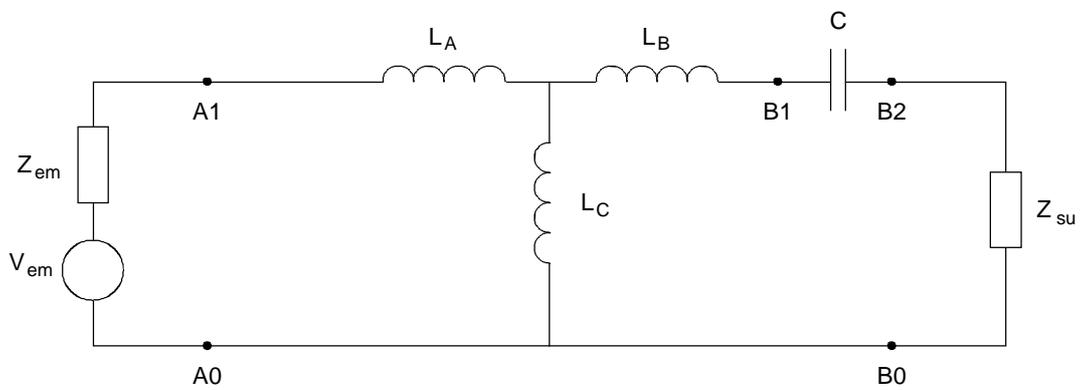
En las redes de continuidad eléctrica aisladas se emplea un método de circuito abierto. Ahora bien, dado que las RCEA se encuentran invariablemente en el interior de una RCEC circundante, habrá cortocircuitos y circuitos abiertos en cascada, como se ve en el diagrama c) de la figura A-1/K.27. En esta figura, el nodo B2 podría representar, por ejemplo, el armazón de un equipo ( $Z_{su}$ ) que está aislado, con excepción de una conexión monopunto con la RCEC en el nodo B0. El nodo B1 representa la totalidad de las partes metálicas de la RCEC inmediatamente circundante. El condensador C representa la capacitancia existente entre el armazón del equipo y la RCEC circundante. El diagrama c) de la figura A-1/K.27 muestra claramente que, en baja frecuencia,  $|T(\omega)|$  será pequeño (tiene un cero para  $\omega = 0$ ), pero que en una frecuencia lo suficientemente alta, habrá una o más resonancias, para las que  $|T(\omega)|$  tendrá máximos. En las proximidades de estas frecuencias de resonancia, el apantallamiento será mediocre. Si en esas regiones espectrales no hay emisores importantes o si el equipo posee en ellas un apantallamiento suplementario, no habrá funcionamiento incorrecto.



a) Modelo fundamental de apantallamiento



b) Modelo de apantallamiento para el acoplamiento en la RCEC



c) Modelo de apantallamiento para el acoplamiento RCEC-RCEA

T0505780-91

FIGURA A-1/K.27

## ANEXO B

(a la Recomendación K.27)

### Ejemplos de configuraciones de continuidad eléctrica

#### B.1 *RCE en malla*

Una RCE en malla (RCEM) es una RCE densamente interconectada en la que los armazones del equipo prolongan la RCEC. En este ejemplo, que se ilustra en la figura B-1/K.27, el sistema de alimentación de energía en continua es del tipo c.c.-C-RCEM.

##### B.1.1 *Elementos constitutivos de una RCE en malla*

Se recomienda que en las RCE en malla existan numerosas interconexiones entre los siguientes elementos conductores:

- armarios y bastidores de cables de telecomunicación y equipo periférico;
- armazones de todos los sistemas albergados en el edificio de telecomunicación;
- el conductor de protección (CP) de la instalación de alimentación en alterna del tipo TN-S;
- todas las partes metálicas que, de conformidad con las Publicaciones de la CEI [2], deben estar conectadas al conductor de protección CP;
- el terminal principal de puesta a tierra, incluidos los conductores de puesta a tierra y los electrodos de tierra;
- cada conductor de retorno de energía en continua, en toda su longitud.

