

Compatibilidad electromagnética (EMC)



Se deben seguir algunas reglas básicas para garantizar la Compatibilidad Electromagnética. El incumplimiento de estas normas puede tener graves consecuencias en el funcionamiento de la instalación eléctrica: perturbación de los sistemas de comunicación, disparos intempestivos de los dispositivos de protección e incluso destrucción de dispositivos sensibles. Este capítulo proporciona mejores prácticas y recomendaciones sobre implementación de EMC, recomendaciones de cableado...

Capítulo R - Contenidos

[Comportamiento EMC de diferentes arquitecturas de distribución eléctrica.](#)

[EMC - Principios y estructuras de puesta a tierra](#)

[Implementación de CEM](#)

- [Conexión equipotencial dentro y fuera de edificios](#)
- [Implementación de EMC: mejora de las condiciones equipotenciales](#)
- [Implementación CEM: separación de cables](#)

- [Implementación EMC - Suelos técnicos](#)
- [Implementación de EMC: tendido de cables](#)
- [Implementación EMC: electroducto](#)
- [Implementación EMC - Implementación de cables blindados](#)
- [Implementación de EMC: redes de comunicación](#)
- [Implementación EMC - Implementación de descargadores de sobretensiones](#)
- [Implementación de EMC: cableado del gabinete](#)
- [Implementación de EMC: estándares](#)
- [Implementación EMC: protección contra descargas electrostáticas](#)

[EMC - Mecanismos de acoplamiento y contramedidas](#)

- [Acoplamiento de impedancia de modo común](#)
- [Acoplamiento capacitivo](#)
- [Acoplamiento inductivo](#)
- [Acoplamiento radiado](#)

[Recomendaciones de cableado](#)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.

Comportamiento EMC de diferentes arquitecturas de distribución eléctrica.

La disposición de puesta a tierra del sistema debe seleccionarse adecuadamente para garantizar la seguridad de la vida y la propiedad. Se debe tener en cuenta el comportamiento de los diferentes sistemas con respecto a consideraciones EMC. **La Figura R1** a continuación presenta un resumen de sus principales características.

Las normas europeas (véanse EN 50174-2, EN 50310 y HD 60364-4-444) recomiendan el sistema de tierra TN-S que causa menos problemas de EMC para instalaciones que comprenden equipos de tecnología de la información (incluidos equipos de telecomunicaciones).

Fig. R1 – Principales características de los diferentes sistemas de puesta a tierra

	TT	TN-S	ÉL	TN-C
Seguridad de las personas	Correcto Es obligatorio el uso de dispositivos de corriente residual (disyuntor)	Correcto Se debe garantizar la continuidad del conductor PE durante toda la instalación.		
Seguridad de la propiedad	Correcto	Pobre	Correcto	Pobre
	Corriente de falla a tierra media (< aproximadamente diez amperios)	Alta corriente de falla a tierra (aproximadamente 1 kA)	Corriente de falla a tierra baja para la primera falla (< aproximadamente diez mA), pero alta para la segunda falla	Alta corriente de falla a tierra (aproximadamente 1 kA)
Disponibilidad de energía	Correcto	Correcto	Excelente	Correcto

Rendimiento EMC	Correcto	Excelente	Pobre (a evitar)	Pobre (no recomendado)
	- Riesgo de sobretensiones - Problemas equipotenciales - Necesidad de gestionar dispositivos con altas corrientes de fuga.	- Buena situación equipotencial - Necesidad de gestionar dispositivos con altas corrientes de fuga. - Altas corrientes de tierra (perturbaciones transitorias)	- Riesgo de sobretensiones - Los filtros de modo común y los supresores de sobretensiones deben manejar los voltajes de fase a fase. - RCD sujetos a disparos molestos si hay condensadores de modo común presentes - Equivalente al sistema TN para segunda falta	- Se combinan neutro y PE. - En las estructuras de puesta a tierra y puesta a tierra circulan corrientes de 50/60 Hz y armónicos. - Altas corrientes de falla a tierra (perturbaciones transitorias)

Cuando una instalación incluya equipos de alta potencia (motores, climatización, ascensores, electrónica de potencia, etc.), se aconseja instalar uno o varios transformadores específicos para estos sistemas. La distribución eléctrica debe organizarse en un sistema de estrella y todos los circuitos salientes deben salir del cuadro principal de baja tensión (MLVS).

Los sistemas electrónicos (control/monitorización, regulación, instrumentos de medida, etc.) deben ser alimentados por un transformador específico en un sistema TN-S.

La Figura R2 a continuación ilustra estas recomendaciones.

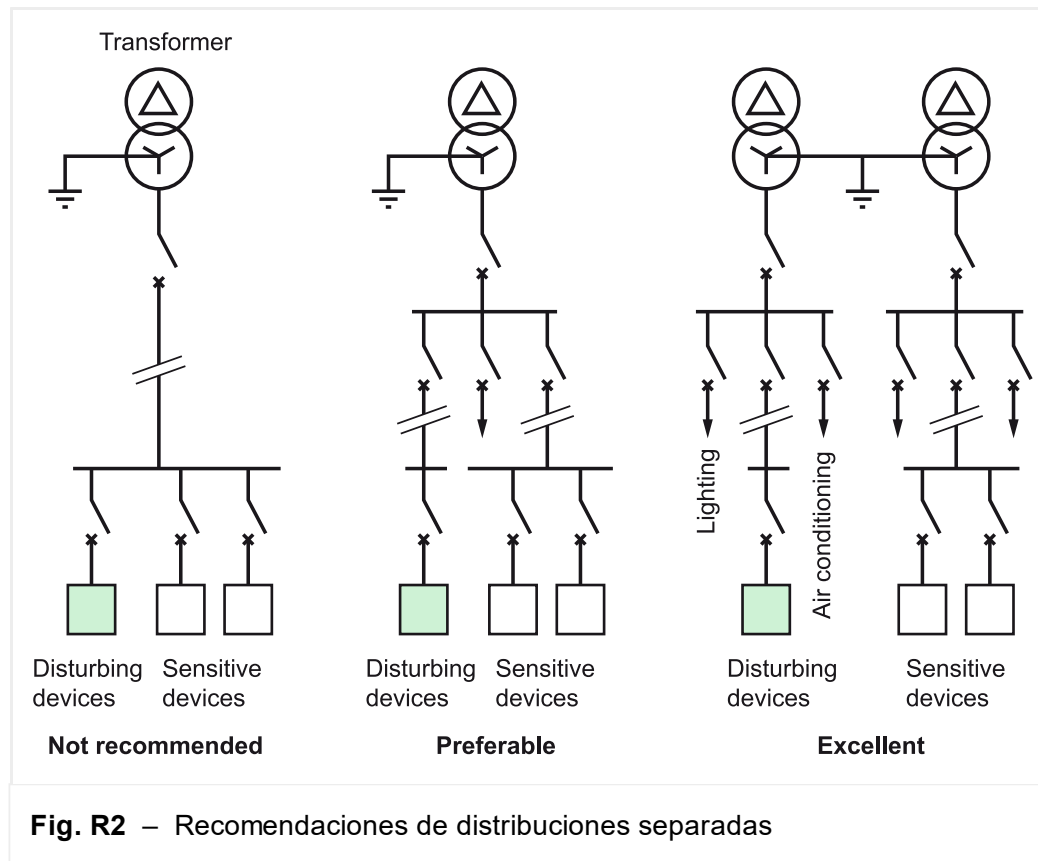


Fig. R2 – Recomendaciones de distribuciones separadas

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:47.

EMC - Principios y estructuras de puesta a tierra

Esta sección trata de la puesta a tierra y conexión equipotencial de dispositivos de tecnología de la información y otros dispositivos similares que requieren interconexiones con fines de señalización.

Las redes de puesta a tierra están diseñadas para cumplir una serie de funciones. Pueden ser independientes u operar juntos para proporcionar uno o más de los siguientes:

- Seguridad de las personas frente a riesgos eléctricos
- Protección de equipos frente a riesgos eléctricos.
- Un valor de referencia para señales fiables y de alta calidad
- Rendimiento EMC satisfactorio

La disposición de puesta a tierra del sistema generalmente se diseña e instala con el fin de obtener una impedancia baja capaz de desviar corrientes de falla y corrientes de alta frecuencia lejos de los dispositivos y sistemas electrónicos. Existen diferentes tipos de disposiciones de puesta a tierra del sistema y algunas requieren que se cumplan condiciones específicas. Estas condiciones no siempre se cumplen en instalaciones típicas. Las recomendaciones presentadas en esta sección están destinadas a dichas instalaciones.

Para instalaciones profesionales e industriales, una red de unión común (CBN) puede resultar útil para garantizar un mejor rendimiento EMC con respecto a los siguientes puntos:

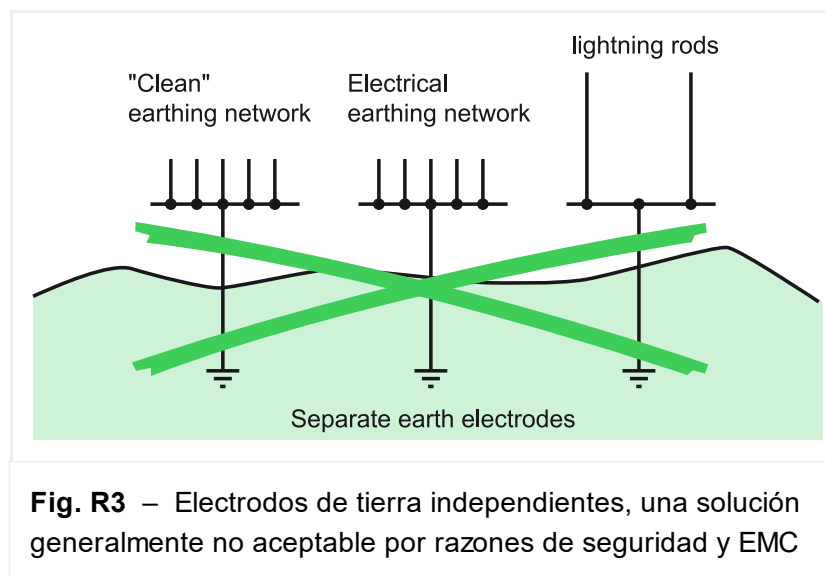
- Sistemas digitales y nuevas tecnologías.
- Cumplimiento de los requisitos esenciales de EMC de la Directiva 2004/108/CE (emisión e inmunidad)
- La gran cantidad de aplicaciones eléctricas.
- Un alto nivel de seguridad del sistema, así como confiabilidad y/o disponibilidad.

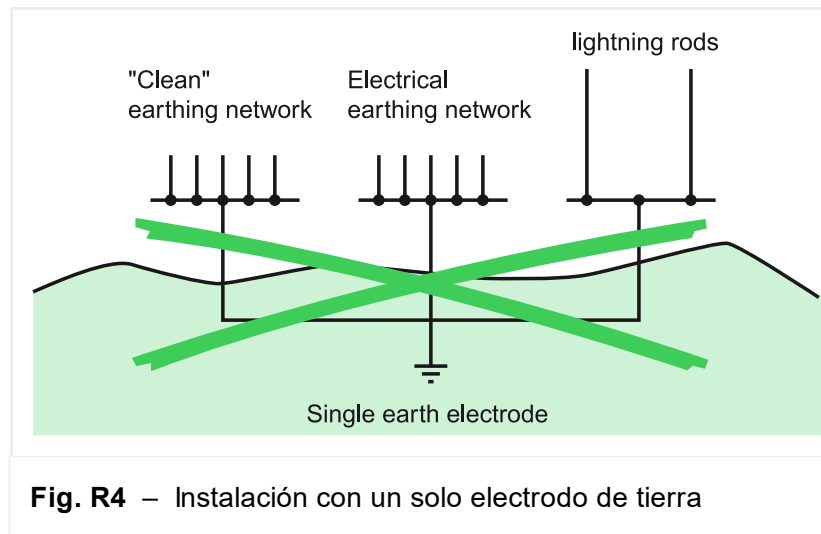
Sin embargo, para locales residenciales donde el uso de dispositivos eléctricos es limitado, una red de conexión aislada (IBN) o, mejor aún, una IBN de malla puede ser una solución.

Ahora se reconoce que los electrodos de tierra independientes y dedicados, cada uno de los cuales sirve a una red de tierra separada, son una solución que no es aceptable en términos de EMC, pero que también representan un grave peligro para la seguridad. En algunos países, los códigos de construcción nacionales

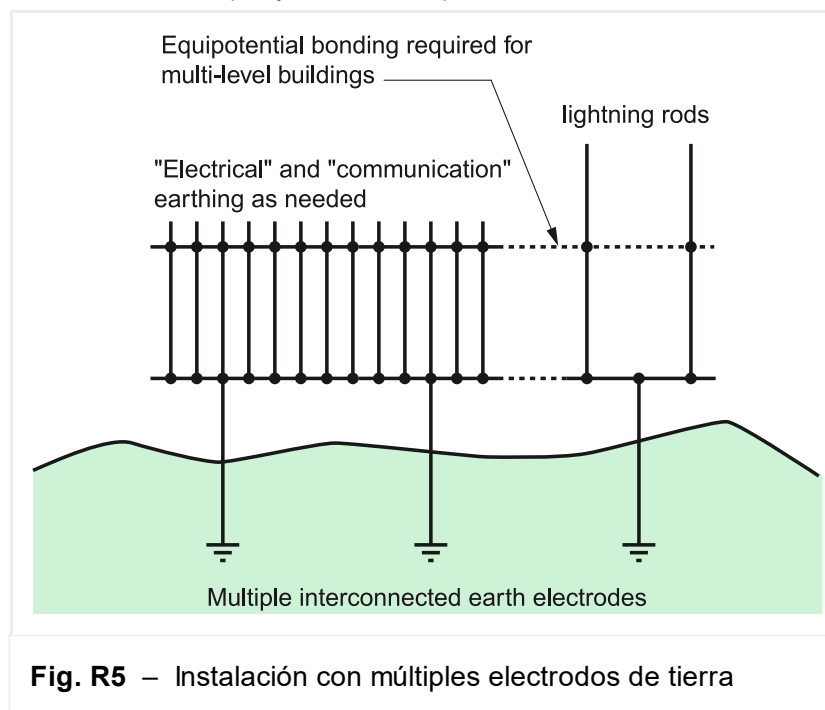
prohíben este tipo de sistemas.

No se recomienda el uso de una red de tierra "limpia" separada para la electrónica y una red de tierra "sucia" para la energía con el fin de obtener una EMC correcta, incluso cuando se utiliza un solo electrodo (ver Fig. R3 y Fig. R4). En caso de caída de un rayo, por la instalación circularán corrientes de defecto o perturbaciones AF, así como corrientes transitorias. En consecuencia, se crearán tensiones transitorias que provocarán fallos o daños en la instalación. Si la instalación y el mantenimiento se llevan a cabo correctamente, este enfoque puede ser confiable (a frecuencias eléctricas), pero generalmente no es adecuado para fines de EMC y no se recomienda para uso general.





La configuración recomendada para la red de puesta a tierra y los electrodos es bidimensional o tridimensional (ver **Fig. R5**). Este enfoque se recomienda para uso general, tanto en términos de seguridad como de EMC. Esta recomendación no excluye otras configuraciones especiales que, correctamente mantenidas, también son adecuadas.



En una instalación típica de un edificio de varios niveles, cada nivel debe tener su propia red de puesta a tierra (generalmente una malla) y todas las redes deben estar interconectadas y conectadas al electrodo de tierra. Se requieren al menos dos conexiones (redundancia incorporada) para garantizar que, si se rompe un conductor, ninguna sección de la red de puesta a tierra quede aislada.

En la práctica, se realizan más de dos conexiones para obtener una mejor simetría en el flujo de corriente, reduciendo así las diferencias de tensión y la impedancia general entre los distintos niveles del edificio.

Los numerosos caminos paralelos tienen diferentes frecuencias de resonancia. Si un camino tiene una impedancia alta, lo más probable es que otro camino con una frecuencia de resonancia diferente lo desvíe. En general, en un amplio espectro de frecuencias (docenas de Hz y MHz), una gran cantidad de caminos da como resultado un sistema de baja impedancia (ver **Fig. R6**).

Cada habitación del edificio debe tener conductores de red de puesta a tierra para la conexión equipotencial de dispositivos y sistemas, teleféricos, sistemas de canalización y estructuras. Este sistema se puede reforzar conectando tuberías metálicas, canalones, soportes, marcos, etc.

En determinados casos especiales, como salas de control o ordenadores instalados sobre falsos suelos, se puede utilizar plano de referencia de tierra o regletas de tierra en zonas de sistemas electrónicos para mejorar la puesta a tierra de dispositivos sensibles y cables de interconexión de protección.

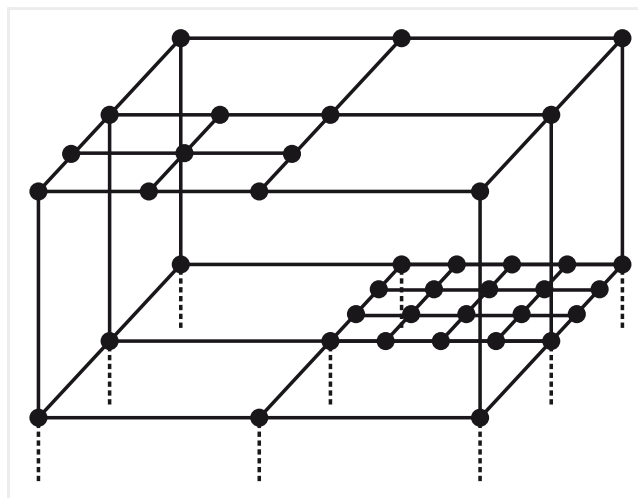


Fig. R6 – Cada nivel tiene una malla y las mallas están interconectadas en varios puntos entre niveles. Determinadas mallas de planta baja se refuerzan para cubrir las necesidades de determinadas zonas

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Implementación de CEM

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:47.



Conexión equipotencial dentro y fuera de edificios

Los objetivos fundamentales de la puesta a tierra y la unión son los siguientes:

- **Seguridad** : limitando la tensión de contacto y el camino de retorno de las corrientes de defecto.
- **EMC** : evitando diferencias de potencial y proporcionando un efecto de cribado.

Las corrientes parásitas se propagan inevitablemente en una red de puesta a tierra. Es imposible eliminar todas las fuentes de perturbaciones de un sitio. Los bucles terrestres también son inevitables. Cuando un campo magnético afecta a un lugar, por ejemplo el campo creado por un rayo, se crean diferencias de potencial en los bucles formados por los distintos conductores y las corrientes que fluyen en el sistema de puesta a tierra. En consecuencia, la red de puesta a tierra se ve directamente afectada por cualquier contramedida que se adopte fuera del edificio.

Mientras las corrientes fluyan por el sistema de puesta a tierra y no por los circuitos electrónicos, no causan daños. Sin embargo, cuando las redes de puesta a tierra no son equipotenciales, por ejemplo cuando están conectadas en estrella al electrodo de tierra, las corrientes parásitas de alta frecuencia fluirán donde puedan, incluso en los cables de control. El equipo puede verse alterado, dañado o incluso destruido.

El único medio económico para dividir las corrientes en un sistema de puesta a tierra y mantener características equipotenciales satisfactorias es interconectar las redes de puesta a tierra. Esto contribuye a una mejor conexión equipotencial dentro del sistema de puesta a tierra, pero no elimina la necesidad de conductores de protección. Para cumplir con los requisitos legales en términos de seguridad de las personas, entre cada equipo y el terminal de tierra deben permanecer conductores de protección suficientemente dimensionados e identificados. Además, con la posible excepción de un edificio con estructura de acero, un gran número de conductores para los pararrayos o la red de protección contra rayos deben conectarse directamente al electrodo de tierra.

La diferencia fundamental entre un conductor de protección (PE) y una bajante de pararrayos es que el primero conduce corrientes internas al neutro del transformador MT/BT mientras que el segundo conduce corriente externa (desde fuera de la instalación) al electrodo de tierra.

En un edificio, se recomienda conectar una red de puesta a tierra a todas las estructuras conductoras accesibles, es decir, vigas y marcos de puertas metálicos, tuberías, etc. Generalmente es suficiente conectar canales metálicos, bandejas y dinteles de cables, tuberías, conductos de ventilación, etc. en tantos puntos como sea posible. En lugares donde exista una gran cantidad de equipos y el tamaño de la malla de la red de puesta a tierra sea superior a los cuatro metros se deberá añadir un conductor equipotencial. El tamaño y el tipo de conductor no son de importancia crítica.

Es imperativo interconectar las redes de puesta a tierra de los edificios que tienen conexiones de cables compartidas. La interconexión de las redes de puesta a tierra deberá realizarse a través de varios conductores y de todas las estructuras metálicas internas de los edificios o de enlace de los mismos (a condición de que no estén interrumpidas).

En un edificio determinado, las distintas redes de puesta a tierra (electrónica, informática, telecomunicaciones, etc.) deben estar interconectadas para formar una única red de conexión equipotencial.

Esta red de puesta a tierra debe estar lo más entrelazada posible. Si la red de puesta a tierra es equipotencial, las diferencias de potencial entre los dispositivos que se comunican serán bajas y una gran cantidad de problemas EMC desaparecerán. Las diferencias de potencial también se reducen en caso de fallos de aislamiento o caída de rayos.

Si no se pueden lograr condiciones equipotenciales entre edificios o si la distancia entre edificios es superior a diez metros, se recomienda encarecidamente utilizar fibra óptica para los enlaces de comunicación y aisladores galvánicos para los sistemas de medición y comunicación.

Estas medidas son obligatorias si el sistema de suministro eléctrico utiliza el sistema IT o TN-C.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Implementación de EMC: mejora de las condiciones equipotenciales

Redes de vinculación

Aunque la red de unión ideal estaría hecha de chapa metálica o de una malla fina, la experiencia ha demostrado que para la mayoría de las perturbaciones, un tamaño de malla de tres metros es suficiente para crear una red de unión de malla.

En la Figura R7 se muestran ejemplos de diferentes redes de enlace . La estructura mínima recomendada comprende un conductor (por ejemplo, cable o tira de cobre) que rodea la habitación.

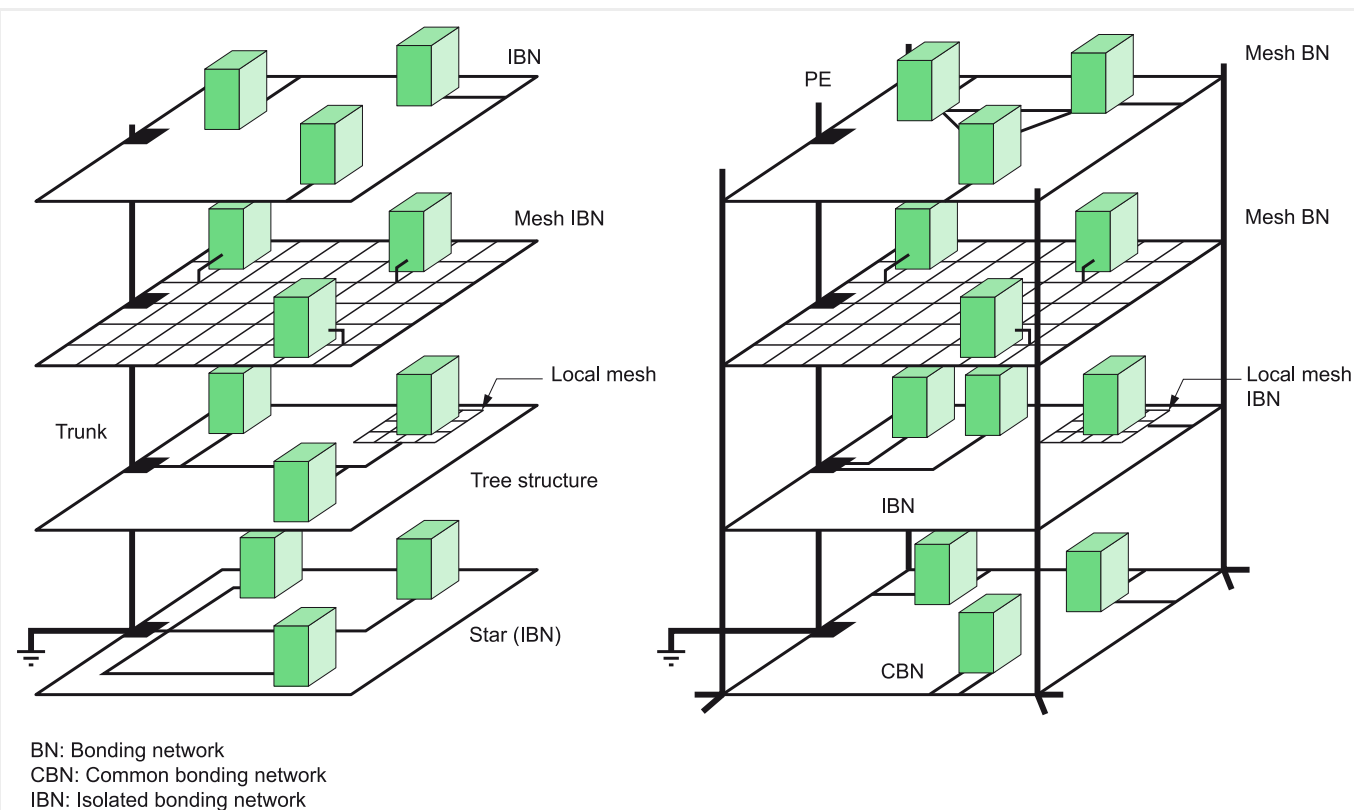


Fig. R7 – Ejemplos de redes de enlace

La longitud de las conexiones entre un elemento estructural y la red de unión no supera los 50 centímetros y se debe instalar una conexión adicional en paralelo a cierta distancia de la primera. La inductancia de la conexión entre la barra de tierra del armario eléctrico de un conjunto de equipos y la red de interconexión (ver más abajo) debe ser inferior a un μHenry ($0,5 \mu\text{H}$, si es posible). Por ejemplo, es posible utilizar un único conductor de 50 cm o dos conductores paralelos de un metro de longitud, instalados a una distancia mínima entre sí (al menos 50 cm) para reducir la inductancia mutua entre los dos conductores.

Siempre que sea posible, la conexión a la red de unión debe realizarse en una intersección para dividir las corrientes de alta frecuencia por cuatro sin alargar la conexión. El perfil de los conductores de conexión no es importante, pero es preferible un perfil plano. El conductor también debería ser lo más corto posible.

Conductor de tierra paralelo (PEC)

El propósito de un conductor de tierra paralelo es reducir la corriente de modo común que fluye en los conductores que también transportan la señal de modo diferencial (se reducen la impedancia de modo común y el área de superficie del bucle).

El conductor de tierra paralelo debe estar diseñado para soportar altas corrientes cuando se utiliza para protección contra rayos o para el retorno de altas corrientes de falla. Cuando se utiliza el blindaje del cable como conductor de tierra paralelo, no puede manejar corrientes tan altas y la solución es pasar el cable a lo largo de elementos estructurales metálicos o vías de cable que luego actúan como otros conductores de tierra paralelos para todo el cable.

Otra posibilidad es tender el cable blindado junto a un conductor de tierra paralelo grande con tanto el cable blindado como el conductor de tierra paralelo conectados en cada extremo al terminal de tierra local del equipo o dispositivo.

Para distancias muy largas se aconseja conexiones adicionales a la red por el conductor de tierra paralelo, a distancias irregulares entre los dispositivos. Estas conexiones adicionales forman un camino de retorno más corto para las corrientes perturbadoras que fluyen a través del conductor de puesta a tierra paralelo. Para bandejas, blindajes y tubos en forma de U, las conexiones adicionales deben ser externas para mantener la separación con el interior ("efecto apantallamiento").

Conductores de unión

Los conductores de unión pueden ser tiras metálicas, trenzas planas o conductores redondos. Para sistemas de alta frecuencia son preferibles las tiras metálicas y las trenzas planas (efecto piel), porque un conductor redondo tiene una impedancia mayor que un conductor plano con la misma sección transversal. Siempre que sea posible, la relación largo-ancho no debe exceder 5.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Implementación CEM: separación de cables

La separación física de los cables de alta y baja corriente es muy importante para EMC, particularmente si los cables de baja corriente no están blindados o el blindaje no está conectado a las partes conductoras expuestas (ECP). La sensibilidad de los equipos electrónicos está determinada en gran medida por el sistema de cables que los acompaña.

Si no hay separación (distintos tipos de cables en teleféricos separados, distancia mínima entre cables de alta y baja corriente, tipos de teleféricos, etc.), el acoplamiento electromagnético es máximo. En estas condiciones, los equipos electrónicos son sensibles a las perturbaciones EMC que fluyen por los cables afectados.

Se recomienda encarecidamente el uso de sistemas de canalización prefabricada como Canalis o conductos prefabricados para potencias altas. Los niveles de campos magnéticos radiados que utilizan este tipo de sistemas de canalización son de 10 a 20 veces más bajos que los de los cables o conductores estándar.

Se deben tener en cuenta las recomendaciones de los apartados “Tendido de cables” y “Recomendaciones de cableado”.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Implementación EMC - Suelos técnicos

La inclusión de los pisos en la malla contribuye a la equipotencialidad del área y en consecuencia a la distribución y dilución de las corrientes perturbadoras de baja frecuencia.

El efecto de apantallamiento de un suelo técnico está directamente relacionado con su equipotencialidad. Si el contacto entre las baldosas es deficiente (juntas antiestáticas de goma, por ejemplo) o si el contacto entre los soportes es defectuoso (contaminación, corrosión, polvo, etc. o si no existen soportes), es necesario añadir una malla equipotencial.

En este caso basta con garantizar conexiones eléctricas efectivas entre los pedestales metálicos. Se encuentran disponibles en el mercado pequeños clips de resorte para conectar los pedestales metálicos a la malla equipotencial. Idealmente, cada pedestal debería estar conectado, pero a menudo es suficiente conectar cada dos pedestales en cada dirección. En la mayoría de los casos es adecuada una malla de 1,5 a 2 metros de tamaño. El área de la sección transversal recomendada del cobre es de 10 mm^2 o más. Generalmente se utiliza una trenza plana. Para reducir los efectos de la corrosión, se recomienda utilizar cobre estañado (ver **Fig. R8**).

Las baldosas perforadas actúan como baldosas normales cuando tienen una estructura de acero celular.

Se requiere un mantenimiento preventivo de las losas del piso aproximadamente cada cinco años (dependiendo del tipo de losa y del ambiente, incluyendo humedad, polvo y corrosión). Se deben mantener las juntas antiestáticas de caucho o polímero, similares a las superficies de apoyo de las baldosas (limpieza con un producto adecuado).

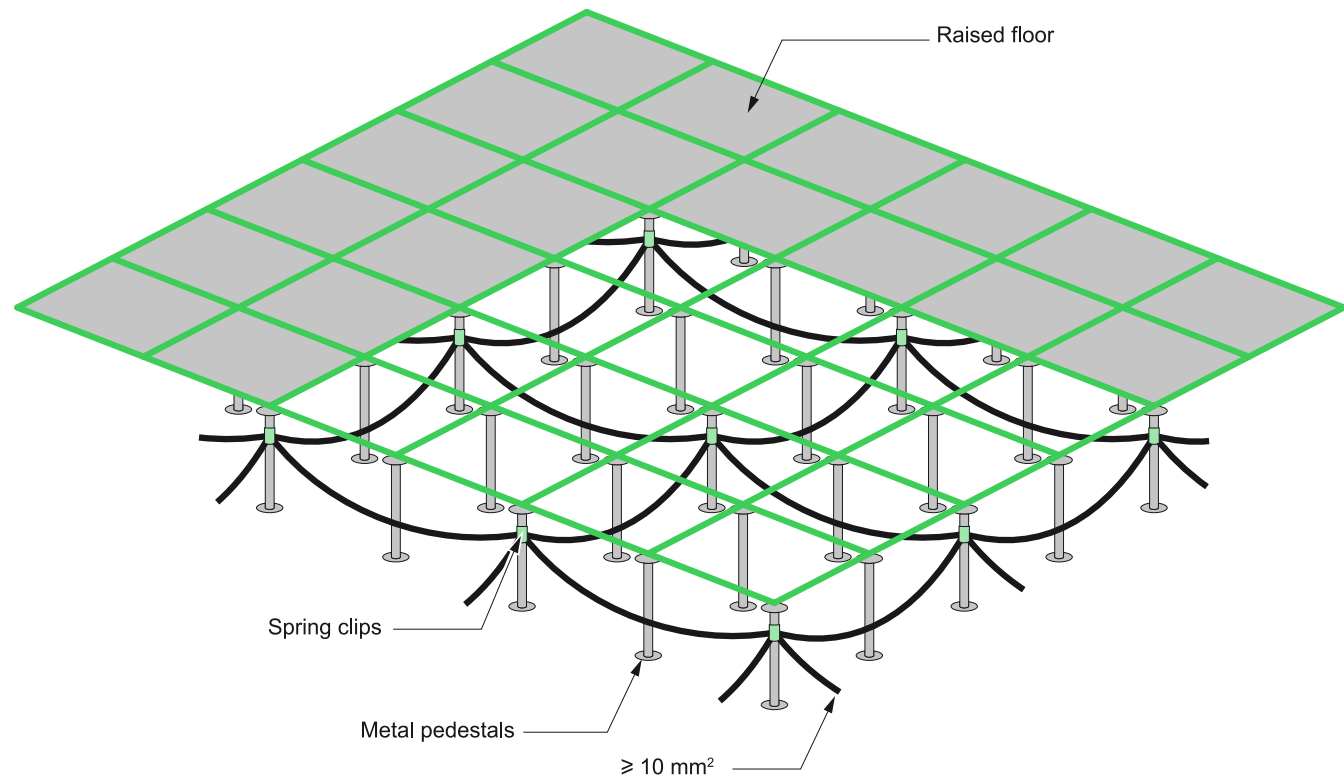


Fig. R8 – Implementación de piso elevado

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Implementación de EMC: tendido de cables

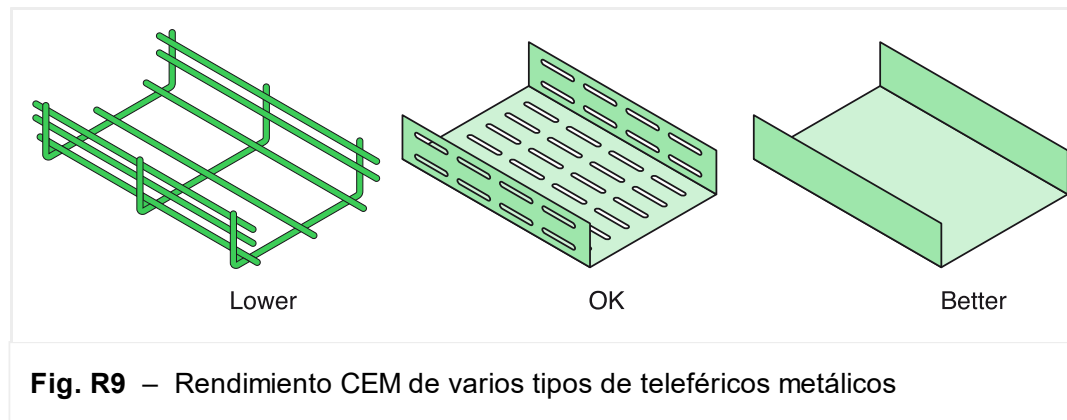
La selección de materiales y su forma depende de los siguientes criterios:

- Gravedad del entorno electromagnético a lo largo de los teleféricos (proximidad de fuentes de perturbaciones electromagnéticas conducidas o radiadas)
- Nivel autorizado de emisiones conducidas y radiadas
- Tipo de cables (¿blindados?, ¿torcidos?, ¿de fibra óptica?)
- Capacidad de resistencia EMI del equipo conectado al sistema de cableado.
- Otras limitaciones ambientales (químicas, mecánicas, climáticas, incendios, etc.)
- Ampliaciones futuras previstas para el sistema de cableado

Los teleféricos no metálicos son adecuados en los siguientes casos:

- Un entorno EM continuo y de bajo nivel
- Un sistema de cableado con un bajo nivel de emisiones
- Situaciones en las que se deben evitar los cables metálicos (entorno químico)
- Sistemas que utilizan fibras ópticas.