La interconexión múltiple entre la RCEC y cada conductor de retorno en continua en toda su longitud es una característica usual de la configuración de RCE en malla. El conductor de retorno en continua de esta configuración puede también hacer las veces de conductor de protección (CP) en los sistemas que tienen cargas o enchufes en alterna, a condición de que su continuidad y fiabilidad se ajusten a las Publicaciones de la CEI [2].

##### B.1.2 *Objetivos generales de diseño*

Los requisitos de seguridad priman frente a cualquier otro requisito. Para garantizar la continuidad de los conductores de continuidad eléctrica se deberán utilizar métodos de conexión fiables, por ejemplo, unión a presión, soldadura, etc. Si existen varias maneras posibles de cumplir los requisitos de seguridad, se recurrirá siempre al que mejor respete los requisitos en materia de CEM.

###### B.1.2.1 *Instalaciones ajenas a las de telecomunicación*

Dentro de un edificio de telecomunicación, la instalación de energía eléctrica en alterna será, sin excepciones, del tipo TN-S [2]. Esto implica que, salvo en el terminal principal de puesta a tierra en el caso de una transición de TN-C a TN-S a la entrada del edificio, no deberá haber ninguna interconexión entre el conductor neutro (N) y el conductor de protección (CP) en ninguna parte del edificio, ni en el equipo conectado permanentemente ni en el equipo desenchufable.

###### B.1.2.2 *Equipos y sistemas de telecomunicación*

El equipo electrónico de telecomunicación viene provisto por lo general de una metalización que sirve de «referencia de potencial» y que recubre la superficie de las placas de circuito impreso (PCI). Si las PCI tienen conectores, se utiliza cierto número de patillas para la interconexión con el cableado y las tarjetas madre aislantes adyacentes. En este interfaz comienza la interconexión con la RCE de malla a través de los armazones del equipo, los bastidores, etc.