En el caso de los teleféricos metálicos, es la forma (plana, en forma de U, tubular, etc.) y no el área de la sección transversal la que determina la impedancia característica. Las formas cerradas son mejores que las abiertas porque reducen el acoplamiento en modo común. Los teleféricos suelen tener ranuras para correas de cables. Cuanto más pequeño, mejor. El tipo de ranuras que menos problemas causan son las que se cortan paralelas y a cierta distancia de los cables. No se recomiendan ranuras cortadas perpendicularmente a los cables (ver **Fig. R9**).



En ciertos casos, un teleférico deficiente en términos de EMI puede ser adecuado si el entorno EM es bajo, si se emplean cables blindados o fibras ópticas, o si se utilizan conductos separados para los diferentes tipos de cables (energía, procesamiento de datos, etc.).

Es una buena idea reservar espacio dentro del teleférico para una determinada cantidad de cables adicionales. La altura de los cables debe ser inferior a las particiones del teleférico como se muestra a continuación. Las cubiertas también mejoran el rendimiento EMC de los teleféricos.

En los teleféricos en forma de U, el campo magnético disminuye en las dos esquinas.

Esto explica por qué son preferibles los teleféricos profundos (ver **Fig. R10**).

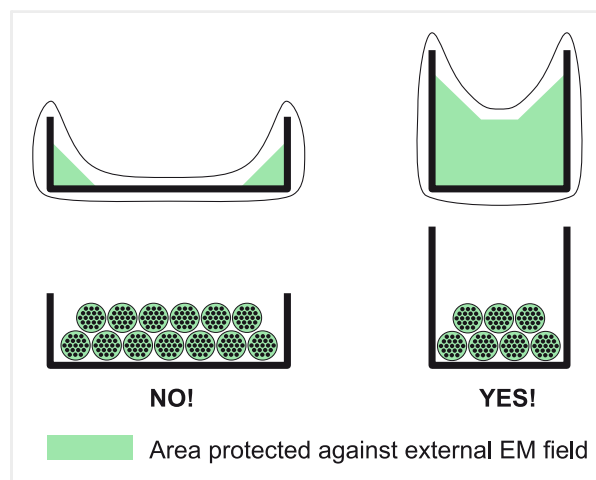
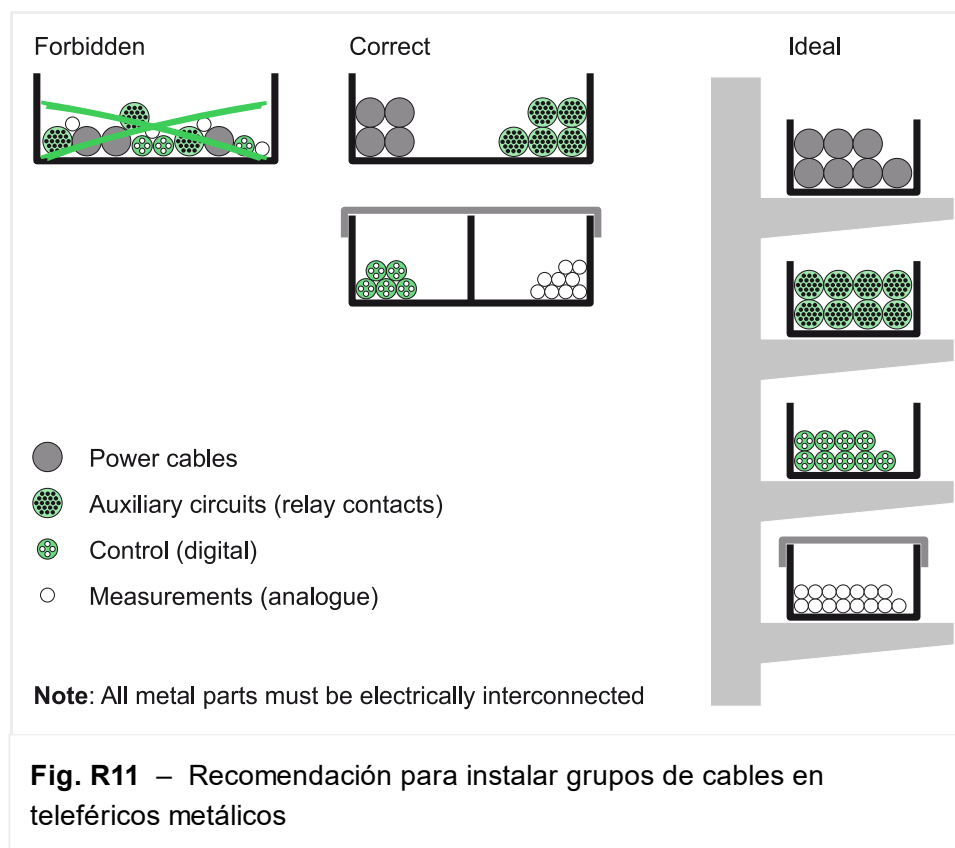


Fig. R10 – Instalación de diferentes tipos de cables

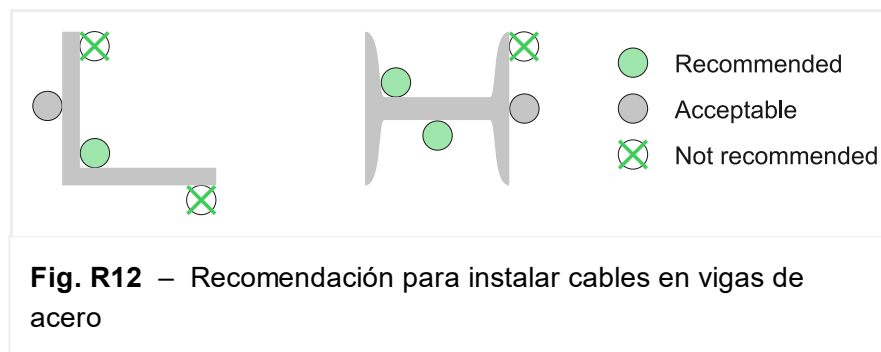
No se deben instalar diferentes tipos de cables (cables de alimentación y de bajo nivel) en el mismo haz o en el mismo canal. Los teleféricos nunca deben llenarse a más de la mitad de su capacidad.

Se recomienda separar electromagnéticamente los grupos entre sí, ya sea mediante blindajes o instalando los cables en diferentes canalizaciones. La calidad del blindaje determina la distancia entre grupos. Si no hay blindaje, se deben mantener distancias suficientes (ver **Fig. R11**).

La distancia entre los cables de alimentación y control debe ser al menos 5 veces el radio del cable de alimentación más grande.



Los componentes de construcción metálicos se pueden utilizar con fines EMC. Las vigas de acero (en forma de L, H, U o T) suelen formar una estructura puesta a tierra ininterrumpida con grandes secciones transversales y superficies con numerosas conexiones de puesta a tierra intermedias. Si es posible, los cables deberían tenderse a lo largo de dichas vigas. Las esquinas interiores son mejores que las superficies exteriores (ver **Fig. R12**).



Ambos extremos de los cables metálicos deben estar siempre conectados a la red de tierra local. En caso de cables muy largos, se recomiendan conexiones adicionales al sistema de puesta a tierra entre los dispositivos conectados. Siempre que sea posible, la distancia entre estas conexiones a tierra debe ser irregular (para sistemas de cableado simétricos) para evitar resonancias a frecuencias idénticas. Todas las conexiones al sistema de puesta a tierra deben ser cortas.

Hay disponibles teleféricos metálicos y no metálicos. Las soluciones metálicas ofrecen mejores características EMC. Un teleférico (bandejas portacables, conductos, soportes para cables, etc.) debe ofrecer una estructura metálica continua y conductora de principio a fin.

Un teleférico de aluminio tiene una resistencia CC menor que un teleférico de acero del mismo tamaño, pero la impedancia de transferencia (Z_t) del acero cae a una frecuencia más baja, particularmente cuando el acero tiene una permeabilidad relativa μ_r alta. Se debe tener cuidado al utilizar diferentes tipos de metal porque en determinados casos no se permite la conexión eléctrica directa para evitar la corrosión. Esto podría suponer una desventaja en términos de CEM.

Cuando los dispositivos conectados al sistema de cableado mediante cables no blindados no se ven afectados por perturbaciones de baja frecuencia, la EMC de los teleféricos no metálicos se puede mejorar agregando un conductor de tierra paralelo (PEC) dentro del teleférico. Ambos extremos deben estar

conectados al sistema de puesta a tierra local. Las conexiones deben realizarse a una parte metálica con baja impedancia (por ejemplo, un panel metálico grande de la carcasa del dispositivo).

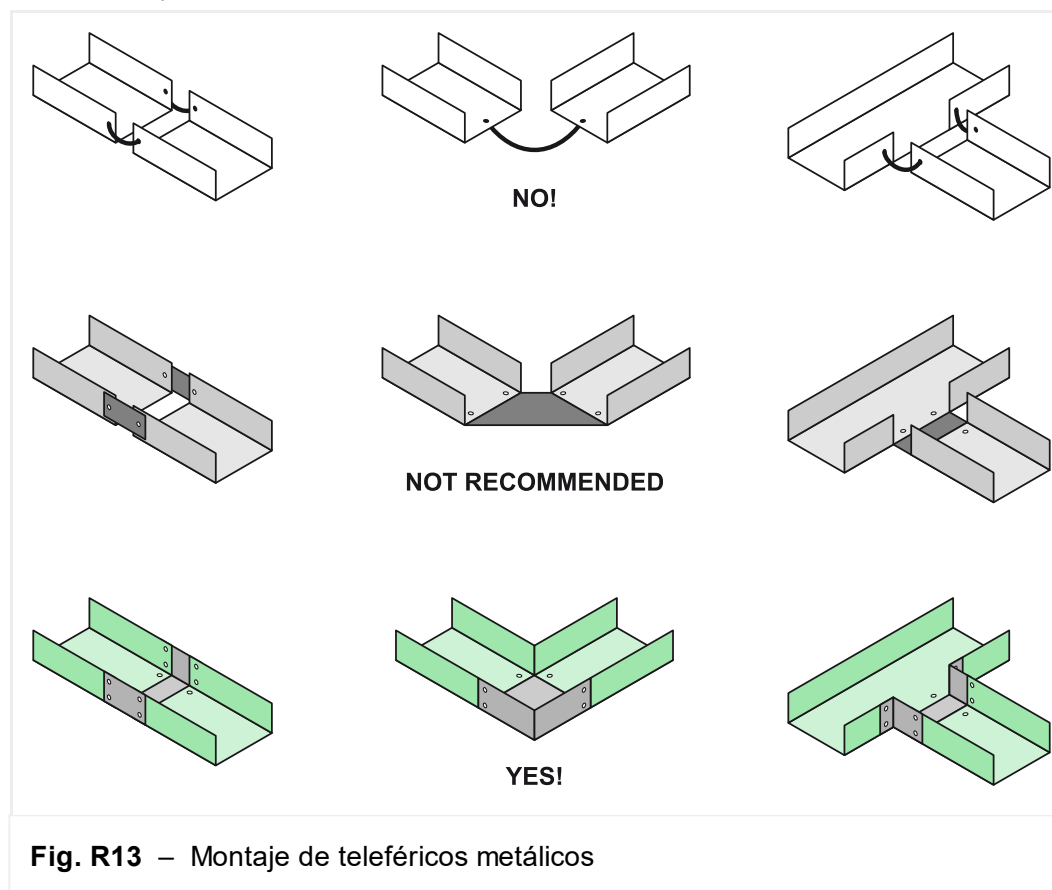
El PEC debe diseñarse para manejar corrientes de falla elevadas y de modo común.

Implementación

Cuando un teleférico metálico está formado por varios tramos cortos, es necesario tener cuidado para asegurar la continuidad uniendo correctamente las diferentes partes. Es preferible soldar las piezas por todos los bordes. Se permiten conexiones remachadas, atornilladas o atornilladas siempre que las superficies de contacto sean conductoras de corriente (sin pintura ni revestimientos aislantes) y estén protegidas contra la corrosión. Se deben respetar los pares de apriete para garantizar la presión correcta para el contacto eléctrico entre dos piezas.

Cuando se selecciona una forma particular de teleférico, se debe utilizar en toda su longitud. Todas las interconexiones deben tener una impedancia baja. Una conexión de un solo cable entre dos partes del teleférico produce una alta impedancia local que cancela su rendimiento EMC.

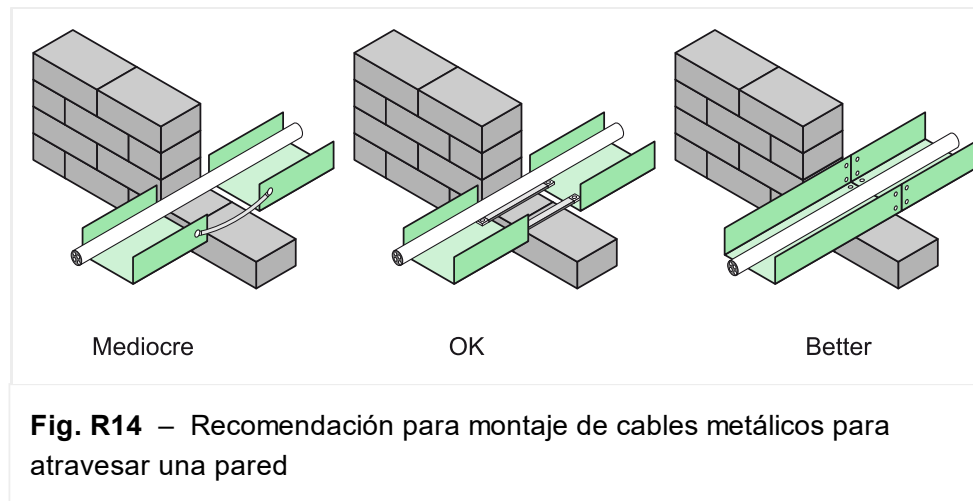
A partir de unos pocos MHz, una conexión de diez centímetros entre dos partes del teleférico reduce el factor de atenuación en más de diez veces (ver **Fig. R13**).



Cada vez que se realicen modificaciones o ampliaciones, es muy importante asegurarse de que se realicen de acuerdo con las normas EMC (por ejemplo, ¡nunca sustituir un cable metálico por uno de plástico!).

Las cubiertas de los teleféricos metálicos deberán cumplir los mismos requisitos que los que se aplican a los propios teleféricos. Una cubierta debe tener una gran cantidad de contactos en toda su longitud. Si esto no es posible, deberá conectarse al teleférico al menos por ambos extremos mediante conexiones cortas (p. ej. conexiones trenzadas o de malla).

Cuando es necesario interrumpir los conductos de cables para atravesar una pared (por ejemplo, cortafuegos), se deben utilizar conexiones de baja impedancia entre las dos partes (ver **Fig. R14**).



Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.

Implementación EMC: electroducto

Los carriles para buses reducen el riesgo de exposición a campos electromagnéticos.



Fig. R15 – Radiaciones de campo magnético de cables de alimentación y electroductos metálicos

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), la exposición a campos electromagnéticos puede suponer un peligro para la salud a partir de niveles tan bajos como 0,2 microTeslas y podría representar un riesgo de cáncer a largo plazo. Algunos países han creado normas que estipulan límites (por ejemplo, 0,2 μT a 1 metro en Suecia).

Todos los conductores eléctricos generan campos magnéticos proporcionales a la distancia entre ellos. El diseño de canalizaciones prefabricadas con conductores muy espaciados en una carcasa metálica ayuda a reducir considerablemente los campos electromagnéticos radiados.

Las características del campo electromagnético de las canalizaciones prefabricadas están bien definidas y las mediciones muestran que están muy por debajo de niveles potencialmente peligrosos (ver **Fig. R16**).