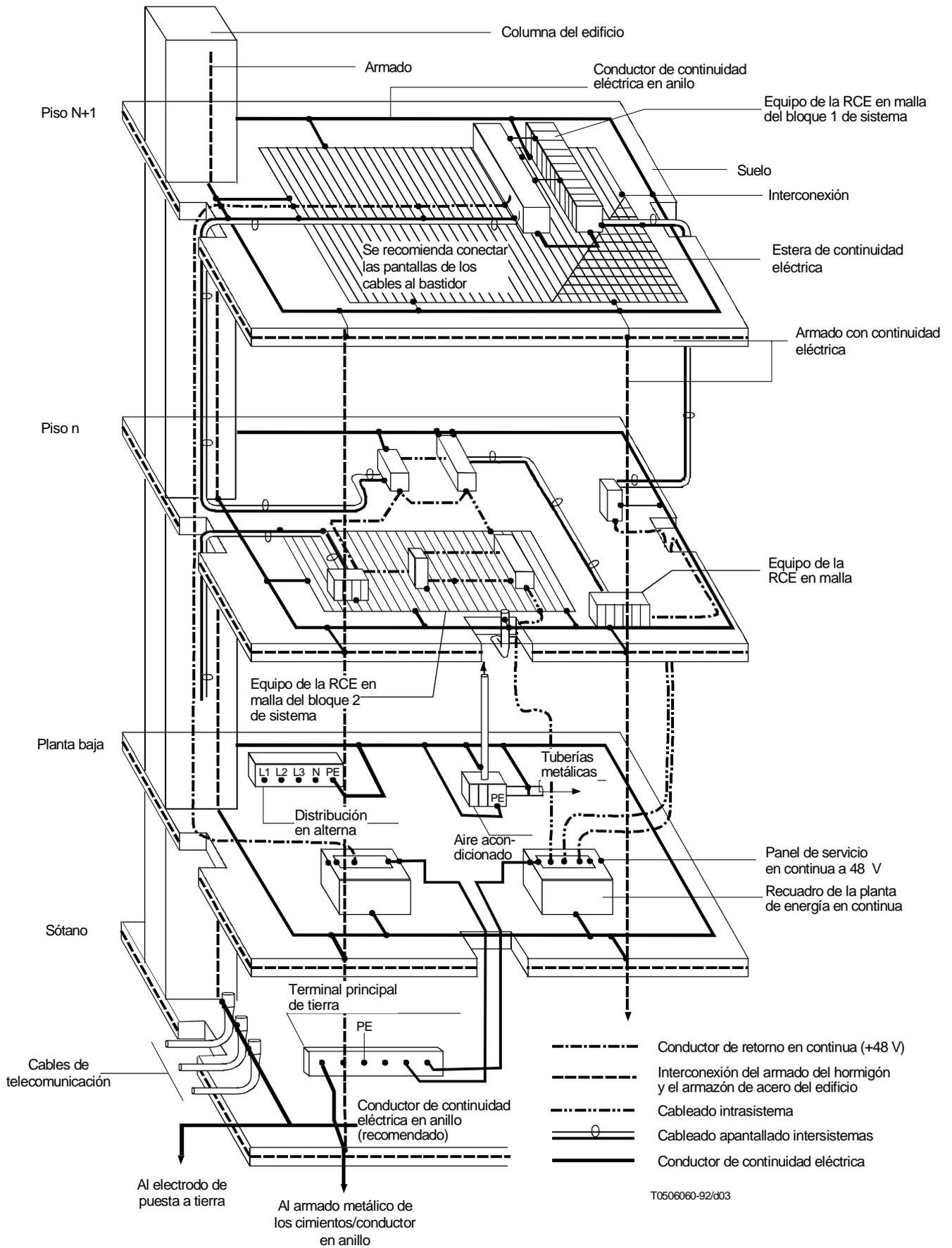


FIGURA B-1/K.27

**Instalación de RCE en malla dentro de un edificio de telecomunicación**

Los bastidores de equipo deberán estar interconectados por conductores o barras de cobre de baja impedancia. Como la técnica de RCE en malla integra por lo general el conductor de retorno en continua en la RCEC, dichos conductores o barras pueden servir de retorno en continua. Los conductores o barras de cada hilera tienen que estar interconectados por el camino más corto posible, para minimizar la inductancia. Pueden utilizarse uno o varios conductores de retorno en continua para interconectar el sistema al armario central de distribución común de energía eléctrica o a un panel de distribución de energía intermedio. Se recomienda que dichos conductores tiendan muy próximos a los correspondientes conductores negativos de alimentación en continua, a fin de reducir las áreas de bucle y mejorar la CEM. Los conductores de alimentación en continua de pequeño diámetro deben estar trenzados.

Los convertidores c.c./c.c. tienen por lo general un conductor de entrada y un conductor de salida conectados a la RCE en malla. Puede haber excepciones en ciertos equipos.

La mejor manera de realizar una red de distribución de energía en alterna independiente, derivada de la red en continua mediante convertidores c.c./c.a., es por medio de una red del tipo TN-S [2].

Una profusa fijación de los elementos del sistema al piso y a las paredes suprime por lo general las capacidades parásitas en una medida suficiente para que el sistema tenga unas características de CEM aceptables.

### B.1.3 *Cableado*

Por lo que respecta a la CEM, los cables hacen las veces de antenas y soportan modos comunes que pueden introducir energía parásita en los equipos, aun si éstos poseen un diseño adecuado. Este comportamiento como antenas y el fenómeno de la propagación en modo común pueden reducirse mediante un encaminamiento y apantallamiento adecuados.

El cableado de interior deberá tener un tendido muy próximo al de los elementos conductores de la RCEC y seguir el trayecto más corto posible. Se deberá recurrir deliberadamente al efecto de apantallamiento que ofrece la interconexión de los bastidores y bandejas de cables, los pasadizos, etc. Este apantallamiento sólo resulta eficaz si es ininterrumpido.

### B.1.4 *Característica de compatibilidad electromagnética*

Es sabido que el equipo situado en una configuración RCEM adecuada, junto con una distribución de energía en continua con un retorno que es común a la RCEM en malla (es decir, el sistema c.c.-C-RCEM), tiene una característica de CEM aceptables.

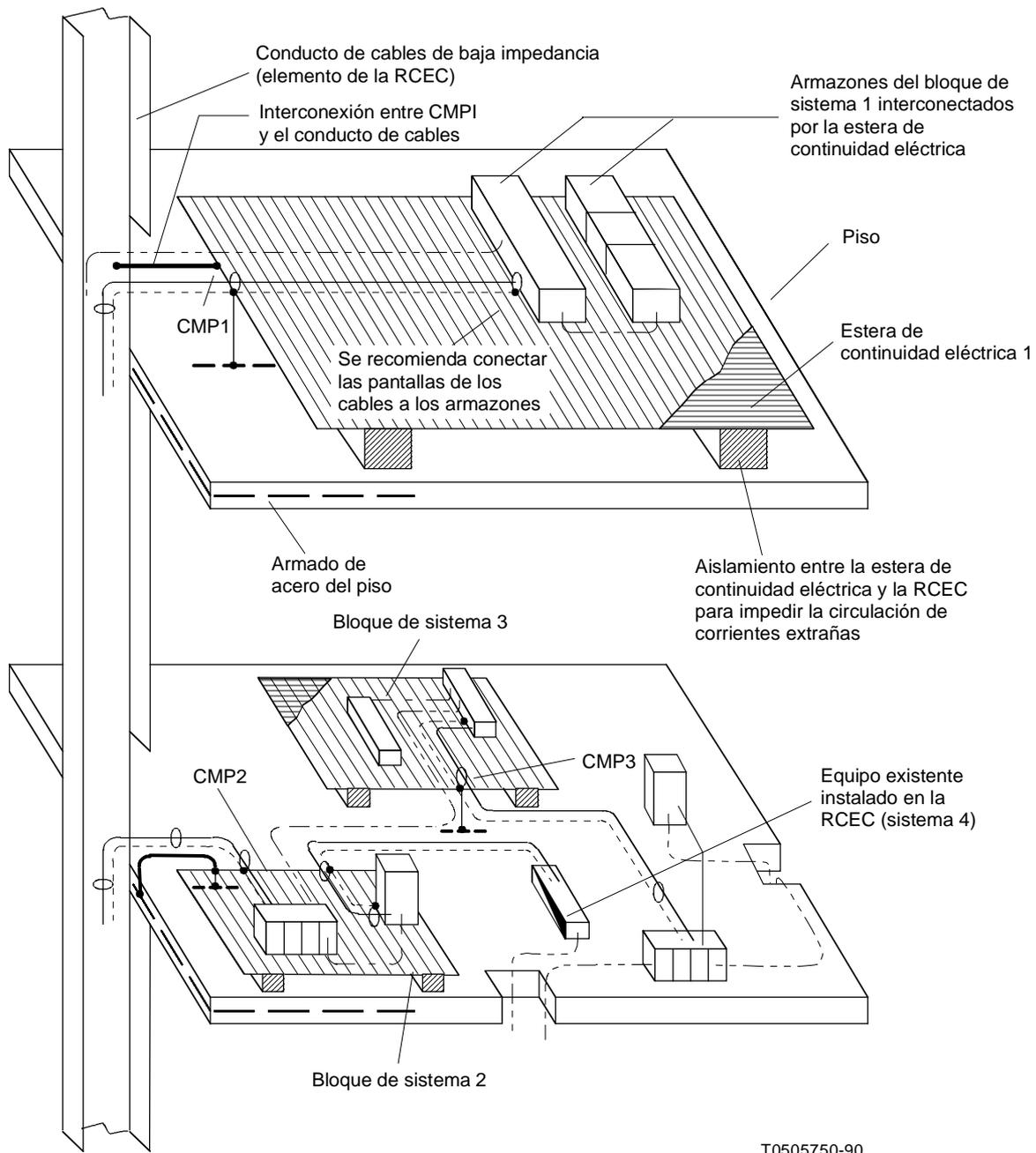
La introducción de conductores de retorno de energía en continua en la RCE en malla limita las caídas de tensión causadas por las corrientes de cortocircuito de la red de distribución de energía en continua.

## B.2 *RCEA en malla con estera de continuidad eléctrica*

Se puede conseguir un grado elevado de apantallamiento conectando todos los armazones del equipo que forma parte de un bloque de sistema en forma de una estera de continuidad eléctrica. Esta configuración está aislada de la RCEC circundante. Se obtiene así un tipo de RCEA en malla sumamente eficaz; la figura B-2/K.27 representa un ejemplo.