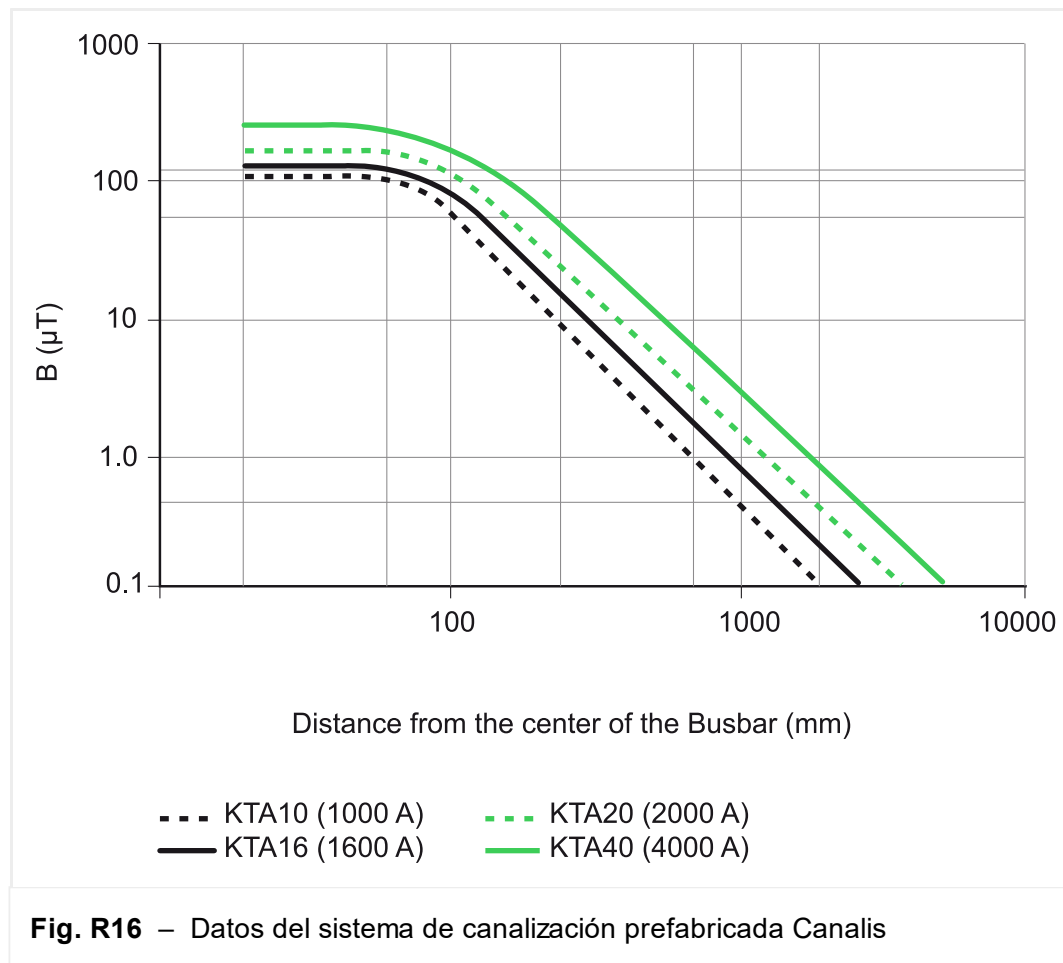
En casos específicos, donde se requieren valores particularmente bajos (salas de ordenadores, salas médicas, algunas oficinas), es importante minimizar la inducción magnética generada por los cables de alimentación.

La inducción magnética es:

- proporcional a la corriente
- proporcional a la distancia entre los conductores
- inversamente proporcional al cuadrado de la distancia con respecto a la barra colectora.

La barra colectora con carcasa de acero proporciona un buen efecto de apantallamiento en comparación con los cables de alimentación: el campo magnético se reduce de 2 a 30 veces, según el modelo Canalis.

Esto es particularmente bajo debido a la corta distancia entre las barras y la atenuación adicional proporcionada por la carcasa de acero.



Esta página se editó por última vez el 20 de diciembre de 2019 a las 17:52.

Implementación EMC - Implementación de cables blindados

Cuando se toma la decisión de utilizar cables apantallados, también es necesario determinar cómo se unirá el blindaje (tipo de puesta a tierra, conector, entrada de cables, etc.), de lo contrario los beneficios se reducen considerablemente. Para que sea eficaz, el blindaje debe estar adherido en 360°. **La Figura R17** a continuación muestra diferentes formas de conectar a tierra el blindaje del cable.

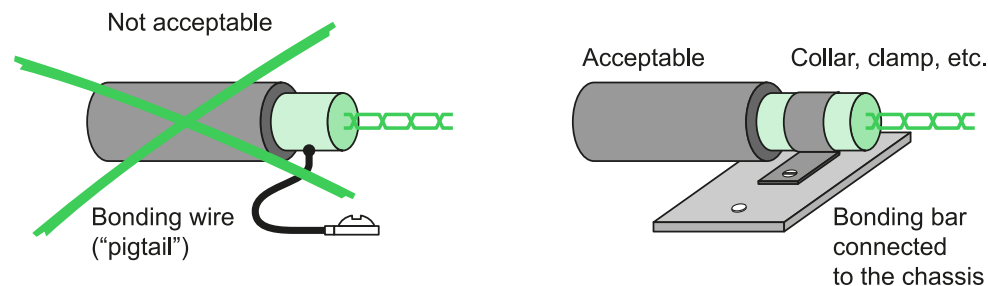
Para equipos informáticos y enlaces digitales, el blindaje debe conectarse en cada extremo del cable.

La conexión del blindaje es muy importante para EMC y se deben tener en cuenta los siguientes puntos.

Si el cable blindado conecta equipos ubicados en la misma zona de conexión equipotencial, el blindaje debe conectarse a las partes conductoras expuestas (ECP) en ambos extremos. Si el equipo conectado no se encuentra en la misma zona de conexión equipotencial, existen varias posibilidades.

- La conexión de un solo extremo a los PAE es peligrosa. Si se produce un fallo de aislamiento, la tensión en el blindaje puede ser fatal para el operador o destruir el equipo. Además, a altas frecuencias el blindaje no es eficaz.
- La conexión de ambos extremos a los ECP puede ser peligrosa si ocurre una falla de aislamiento. Una corriente elevada fluye por el blindaje y puede dañarlo. Para limitar este problema, se debe tender un conductor de tierra paralelo (PEC) al lado del cable blindado. El tamaño del PEC depende de la corriente de cortocircuito en la parte determinada de la instalación. Está claro que si la instalación tiene una red de puesta a tierra bien conectada, este problema no surge.

All bonding connections must be made to bare metal



Poorly connected shielding = reduced effectiveness

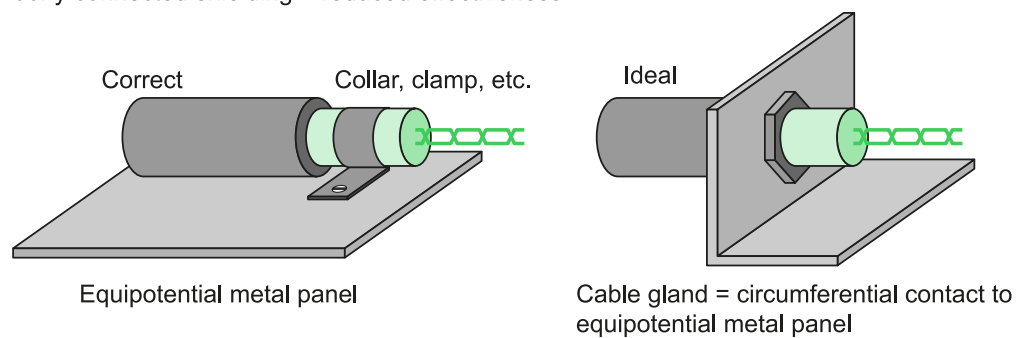
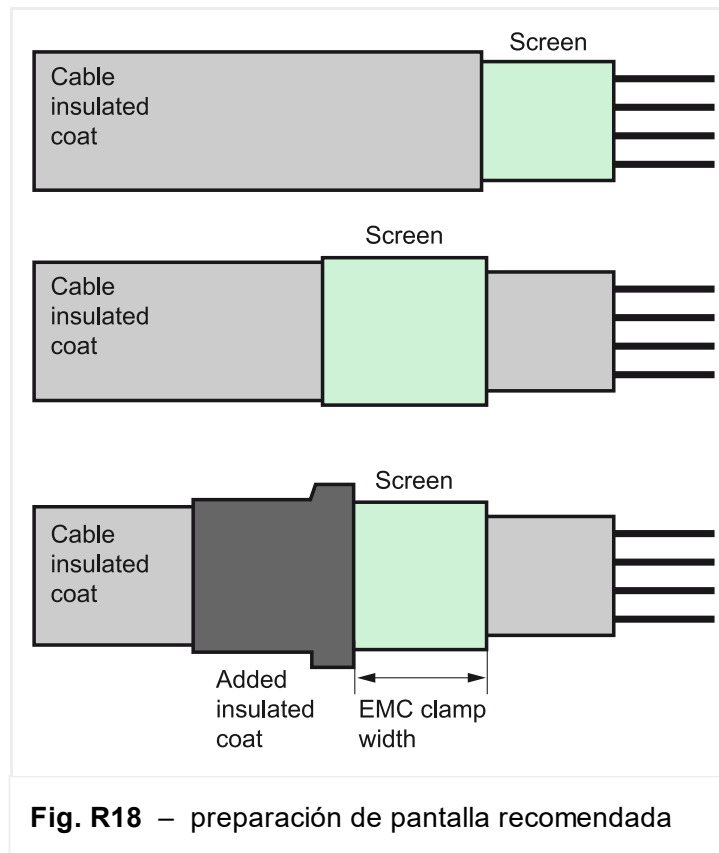


Fig. R17 – Implementación de cables blindados

La siguiente figura muestra cómo preparar la pantalla cuando se utilizan abrazaderas EMC.



Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Implementación de EMC: redes de comunicación

Es muy recomendable seguir la serie de Normas Europeas EN 50173 para realizar el cableado de Tecnologías de la Información.

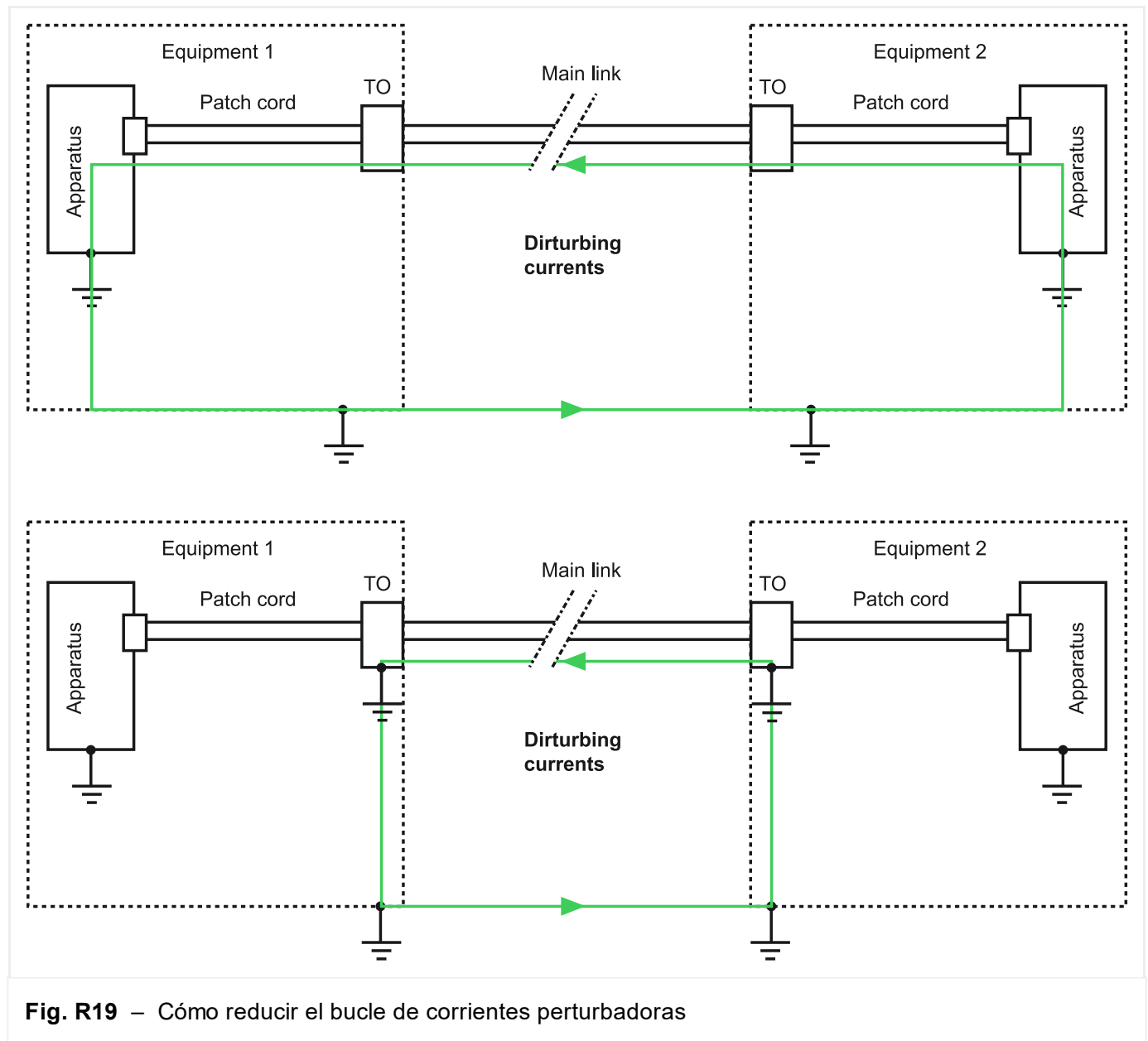
Para garantizar una transmisión de datos fiable, la calidad de todo el enlace deberá ser homogénea. Esto significa que la categoría de los diferentes cables debe ser la misma y las interfaces de conexión deben adaptarse a los cables.

Se pueden mezclar cables y conexiones de diferentes categorías dentro de un canal; sin embargo, el rendimiento resultante estará determinado por la categoría del componente de menor rendimiento.

La continuidad del blindaje de todo el enlace (cables de conexión, salidas de terminales, cable horizontal) se garantizará y controlará mediante pruebas.

Las salidas de terminal (TO) podrían usarse para conectar a tierra las terminaciones de pantalla en el gabinete. La elección de estos TO es muy importante.

Las redes de comunicación son en su mayoría extensas. Interconectan equipos ubicados en diferentes zonas donde las fuentes de alimentación podrían tener diferentes sistemas de puesta a tierra.



Si estas diferentes áreas no están bien equipotenciales, podrían aparecer fuertes corrientes transitorias (rayos, fallo de alimentación principal, etc.) que provocarían diferencias de potencial de alta tensión entre los equipos interconectados.

Las interfaces de comunicación (placa, módulo, etc.) podrían verse perturbadas o dañadas por este modo común de sobrevoltaje.

El uso del sistema de puesta a tierra TN-S y la instalación equipotencial del pozo minimizan este problema.

En cualquier caso, se recomienda el uso de Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (SPD) instalado en Modo Común y/o Modo Diferencial.

Si las diferentes áreas/zonas no son equipotenciales, si el sistema de puesta a tierra de alimentación es TN-C o IT, o si hay duda y los 2 puntos anteriores, se recomiendan enlaces de fibra óptica.

Para evitar problemas de seguridad eléctrica, el enlace de fibra óptica no debe tener partes metálicas.

Protección contra perturbaciones de las bobinas.

Las bobinas de CA y principalmente de CC (relé, contactor, actuador, etc.) son fuentes muy perturbadoras.

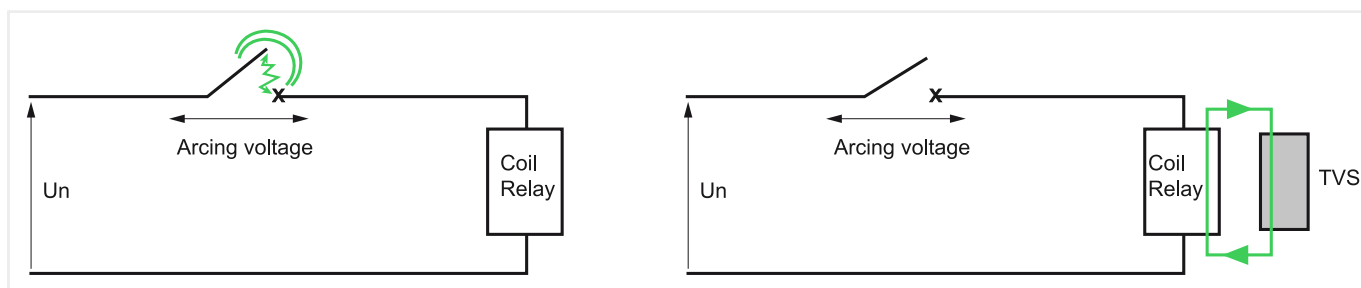
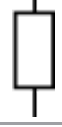


Fig. R20 – TVS reduce el voltaje del arco

Para minimizar estas perturbaciones de alta frecuencia se podrían implementar las siguientes soluciones. **(En gris, la opción preferida).**

Fig. R21 – Información de la tabla TVS

Símbolo	Voltaje transitorio Tipo de supresión	Para aire acondicionado	Para CC	Limitación de sobretensión	Contacto tiempo de caída
	red RC	Y	Y	2 a 3. Naciones Unidas	1 a 2 veces el tiempo estándar
	Varistor de óxido metálico	Y	Y	< 3 . Naciones Unidas	1,1 a 1,5 veces el tiempo estándar
	Voltaje transitorio Diodo de supresión bidireccional	Y	Y	< 2. ONU	1,1 a 1,5 veces el tiempo estándar
	Voltaje transitorio Diodo de supresión direccional	norte	Y	$U_n + 0,7 \text{ V}$	De 3 a 10 veces el tiempo estándar
	diodo de rueda libre	norte	Y	$U_n + 0,7 \text{ V}$	De 3 a 10 veces el tiempo estándar
	Resistor	Y	Y	< 4 . Naciones Unidas	1,5 a 2,5 veces el tiempo estándar

Para que sea eficiente, el TVS debe instalarse cerca de la bobina.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.

Implementación EMC - Implementación de descargadores de sobretensiones

Consulte [Instalación del dispositivo de protección contra sobretensiones.](#)

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.

Implementación de EMC: cableado del gabinete

(Ver **Figura R22**)

Cada gabinete debe estar equipado con una barra de puesta a tierra o una lámina metálica de referencia a tierra. A este punto deben conectarse todos los cables blindados y circuitos de protección externos.

Cualquiera de las láminas metálicas del gabinete o el riel DIN se puede utilizar como referencia a tierra.

No se recomiendan los gabinetes de plástico. En este caso se debe utilizar el carril DIN como referencia a tierra.

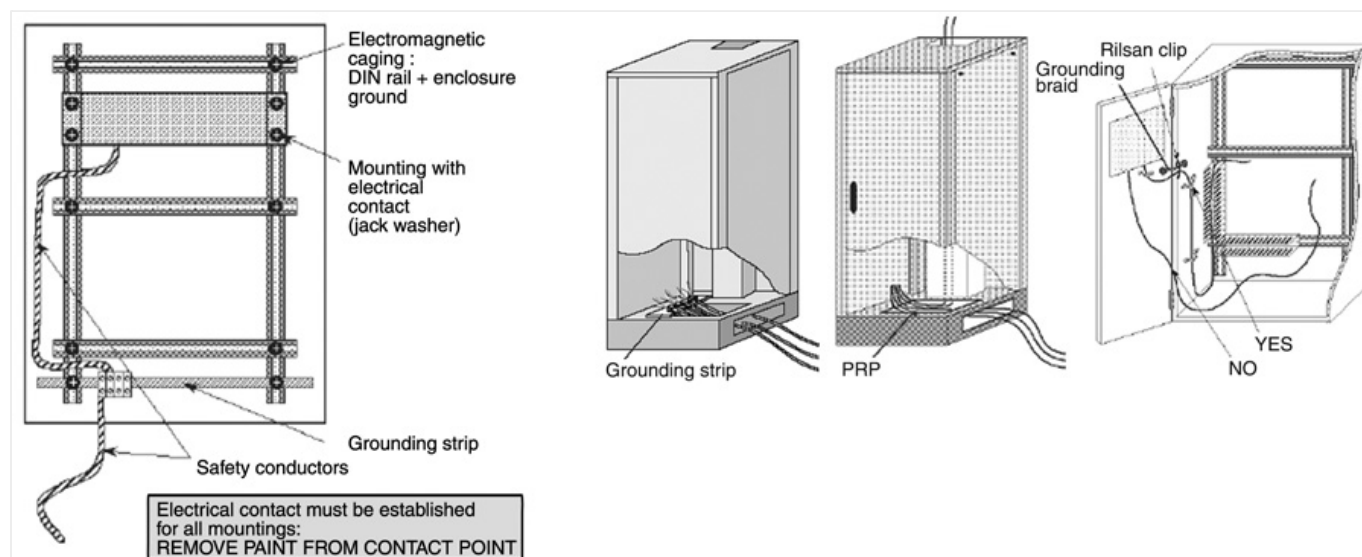
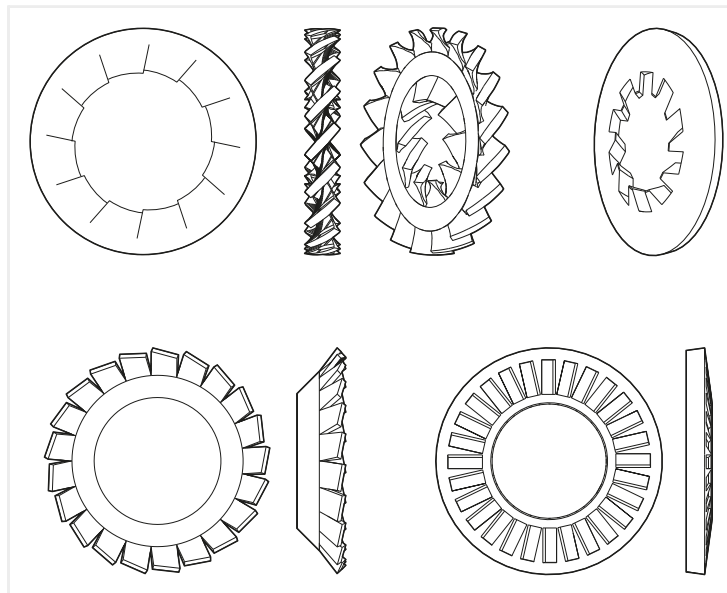


Fig. R22 – Ejemplos de conexión a tierra y unión

Recomendaciones de cableado del gabinete

Cada gabinete, cubículo o recinto deberá estar equipado, como mínimo, con una barra de puesta a tierra y una placa o rejilla metálica de referencia (placa de puesta a tierra). Todas las partes metálicas (marcos, paneles, techo, puerta, etc.) estarán interconectadas entre sí con elementos adaptados.

Se recomienda el uso de lavadora específica. A continuación se muestran algunos ejemplos de los preferidos:

**Fig. R23** – Ejemplos de lavadoras preferidas

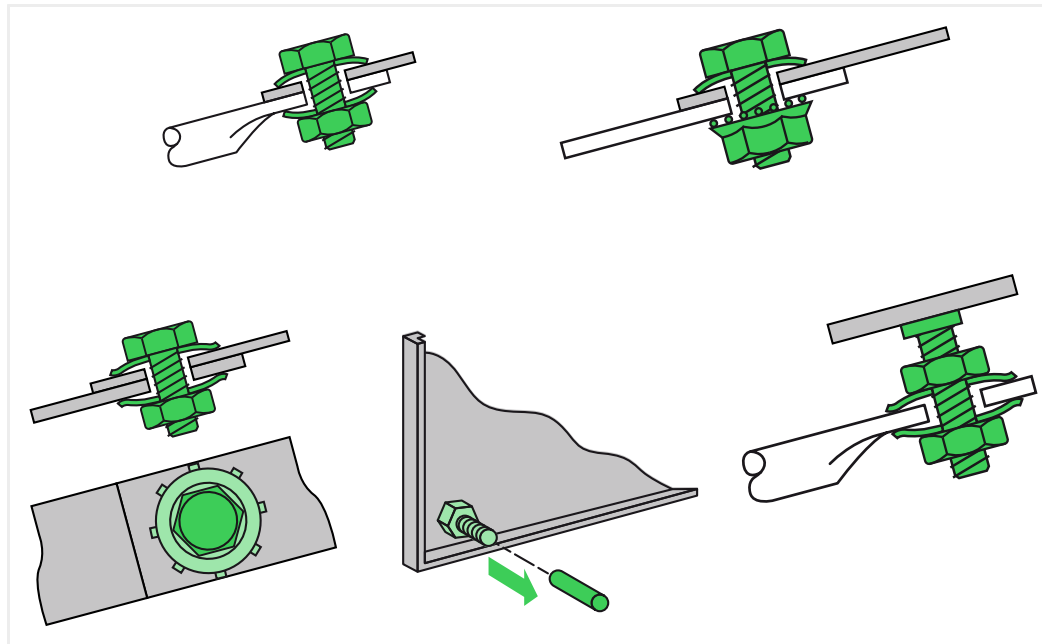


Fig. R24 – Algunos ejemplos de montaje de arandelas, pernos y orejetas.

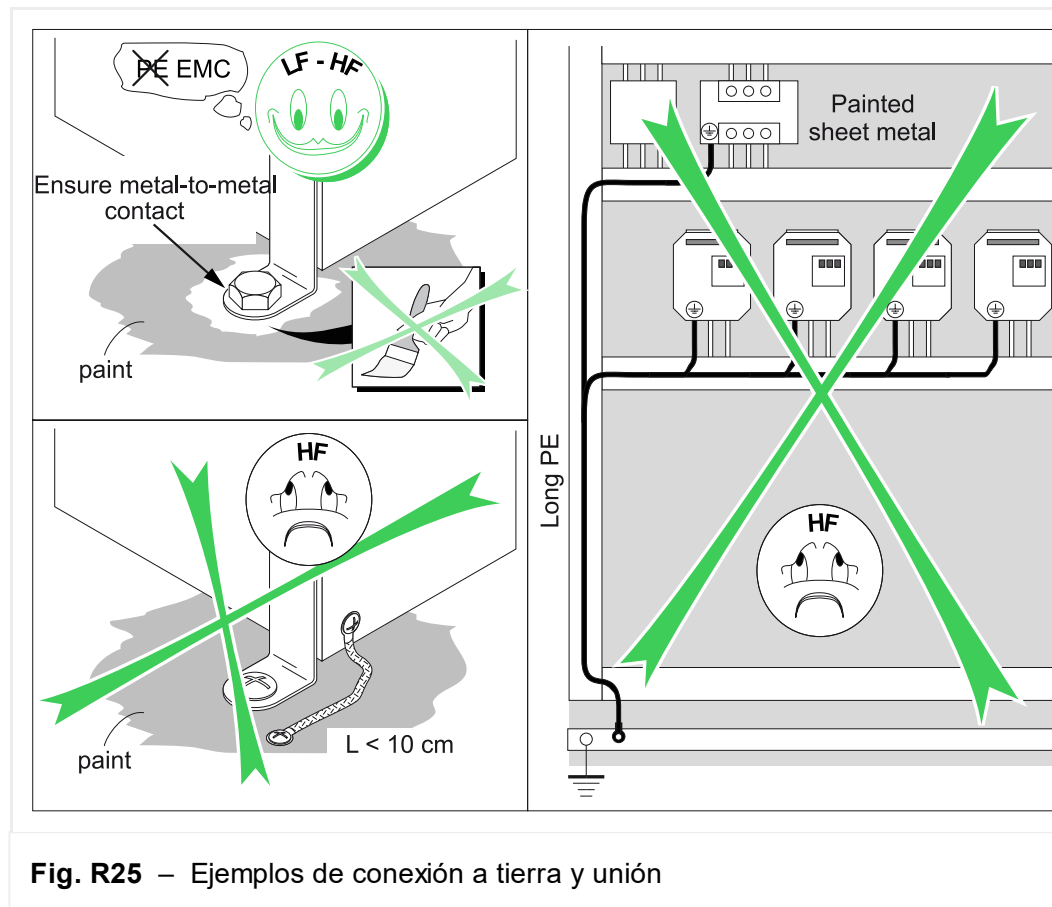


Fig. R25 – Ejemplos de conexión a tierra y unión

Todos los cables se tenderán sobre estructuras metálicas puestas a tierra.

Todos los componentes EMC (por ejemplo, filtro EMI, abrazaderas EMC) se fijarán directamente sobre las placas metálicas sin ningún revestimiento aislante (por ejemplo, sin pintura ni barniz).

Los cables apantallados que salen o entran del cubículo deberán estar unidos a la barra o placa de puesta a tierra si estos cables provienen de larga distancia y/o de zonas no equipotenciales.

El objetivo es desviar las corrientes perturbadoras en la entrada del gabinete y no dentro del gabinete.

No se recomiendan gabinetes no metálicos para fines de EMC.

Para proteger los equipos electrónicos contra campos magnéticos de baja frecuencia, se recomienda utilizar gabinetes de acero (galvanizados).

Los metales no magnéticos (por ejemplo, aluminio, acero inoxidable) son más eficientes para entornos de alta frecuencia.

Los aparatos de potencia y de bajo nivel deberán estar físicamente separados y también se respetará la segregación de cables y las distancias entre cables de potencia y sensibles como se muestra en las figuras a continuación.