Los objetivos técnicos de este método de instalación son los siguientes:

- a) impedir que las corrientes de la RCEC circulen por la estera de continuidad eléctrica o cualquier otra parte del bloque de sistema;
- b) lograr unas características de CEM satisfactorias por medio de una interconexión controlada de los bloques de sistema;
- c) crear medios de continuidad eléctrica y de cableado que permitan:
  - la planificación sistemática de la CEM;
  - la utilización de métodos de prueba de la CEM bien definidos y reproducibles.



- CMP Conexión monopunto
- Conductor de continuidad eléctrica
- Armado de acero del hormigón
- - - Cableado dentro de un sistema
- - - Cableado apantallado intrasistema o intersistemas

Los puntos ( -●●●- ) en el borde de una estera de continuidad eléctrica indican su CMP.  
 El cableado intersistemas que entre a un bloque de sistema debe hacerlo cerca de la CMP.

*Nota 1* – Los bloques de sistema 1, 2 y 3 son nuevas instalaciones que se conforman al método de RCEA en malla. Pueden conectarse a las instalaciones existentes (sistema 4) que tienen cualquier método de continuidad eléctrica.

*Nota 2* – La CMP es el único interfaz metálico entre la RCEA en malla y la RCEC. Tiene que estar conectada directamente al armado del hormigón del piso. Por ella entran todos los cables que van al sistema. Todos los conductores que están unidos con continuidad eléctrica a la RCEA en malla tienen que estar conectados a la CMP (por ejemplo, pantallas de los cables, retorno de la batería, etc.).

FIGURA B-2/K.27

**RCEA en malla con estera de continuidad eléctrica**

### B.2.1 *Configuración del equipo*

El bloque de sistema comprende el equipo aceptado por las empresas de explotación y el (o los) fabricante(s) para su interconexión a la RCEA en malla (véase el diagrama d) de la figura 1/K.27). (Obsérvese que esta aceptación facilita la asignación de responsabilidades al proveedor o a la empresa de explotación.)

Por equipo periférico se entiende el situado fuera de los límites del bloque de sistema pero que, a efectos funcionales, se basa, en una conexión con la RCEA.

El equipo que sirve para el acondicionamiento de aire, la iluminación, etc. se considera externo al bloque del sistema y puede instalarse o funcionar como parte de la RCEC del edificio.

No obstante, se recomienda prever lo siguiente:

- una puesta a tierra de protección;
- una distribución de energía en alterna;
- una distribución de energía en continua hasta la conexión monopunto (CMP) con el conductor o conductores de retorno en continua incorporados en la RCEC (c.c.-RCEC).

#### B.2.1.1 *Conexión monopunto*

Se recomienda que la CMP se encuentre en las inmediaciones de su sistema, sirviendo como única conexión entre la RCEA y la RCEC.

#### B.2.1.2 *Cableado*

Todos los conductores y cables que se conectan al bloque de sistema deberán pasar cerca de la CMP (es decir, por la ventana de CMP). Los elementos metálicos cercanos al bloque de sistema deberán unirse con continuidad eléctrica a la CMP a fin de evitar choques eléctricos o descargas disruptivas cuando cae un rayo sobre el edificio. Se recomienda instalar un repartidor en la CMP, ya que ello facilita la conexión de las pantallas de los cables a la CMP. Se recomienda que las pantallas de todos los cables que pasan cerca de la CMP estén conectadas a ésta.

Los cables ajenos que atraviesen la zona de la RCEA deberán estar suficientemente separados de los cables que se conectan a la CMP y al bloque de sistema.

#### B.2.1.3 *Equipo alimentado por fuentes externas en alterna*

El equipo con certificado CEI de la clase II (no conectado por CP) puede utilizarse sin restricción alguna dentro de la zona del bloque de sistema o en la periferia de ésta.

El equipo con certificado CEI de clase I (con métodos de protección mediante CP) deberá alimentarse a través de transformadores separadores si no está conectado a convertidores c.c./c.a. o a enchufes de energía en alterna pertenecientes al bloque de sistema.