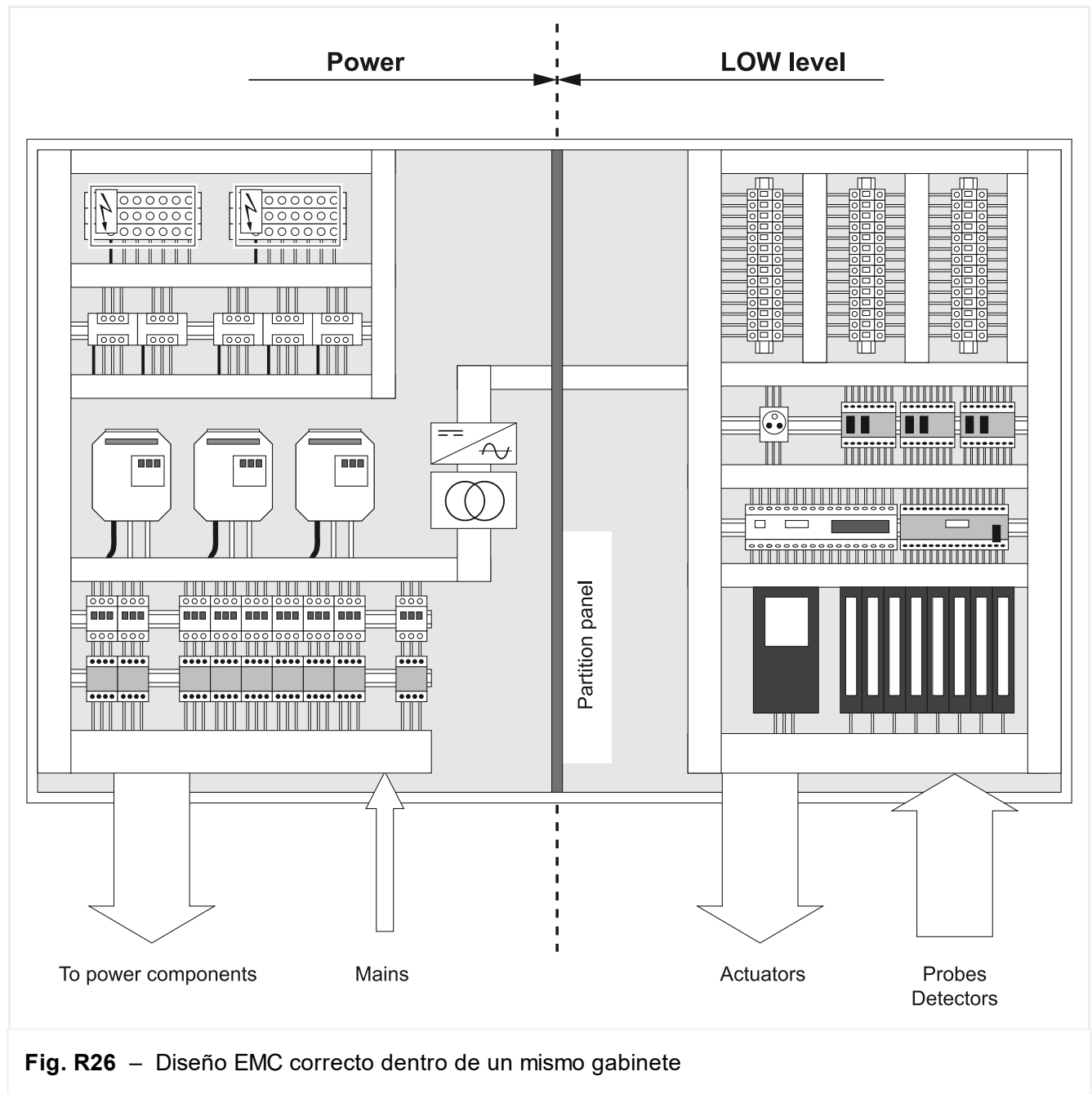


Fig. R26 – Diseño EMC correcto dentro de un mismo gabinete

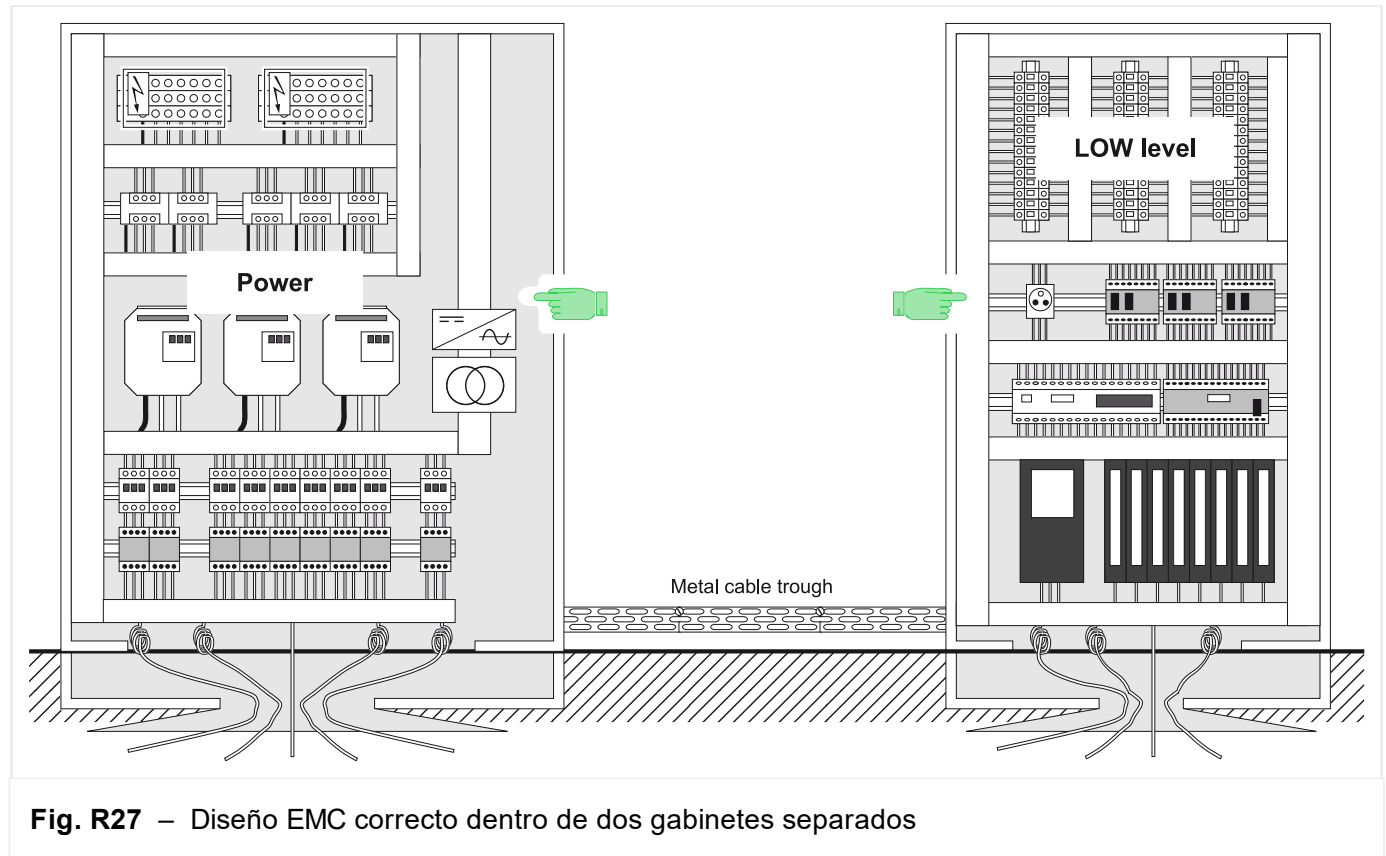


Fig. R27 – Diseño EMC correcto dentro de dos gabinetes separados

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Implementación de EMC: estándares

Es absolutamente imprescindible especificar las normas y recomendaciones que se deben tener en cuenta para las instalaciones.

A continuación se muestran varios documentos que se pueden utilizar:

EN 50174-1	Tecnologías de la información - Instalación de cableado. Parte 1: Especificaciones y garantía de calidad.
EN 50174-2	Tecnologías de la información - Instalación de cableado. Parte 2: Planificación y prácticas de instalación en el interior de edificios.
EN 50310	Aplicación de conexión equipotencial y puesta a tierra en edificios con equipos de tecnologías de la información.
EN 50173	Tecnologías de la Información - Sistemas de cableado genéricos
HD 60364-4-444	Instalaciones eléctricas de bajo voltaje Parte 4-444: Protección para la seguridad - Protección contra perturbaciones de voltaje y perturbaciones electromagnéticas

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.

Implementación EMC: protección contra descargas electrostáticas

Normalmente, se requiere el uso de herramientas o paquetes específicos para manipular o transportar placas o componentes electrónicos (CPU, memoria, módulos analógicos, PCMCIA, etc.) que sean sensibles a descargas electrostáticas (ESD).

Nuestros productos cumplen con las pruebas ESD estándar, pero las condiciones ESD en algunos casos superan las especificaciones.

La amenaza de ESD podría provocar el envejecimiento y fallos de los semiconductores. Sin ningún cuidado, los dispositivos semiconductores podrían dañarse o quemarse sin que los usuarios se den cuenta.

Solución

Se recomienda encarecidamente el uso de una muñequera específica anti ESD. Esta muñequera se instalará dentro de cada gabinete y se conectará correctamente al marco metálico del gabinete puesto a tierra.

Proporcionar un procedimiento que describa las buenas condiciones de uso.

A continuación se muestra un ejemplo.

Correa de muñeca ESD

La electricidad estática se produce por el contacto y separación de materiales: zapatos y pisos, ropa y el cuerpo humano, partes que se mueven sobre o desde superficies. La carga generada permanecerá en el cuerpo hasta que se descargue: el familiar "zap" que todos hemos experimentado. Es el "zap" el que hace el daño. Si podemos evitar que se acumule cualquier carga estática en el cuerpo, entonces esencialmente no habrá nada que descargar. Una muñequera correctamente conectada a tierra evita eficazmente que se

acumule cualquier carga estática. Cualquier carga estática que pudiera crearse es instantáneamente "drenada" por la correa de muñeca. La muñequera mantiene el equilibrio potencial que se logra de la manera más difícil con el "zap".

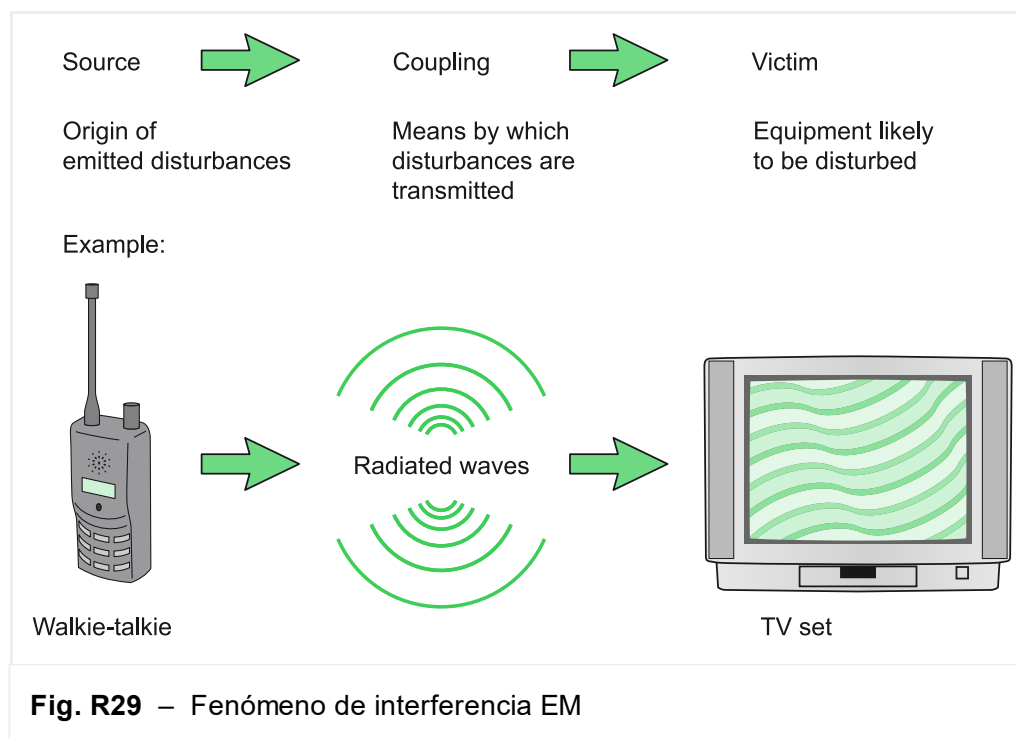


Fig. R28 – Ejemplos de muñequeras ESD

Esta página se editó por última vez el 20 de diciembre de 2019 a las 17:52.

EMC - Mecanismos de acoplamiento y contramedidas

Un fenómeno de interferencia EM se puede resumir en **la Figura R29** a continuación.



Las diferentes fuentes de perturbaciones son:

- **Emisiones de radiofrecuencia**
 - Sistemas de comunicación inalámbrica (radio, TV, CB, radioteléfonos, mandos a distancia)
 - Radar
- **Equipo eléctrico**

- Equipos industriales de alta potencia (hornos de inducción, máquinas de soldar, sistemas de control de estator)
- Equipos de oficina (computadoras y circuitos electrónicos, fotocopadoras, monitores grandes)
- Lámparas de descarga (neón, fluorescentes, flash, etc.)
- Componentes electromecánicos (relés, contactores, solenoides, dispositivos de interrupción de corriente)
- **Sistemas de poder**
 - Sistemas de transmisión y distribución de energía.
 - Sistemas de transporte eléctrico.
- **Iluminación**
- **Descargas electrostáticas (ESD)**
- **Pulsos nucleares electromagnéticos (EMNP)**

Las víctimas potenciales son:

- Receptores de radio y televisión, radares, sistemas de comunicación inalámbrica.
- Sistemas analógicos (sensores, adquisición de medidas, amplificadores, monitores)
- Sistemas digitales (computadoras, comunicaciones informáticas, equipos periféricos)

Los diferentes tipos de acoplamiento son:

- Acoplamiento de impedancia de modo común (galvánico)
- Acoplamiento capacitivo
- Acoplamiento inductivo
- Acoplamiento radiado (cable a cable, campo a cable, antena a antena)

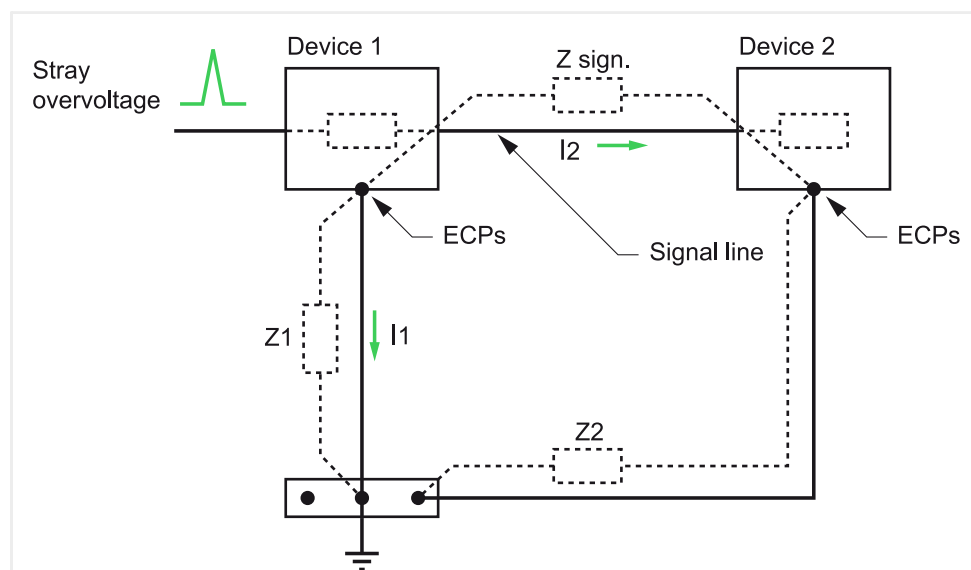
Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.

Acoplamiento de impedancia de modo común

Definición

Dos o más dispositivos están interconectados por los cables de alimentación y comunicación (ver **Fig. R30**). Cuando corrientes externas (rayos, corrientes de falla, perturbaciones) fluyen a través de estas impedancias de modo común, aparece un voltaje indeseable entre los puntos A y B **que se supone que son equipotenciales**. Este voltaje parásito puede alterar los circuitos electrónicos rápidos o de bajo nivel.

Todos los cables, incluidos los conductores de protección, tienen una impedancia, especialmente a altas frecuencias.



Las partes conductoras expuestas (ECP) de los dispositivos 1 y 2 están conectadas a un terminal de tierra común mediante conexiones con impedancias Z_1 y Z_2 .

La sobretensión parásita fluye hacia tierra a través de Z_1 . El potencial del

dispositivo 1 aumenta a $Z_1 I_1$. La diferencia de potencial con el dispositivo 2 (potencial inicial = 0) da como resultado la aparición de la corriente I_2 .

$$Z_1 I_1 = (Z_{\text{sign}} + Z_2) I_2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_1}{(Z_{\text{sign}} + Z_2)}$$

La corriente I_2 , presente en la línea de señal, perturba el dispositivo 2.

Fig. R30 – Definición de acoplamiento de impedancia de modo común

Ejemplos

(ver **figura R31**)

- Dispositivos unidos por un conductor de referencia común (por ejemplo, PEN, PE) afectados por variaciones rápidas o intensas de corriente (di/dt) (corriente de falla, caída de rayo, cortocircuito, cambios de carga, circuitos de corte, corrientes armónicas, bancos de capacitores de corrección del factor de potencia). , etc.)
- Un camino de retorno común para varias fuentes eléctricas.

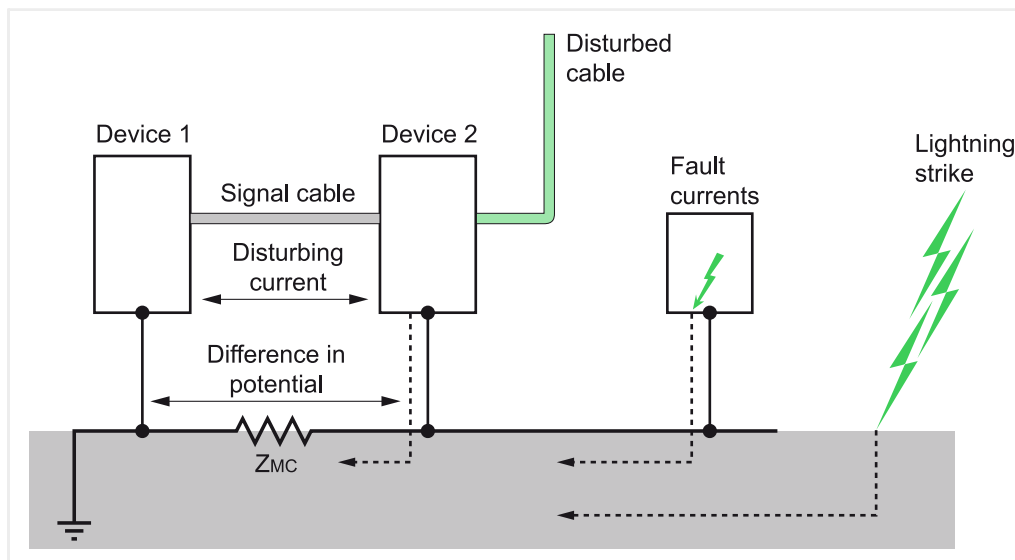


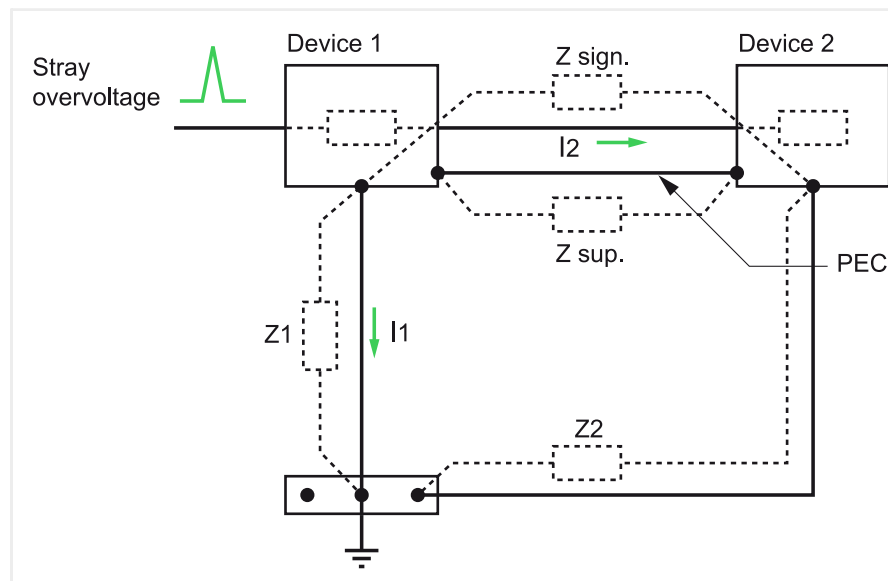
Fig. R31 – Ejemplo de acoplamiento de impedancia en modo común

Contramedidas

(ver **figura R32**)

Si no se pueden eliminar, las impedancias de modo común deben ser al menos lo más bajas posible. Para reducir los efectos de las impedancias en modo común, es necesario:

- Reducir las impedancias:
 - Mallar las referencias comunes,
 - Utilice cables cortos o trenzas planas que, a iguales tamaños, tengan una impedancia menor que los cables redondos,
 - Instale una conexión equipotencial funcional entre los dispositivos.
- Reduzca el nivel de las corrientes perturbadoras agregando filtrado de modo común e inductores de modo diferencial.



Si la impedancia del conductor de puesta a tierra paralelo PEC (Z_{sup}) es muy baja en comparación con el signo Z , la mayor parte de la corriente perturbadora fluye a través del PEC, es decir, no a través de la línea de señal como en el caso anterior.

La diferencia de potencial entre los dispositivos 1 y 2 se vuelve muy baja y la perturbación es aceptable.

Fig. R32 – Contramedidas del acoplamiento de impedancia de modo común

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.



Acoplamiento capacitivo

Definición

El nivel de perturbación depende de las variaciones de tensión (dv/dt) y del valor de la capacitancia de acoplamiento entre el perturbador y la víctima.

El acoplamiento capacitivo aumenta con:

- La frecuencia
- La proximidad del perturbador a la víctima y la longitud de los cables paralelos.
- La altura de los cables con respecto a un plano de referencia del suelo.
- La impedancia de entrada del circuito víctima (los circuitos con una impedancia de entrada alta son más vulnerables)
- El aislamiento del cable víctima (ϵ_r del aislamiento del cable), particularmente para pares estrechamente acoplados

La Figura R33 muestra los resultados del acoplamiento capacitivo (diafonía) entre dos cables.

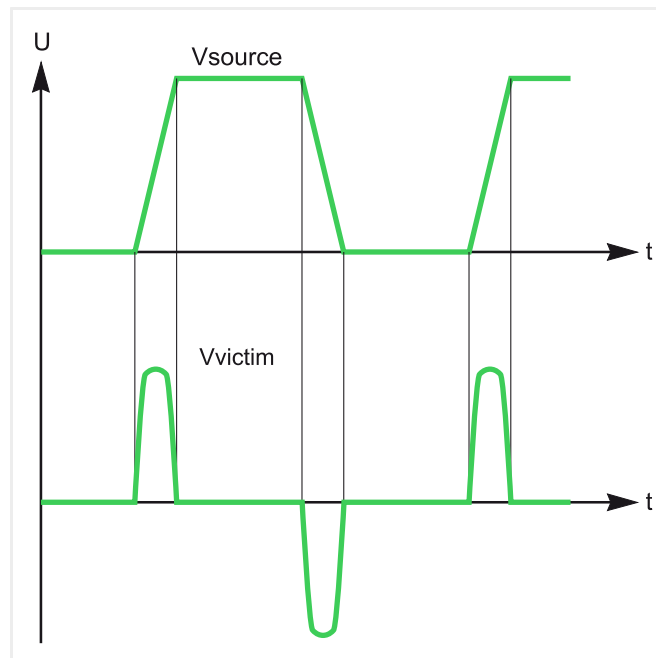
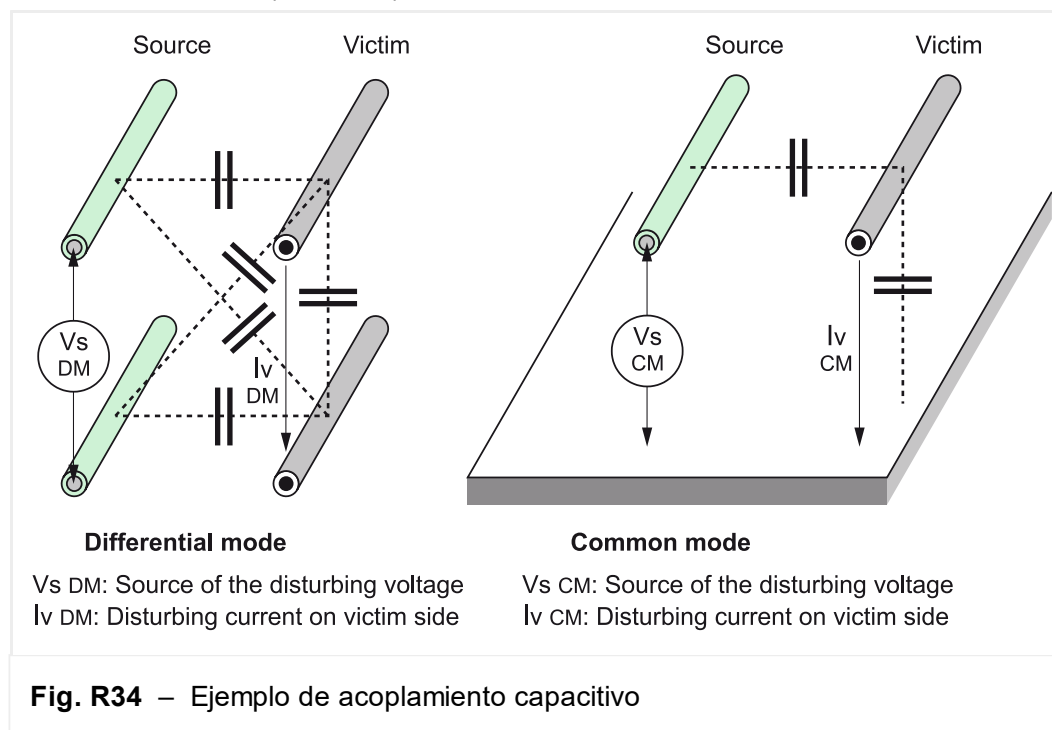


Fig. R33 – Resultado típico del acoplamiento capacitivo (diafonía capacitiva)

Ejemplos

(ver **figura R34**)

- Cables cercanos sometidos a variaciones rápidas de tensión (dv/dt)
- Puesta en marcha de lámparas fluorescentes.
- Fuentes de alimentación conmutadas de alto voltaje (fotocopiadoras, etc.)
- Capacitancia de acoplamiento entre los devanados primario y secundario de transformadores.
- Diafonía entre cables



Contramedidas

(ver **figura R35**)

- Limitar la longitud de las carreras paralelas de perturbadores y víctimas al mínimo estricto.
- Aumentar la distancia entre el perturbador y la víctima.
- Para conexiones de dos cables, coloque los dos cables lo más juntos posible
- Coloque un PEC adherido en ambos extremos y entre el perturbador y la víctima.
- Utilice cables de dos o cuatro hilos en lugar de conductores individuales.
- Utilice sistemas de transmisión simétricos en sistemas de cableado simétricos correctamente implementados.
- Proteja los cables perturbadores, los cables afectados o ambos (el blindaje debe estar unido)
- Reduzca el dv/dt del perturbador aumentando el tiempo de subida de la señal siempre que sea posible.

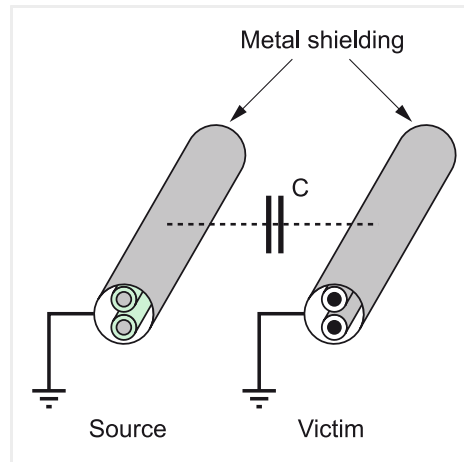


Fig. R35 – El blindaje del cable con perforaciones reduce el acoplamiento capacitivo

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:48.



Acoplamiento inductivo

Definición

El perturbador y la víctima están unidos por un campo magnético. El nivel de perturbación depende de las variaciones de corriente (di/dt) y de la inductancia de acoplamiento mutuo.

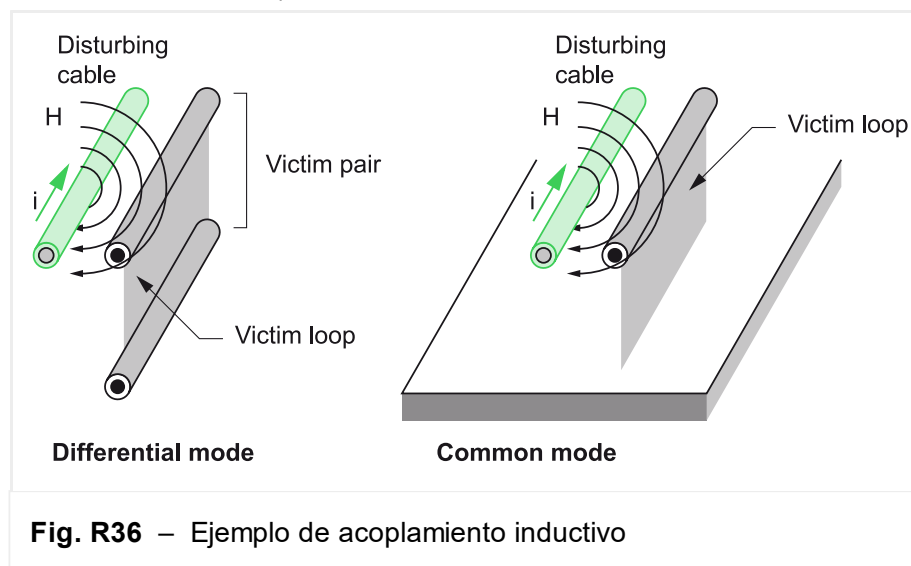
El acoplamiento inductivo aumenta con:

- La frecuencia
- La proximidad del perturbador a la víctima y la longitud de los cables paralelos,
- La altura de los cables con respecto a un plano de referencia del suelo,
- La impedancia de carga del circuito perturbador.

Ejemplos

(ver **figura R36**)

- Cables cercanos sometidos a variaciones rápidas de corriente (di/dt)
- Corto circuitos
- Corrientes de falla
- La caída de rayos
- Sistemas de control del estator
- Máquinas de soldar
- Inductores



Contramedidas

- Limitar la longitud de las carreras paralelas de perturbadores y víctimas al mínimo estricto.
- Aumentar la distancia entre el perturbador y la víctima.
- Para conexiones de dos cables, coloque los dos cables lo más juntos posible
- Utilice cables multipolares o unipolares en contacto, preferiblemente en disposición triangular.
- Coloque un PEC adherido en ambos extremos y entre el perturbador y la víctima.
- Utilice sistemas de transmisión simétricos en sistemas de cableado simétricos correctamente implementados.
- Proteja los cables perturbadores, los cables afectados o ambos (el blindaje debe estar unido)
- Reducir el dv/dt del perturbador aumentando el tiempo de subida de la señal cuando sea posible (resistencias conectadas en serie o resistencias PTC en el cable perturbador, anillos de ferrita en el cable perturbador y/o víctima)

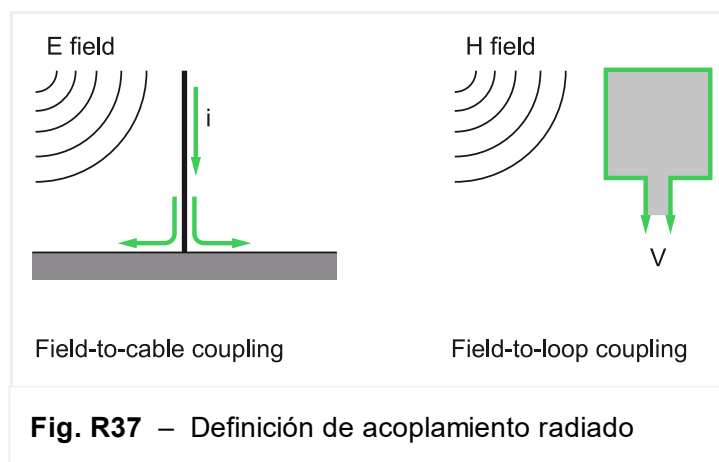
Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.

Acoplamiento radiado

Definición

El perturbador y la víctima están unidos por un medio (por ejemplo, aire). El nivel de perturbación depende de la potencia de la fuente radiante y de la eficacia de las antenas emisora y receptora. Un campo electromagnético comprende tanto un campo eléctrico como un campo magnético. Los dos campos están correlacionados. Es posible analizar por separado los componentes eléctricos y magnéticos.

El campo eléctrico (campo E) y el campo magnético (campo H) están acoplados en sistemas de cableado a través de cables y bucles (ver **Fig. R37**).



Cuando un cable se somete a un campo eléctrico variable, se genera una corriente en el cable. Este fenómeno se denomina acoplamiento de campo a cable.

De manera similar, cuando un campo magnético variable fluye a través de un bucle, crea una fuerza contraelectromotriz que produce un voltaje entre los dos extremos del bucle. Este fenómeno se llama acoplamiento de campo a bucle.

Ejemplos

(ver **figura R38**)

- Equipos de transmisión de radio (walkie-talkies, transmisores de radio y TV, servicios móviles)
- Radar
- Sistemas de encendido de automóviles
- Máquinas de soldar por arco
- Hornos de inducción
- Sistemas de conmutación de energía.
- Descargas electrostáticas (ESD)
- Encendiendo

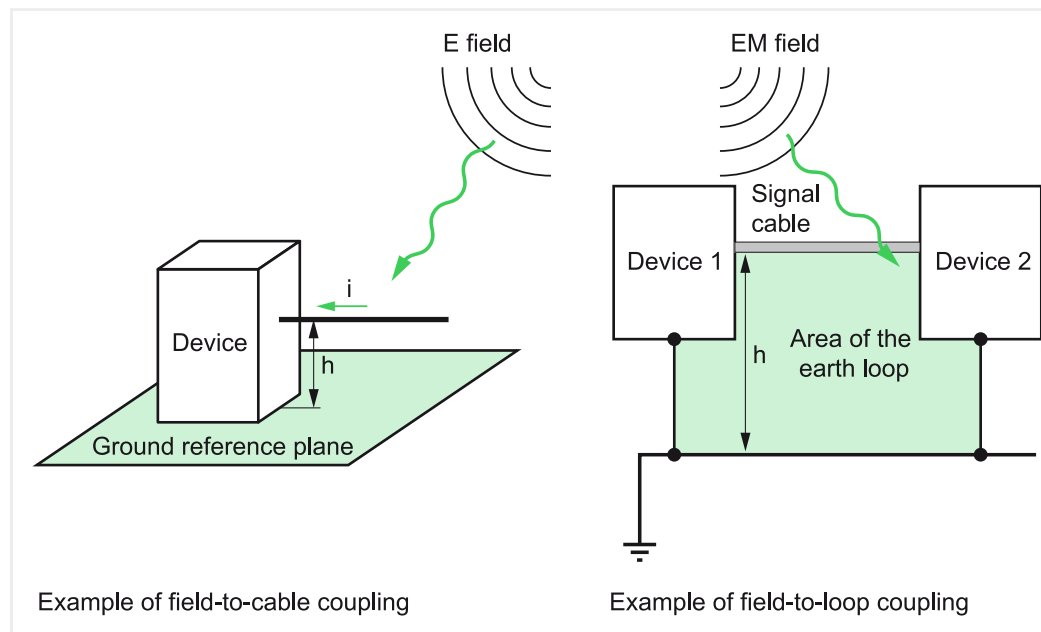


Fig. R38 – Ejemplos de acoplamiento radiado

Contramedidas

Para minimizar los efectos del acoplamiento radiado, se requieren las medidas siguientes.

Para acoplamiento de campo a cable

- Reducir el efecto antena de la víctima reduciendo la altura (h) del cable respecto al plano de referencia del suelo.
- Colocar el cable en un canal metálico unido y continuo (tubo, canal, bandeja portacables)
- Utilice cables blindados que estén correctamente instalados y conectados.
- Agregar PEC
- Coloque filtros o anillos de ferrita en el cable víctima.

Para acoplamiento de campo a bucle

- Reducir la superficie del bucle víctima reduciendo la altura (h) y la longitud del cable. Utilice las soluciones para el acoplamiento de campo a cable. Utilice el principio de la jaula de Faraday.

El acoplamiento radiado se puede eliminar utilizando el principio de la jaula de Faraday. Una posible solución es un cable blindado con ambos extremos del blindaje conectados a la carcasa metálica del dispositivo. Las partes conductoras expuestas deben estar unidas para mejorar la efectividad en altas frecuencias.

El acoplamiento radiado disminuye con la distancia y cuando se utilizan enlaces de transmisión simétricos.

Esta página se editó por última vez el 22 de junio de 2022 a las 09:49.

Recomendaciones de cableado

Clases de señal

(ver **figura R39**)

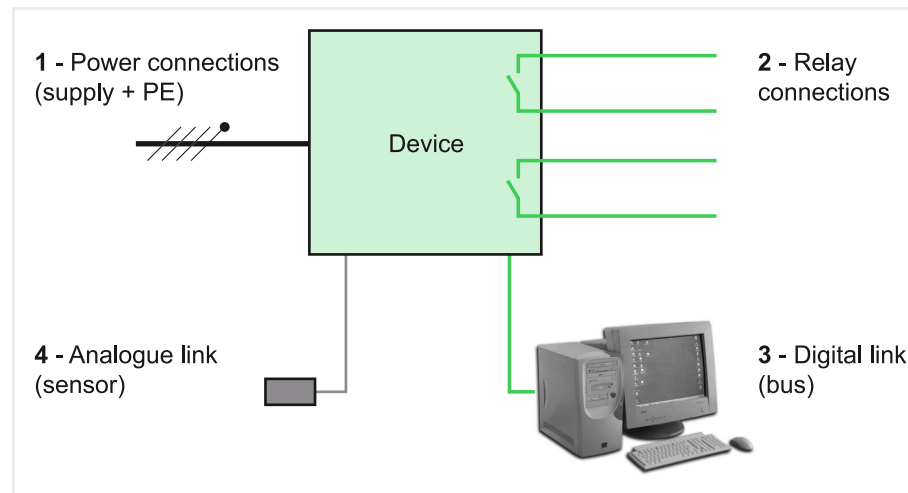


Fig. R39 – Las señales internas se pueden agrupar en cuatro clases.

Cuatro clases de señales internas son:

- **Clase 1**

Redes eléctricas, circuitos eléctricos con alto di/dt, convertidores conmutados, dispositivos de control de regulación de potencia.

Esta clase no es muy sensible, pero molesta a las demás clases (particularmente en el modo común).