### B.2.2 *Característica de compatibilidad electromagnética*

Es sabido que el equipo situado en una configuración RCEA en malla de diseño adecuado, junto con una distribución de energía en continua con un retorno que es común a la RCEA de malla (es decir, el sistema c.c.-RCEA), tiene una característica de CEM aceptable.

### B.3 *RCEA en estrella o en malla no densa con retorno de energía en continua aislado*

En esta configuración, el armazón del conmutador está conectado para formar una RCEA en estrella o en malla (véase la figura 1/K.27). El armazón de los armarios y los paneles metálicos son los principales elementos constitutivos de esta RCEA (no hay estera de continuidad eléctrica). Este tipo de RCEA (en estrella o en malla) se denominará «RCEA armazón». La topología de malla se obtiene de ordinario mediante las interconexiones en los cruces de las bandejas de cables que recorren los pasillos. Se tiene así una RCEA «en malla no densa». La interconexión monopunto entre una «RCEA armazón» y la RCEC se establece en la barra colectora CMP (BCMP) situada en la ventana de CMP (VCMP). La VCMP tiene una dimensión fija, lo que permite que la BCMP posea un tamaño suficiente para conectar los conductores a la vez que limita las caídas de tensión en esta barra en caso de sobretensiones debidas al rayo o a fallos del sistema de energía eléctrica.

En la figura B-3/K.27 se muestra un ejemplo de esta configuración (en su forma en estrella). La sección de alimentación en continua que sale de la planta de energía eléctrica está aislada (es decir, es del tipo c.c.-A-RCEC), y se divide en una alimentación c.c.-A-RCEA para el equipo de la RCEA-armazón (el bloque de sistema) y una alimentación c.c.-C-RCEC para el equipo de la RCE en malla. En la rama que alimenta al equipo de la RCE en malla se hace una conexión, en la BCMP, entre el retorno en continua y la RCEC. Más allá de la VCMP, esta rama es del tipo c.c.-C-RCEC (es decir, tiene múltiple conexiones con la RCEC). La alimentación en continua del equipo de la RCEA-armazón no necesita pasar por la VCMP porque, dentro de la RCEA-armazón, está aislada. Con todo, es conveniente que la mayor parte del cable de alimentación en continua se encuentre próximo a conductores de continuidad eléctrica, pues esto reducirá las sobretensiones que aparecen en las barreras de aislamiento de los convertidores c.c./c.a. en que termina la alimentación.

En resumen, las principales características del sistema son:

- la RCEA-armazón está aislada de la RCEC circundante;
- la RCEA-armazón está conectada a la RCEC únicamente en la BCMP;
- el retorno en continua está aislado dentro de la RCEA-armazón y entre la planta de energía y la VCMP.

Los sistemas de este tipo (tanto en estrella como en malla) han demostrado poseer unas características de CEM satisfactorias.

Obsérvese que este ejemplo ilustra la manera en que esta red de continuidad eléctrica y puesta a tierra combina, en un mismo edificio, sistemas que utilizan redes RCEA y redes RCE en malla. También muestra la compartición, entre todos los sistemas, de una misma planta de distribución de energía en continua.

### B.3.1 *Configuración del retorno de la distribución de energía en continua*

En el sistema de distribución de energía en continua, las ramas correspondientes a la RCEA-armazón y a la planta de energía están aisladas entre sí, por lo que en estas ramas no existe ningún acoplamiento conductivo procedente de la RCEC. Sin embargo, las descargas de choque (por ejemplo, debidas al rayo y a corriente de falta por cortocircuito) que se producen en la rama c.c.-C-RCEC (que alimenta al equipo de la RCE en malla) pueden acoplarse *indirectamente* al equipo de la RCE-armazón a través de la impedancia de la fuente común presentada por la planta de energía y la sección c.c.-A-RCEC. Esta impedancia será siempre de bajo valor tendiendo los conductores para los  $-48\text{ V}$  y los de retorno en continua cerca uno de otro.

El conductor de continuidad eléctrica que va de la BCMP al armazón de la planta de energía se tiende cerca de todos los conductores de alimentación en continua de la sección c.c.-A-RCEC. Esto reduce las tensiones de descarga en modo común de la alimentación en continua en la planta de energía y permite reparar los fallos en el caso de una falta de conductor para los  $-48\text{ V}$  al armazón en dicha planta.

### B.3.2 *Instalación del sistema*

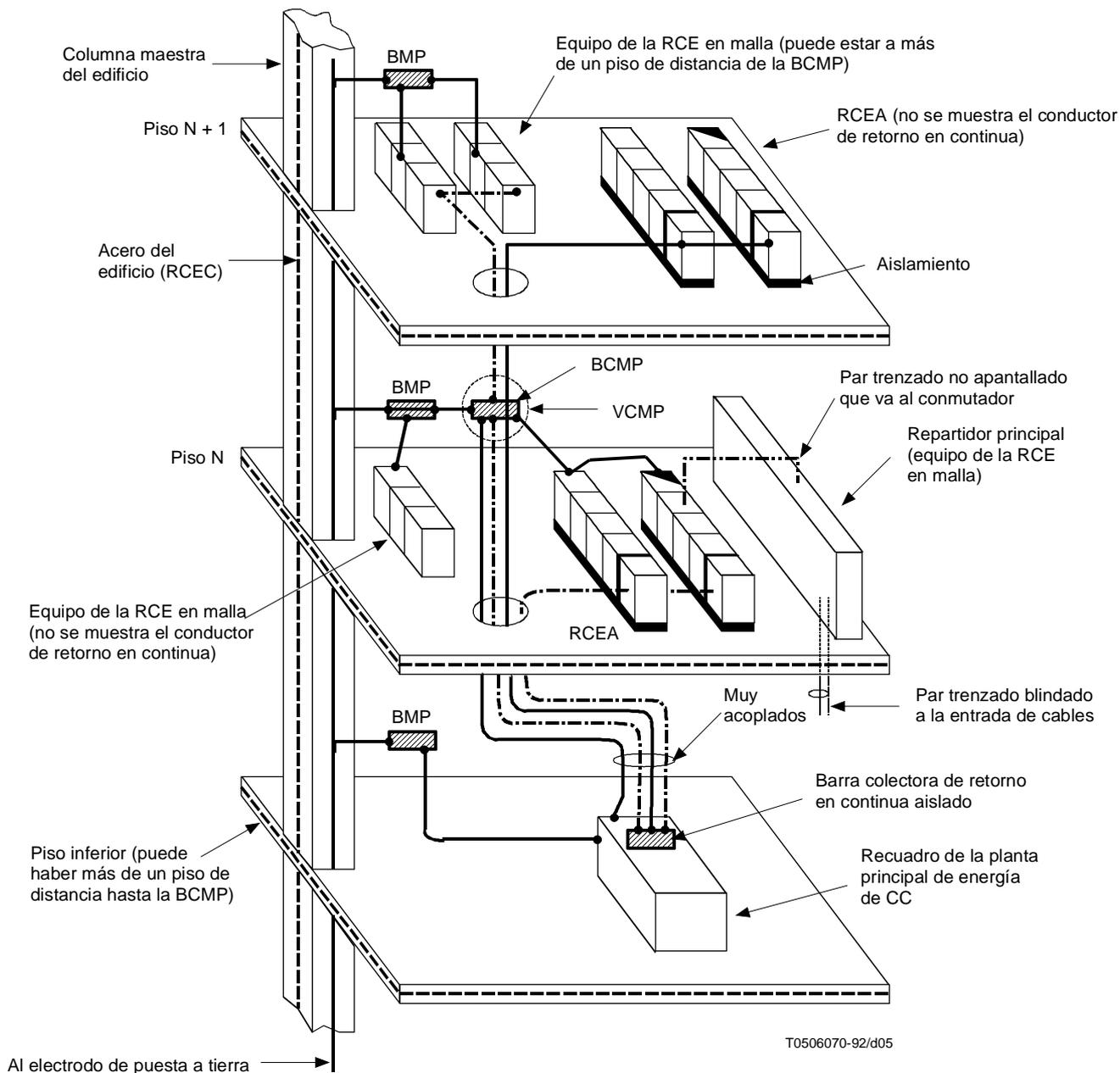
Los apantallamientos de cables exteriores a la RCEA que terminan en ésta (es decir, en el bloque de sistema) tienen sus apantallamientos:

- a) conectados a la RCEA-armazón y a ningún otro punto (estos cables no deberán salvar más de un piso a partir de la CMP), o bien
- b) conectados a la RCEA-armazón, a la BCMP y, fuera del bloque de sistema, a la RCEC.