- **Clase 2**

Contactos de relé.

Esta clase no es muy sensible, pero perturba a las demás clases (conmutaciones, arcos al abrir los contactos).

- **Clase 3**

Circuitos digitales (conmutación HF).

Esta clase es sensible a los pulsos, pero también perturba a la siguiente clase.

- **Clase 4**

Circuitos de entrada/salida analógica (medidas de bajo nivel, circuitos de alimentación de sensores activos). Esta clase es sensible.

Es una buena idea utilizar conductores con un color específico para cada clase para facilitar la identificación y separar las clases. Esto es útil durante el diseño y la resolución de problemas.

Recomendaciones de cableado

Los cables que transportan diferentes tipos de señales deben estar físicamente separados.

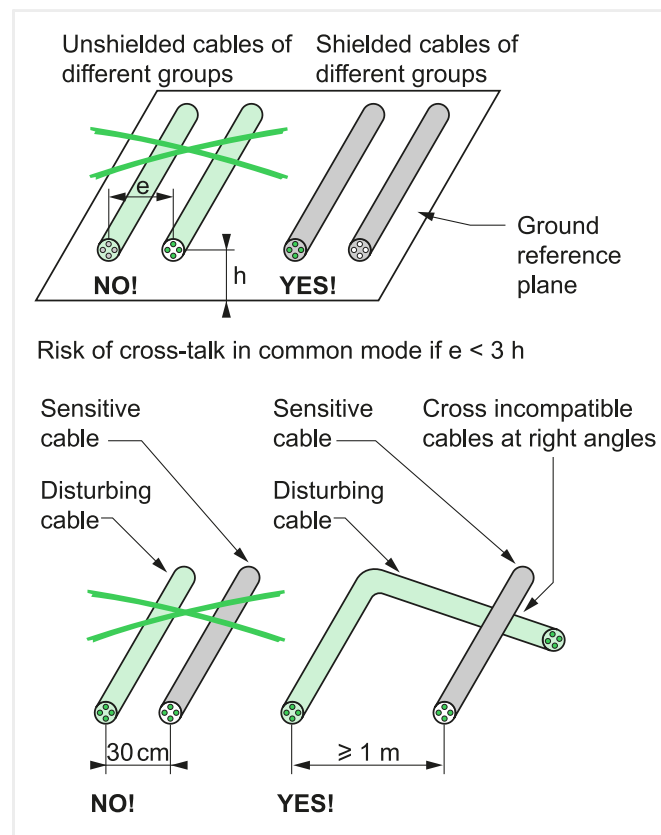


Fig. R40 – Recomendaciones de cableado para cables que transportan diferentes tipos de señales

Los cables perturbadores (clases 1 y 2) deben colocarse a cierta distancia de los cables sensibles (clases 3 y 4)

(ver Fig. R40 y Fig. R41)

En general, es suficiente una separación de 10 cm entre cables tendidos planos sobre chapa (tanto para modo común como diferencial). Si hay suficiente espacio, es preferible una distancia de 30 cm. Si es necesario cruzar los cables, debe hacerse en ángulo recto para evitar interferencias (incluso si se tocan). No hay requisitos de distancia si los cables están separados por una partición metálica que sea equipotencial con respecto a los ECP. Sin embargo, la altura del tabique debe ser mayor que el diámetro de los cables.

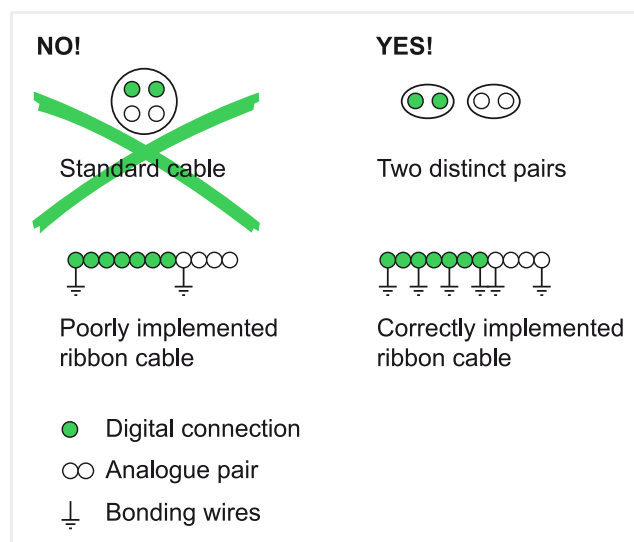
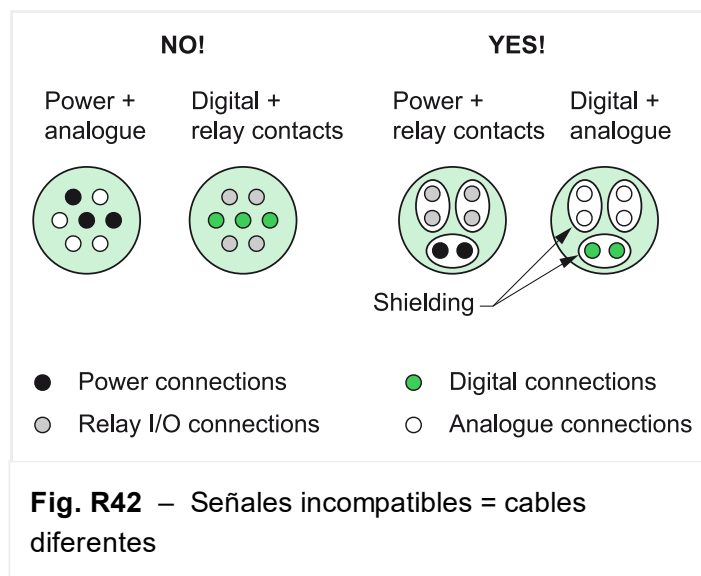


Fig. R41 – Uso de cables y cable plano

Un cable debe transportar las señales de un solo grupo.

(ver **figura R42**)

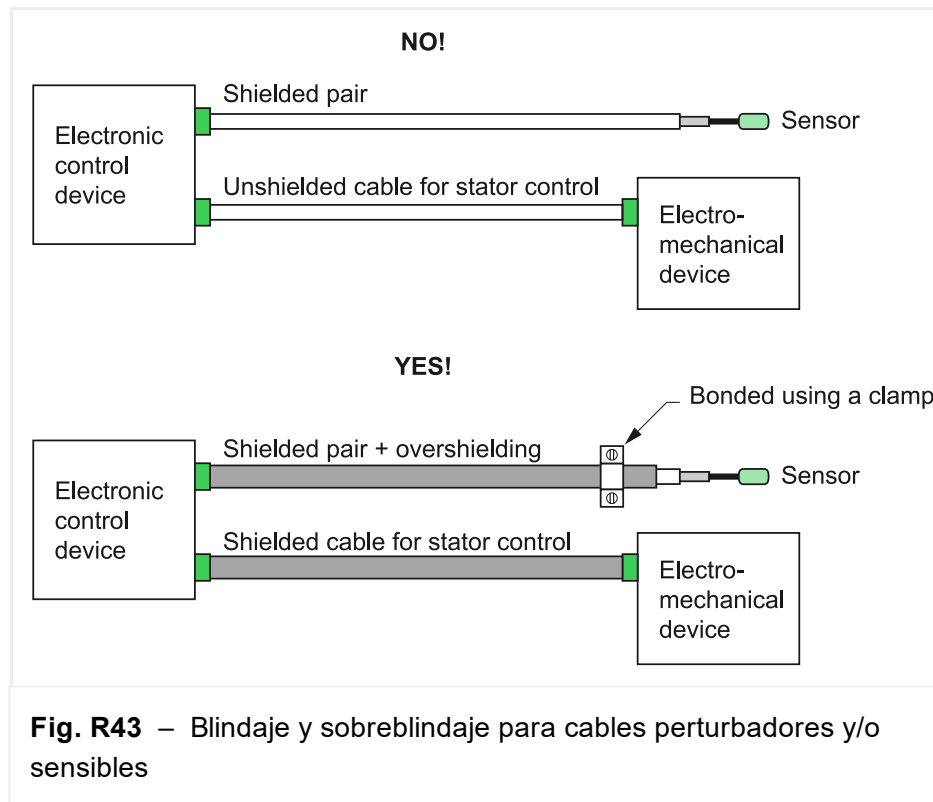
Si es necesario utilizar un cable para transportar las señales de diferentes grupos, es necesario un blindaje interno para limitar la diafonía (modo diferencial). El blindaje, preferentemente trenzado, deberá ir unido en cada extremo para los grupos 1, 2 y 3.



Se recomienda proteger excesivamente los cables perturbadores y sensibles.

(ver **figura R43**)

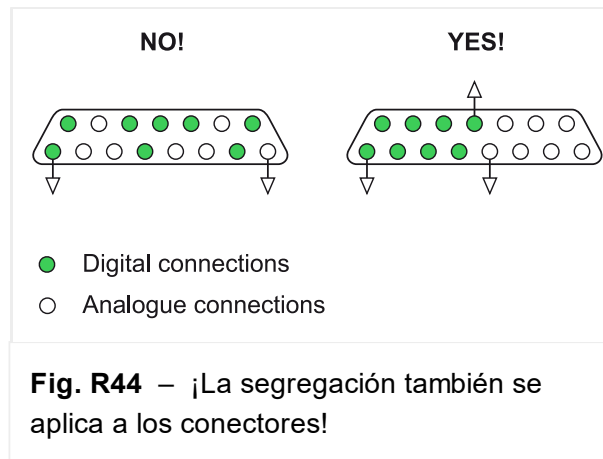
El sobreblindaje actúa como protección HF (modos común y diferencial) si se une en cada extremo mediante un conector circunferencial, un collar o una abrazadera. Sin embargo, un simple cable de unión no es suficiente.



Evite utilizar un único conector para diferentes grupos

(ver **figura R44**)

Excepto cuando sea necesario para los grupos 1 y 2 (modo diferencial). Si se utiliza un único conector tanto para señales analógicas como digitales, los dos grupos deben estar separados por al menos un juego de contactos conectados a 0 V utilizados como barrera.



Todos los conductores libres (reserva) deben estar siempre unidos en cada extremo.

(ver **figura R45**)

Para el grupo 4, estas conexiones no se recomiendan para líneas con niveles de tensión y frecuencia muy bajos (riesgo de creación de ruido de señal, por inducción magnética, en las frecuencias de transmisión).

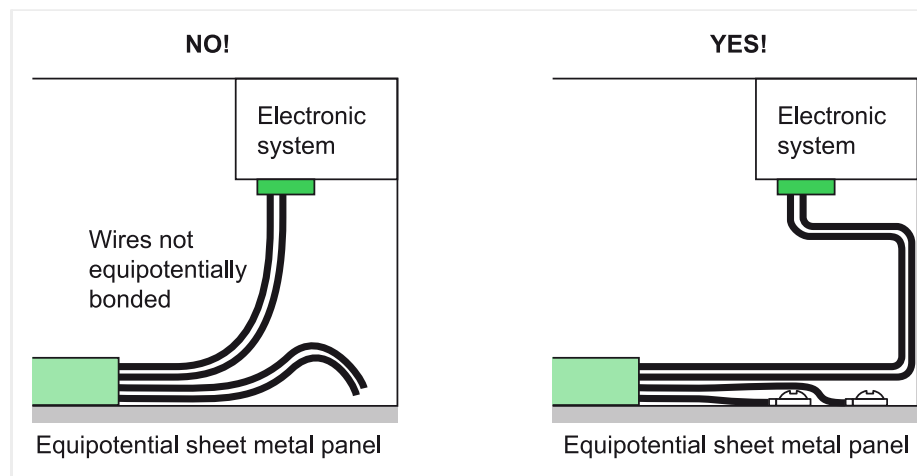


Fig. R45 – Los cables libres deben estar conectados equipotencialmente

Los dos conductores deben instalarse lo más juntos posible.

(ver **figura R46**)

Esto es particularmente importante para los sensores de bajo nivel. Incluso para señales de relé con común, los conductores activos deben ir acompañados de al menos un conductor común por haz. Para señales analógicas y digitales, los pares trenzados son un requisito mínimo. Un par trenzado (modo diferencial) garantiza que los dos hilos permanezcan juntos en toda su longitud.

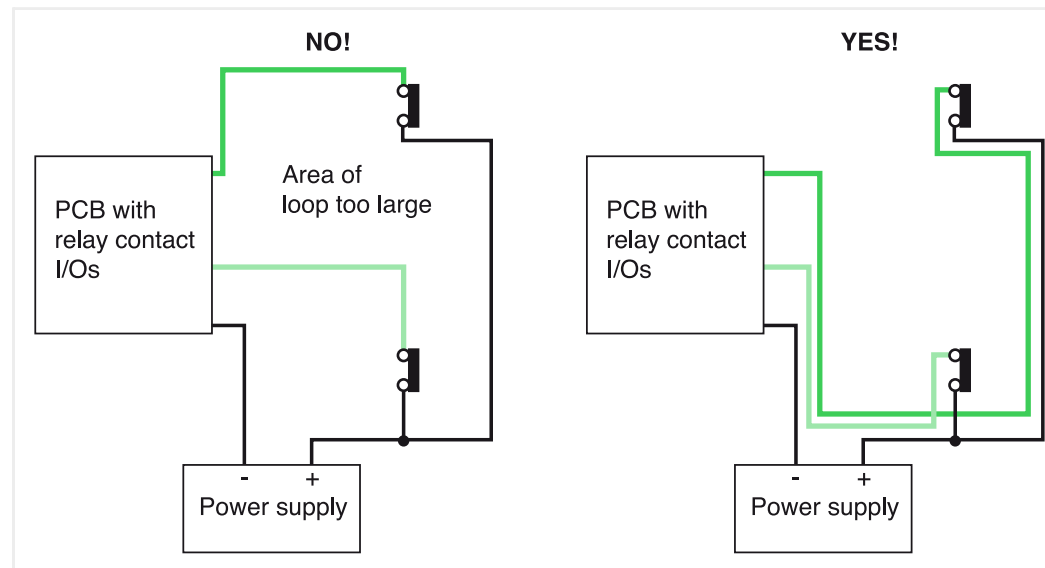


Fig. R46 – Los dos cables de un par siempre deben pasar juntos

Los cables del grupo 1 no necesitan estar blindados si están filtrados

Pero deberán ser de pares trenzados para garantizar el cumplimiento del apartado anterior.

Los cables siempre deben colocarse en toda su longitud contra las partes metálicas unidas de los dispositivos.

(ver **figura R47**)

Por ejemplo: Cubiertas, canalizaciones metálicas, estructuras, etc. Para aprovechar el efecto de reducción (modo común) y el efecto antidiafonía (modo diferencial) confiables, económicos y significativos.

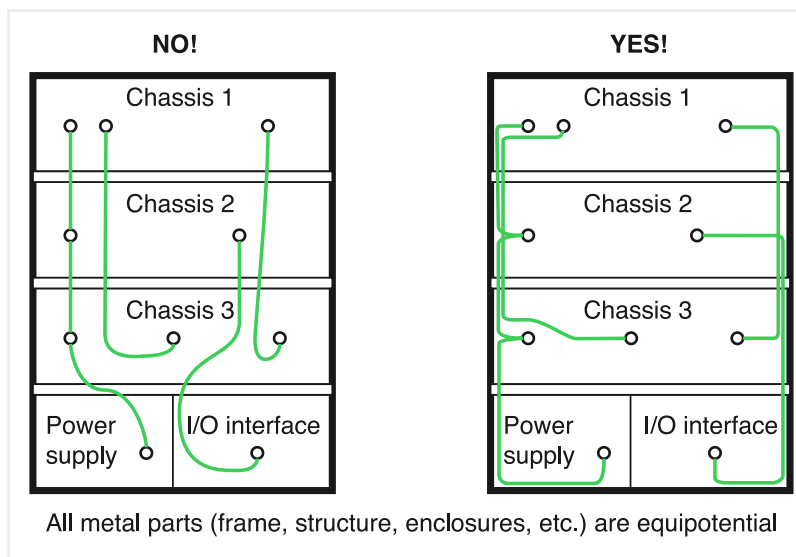
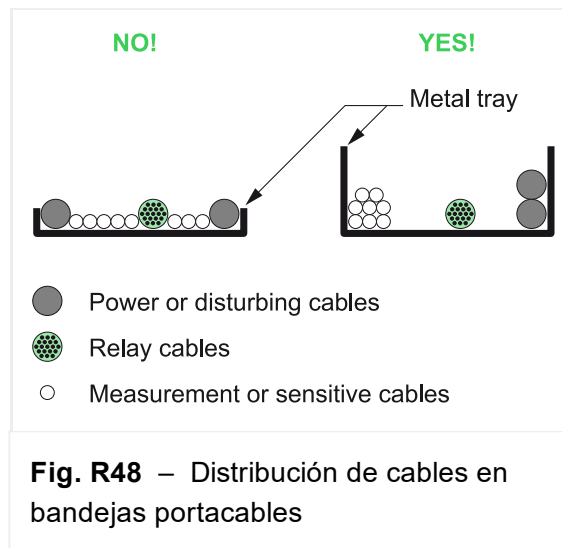


Fig. R47 – Pase los cables en toda su longitud contra las partes metálicas adheridas.

El uso de canales metálicos correctamente pegados mejora considerablemente la CEM interna

(ver figura R48)



Esta página se editó por última vez el 4 de agosto de 2022 a las 07:33.