Los subsistemas que forman parte del bloque de sistema no deben estar a más de un piso de distancia de la CMP del sistema principal. Esto evita que se produzcan diferencias de tensión excesivas entre los extremos de la RCEA y la RCEC cercana.

Para el equipo periférico que tenga que utilizar una RCEA y esté situado a más de un piso de distancia de la CMP del sistema principal, se deberá utilizar una CMP dedicada, situada como máximo a un piso de distancia. Este equipo se alimentará a través de una barrera de aislamiento, por ejemplo, convertidores c.c./c.c. o c.a./c.c.

La barrera de aislamiento situada dentro de cualquier equipo de distribución de energía en continua deberá tener una rigidez dieléctrica suficiente para satisfacer los requisitos de la reglamentación local en la materia. La instalación y el cableado de los convertidores deben conformarse a estos requisitos de aislamiento.



- |           |   |
|-----------|---|
| BMP       | Barra de masa del piso (forma parte de la RCEC)   |
| BCMP      | Barra de conexión monopunto   |
| VCMP      | Ventana de conexión monopunto   |
| -----     | Interconexión del armado del hormigón y el armazón de acero del edificio  |
| —————     | Conductor de continuidad eléctrica  |
| - - - - - | Conductor de retorno en continua (+48 V)<br>(el conductor de -48 V, que no se muestra, corre paralelo y muy cercano a éste) |
| .....     | Cableado intrasistema o intersistemas   |

FIGURA B-3/K.27

**RCEA en estrella con retorno de energía en continua aislado**

Los armazones de los equipos y los elementos estructurales metálicos que forman parte de una RCEC situada a menos de dos metros de distancia de una RCEA deben estar unidos con continuidad eléctrica a la BCMP, por razones vinculadas con la seguridad del personal.

Los demás equipos de un edificio de telecomunicación que utilizan la configuración RCE en malla deben instalarse de acuerdo con las técnicas expuestas en el § B.1, con o sin retorno en continua aislado.

### B.3.3 *Mantenibilidad de las redes de continuidad eléctrica aisladas*

Las RCEA deben instalarse con cuidado y ser objeto de una supervisión constante a fin de garantizar su aislamiento. Asimismo, un retorno de energía en continua aislado puede requerir una supervisión constante a fin de verificar su aislamiento, sobre todo si el mismo personal efectúa trabajos de mantenimiento en configuraciones diferentes o mixtas. La interrupción del aislamiento durante los trabajos de mantenimiento, o como consecuencia de estos trabajos, puede causar fallos en el funcionamiento del sistema e incluso daños materiales durante las descargas de rayos o la aparición de faltas en la distribución de energía.

### **Referencias**

- [1] Manual del CCITT *Puesta a tierra de las instalaciones de telecomunicación*, Ginebra, 1976.
- [2] Publicación 364 de la CEI *Installation of buildings*.  
Publicación 364-4-41 de la CEI *Protection against electric shock*, 1982.  
Publicación 364-5-54 de la CEI *Earthing arrangements and protective conductors*, 1980, enmienda 1, 1982
- [3] Publicación 50 de la CEI *Vocabulario Electrotécnico Internacional*, capítulo 826, 1982 y capítulo 604, 1987.
- [4] Recomendación del CCITT *Inmunidad del equipo de conmutación de telecomunicaciones contra las sobretensiones y sobreintensidades*, Libro Azul, Rec. K.20, Tomo IX, Ginebra, 1989.
- [5] Publicación 1024 de la CEI *Protection of structures against lightning*.  
Publicación 1024-1 de la CEI *General Principles* 1990, Part 1.
- [6] KEISER(B): *Principles of electromagnetic compatibility*, 3.<sup>a</sup> edición, Artech, 1987.



