

Clase 3



Como obtener la Compatibilidad Electromagnética en la Instalación

- Introducción
- Planteamiento CEM
- Reglas del Arte Industrial
- Red de Masas
- Alimentación
- Armario
- Cables
- Reglas del Cableado
- Bandejas de cables
- Conexiones
- Filtros
- Limitaciones de sobretensión
- Ferritas

Introducción

- En los capítulos siguientesSe recomienda garantizar la Compatibilidad Electromagnética en la fase de **DISEÑO** de la Instalación.
- Es la mejor garantía para evitar un mal funcionamiento de los equipos y el encarecimiento de la instalación.
- NO tener en cuenta la CEM durante el estudio del proyecto significa un ahorro porcentual en el costo global de la instalación, sin embargo posteriormente suele ser necesario hacer modificaciones en la fase de puesta en servicio de la instalación.....Los especialistas en CEM coinciden que tomando en cuenta la CEM, el costo final es de un 3 a un 5%.

Planteamiento “CEM”

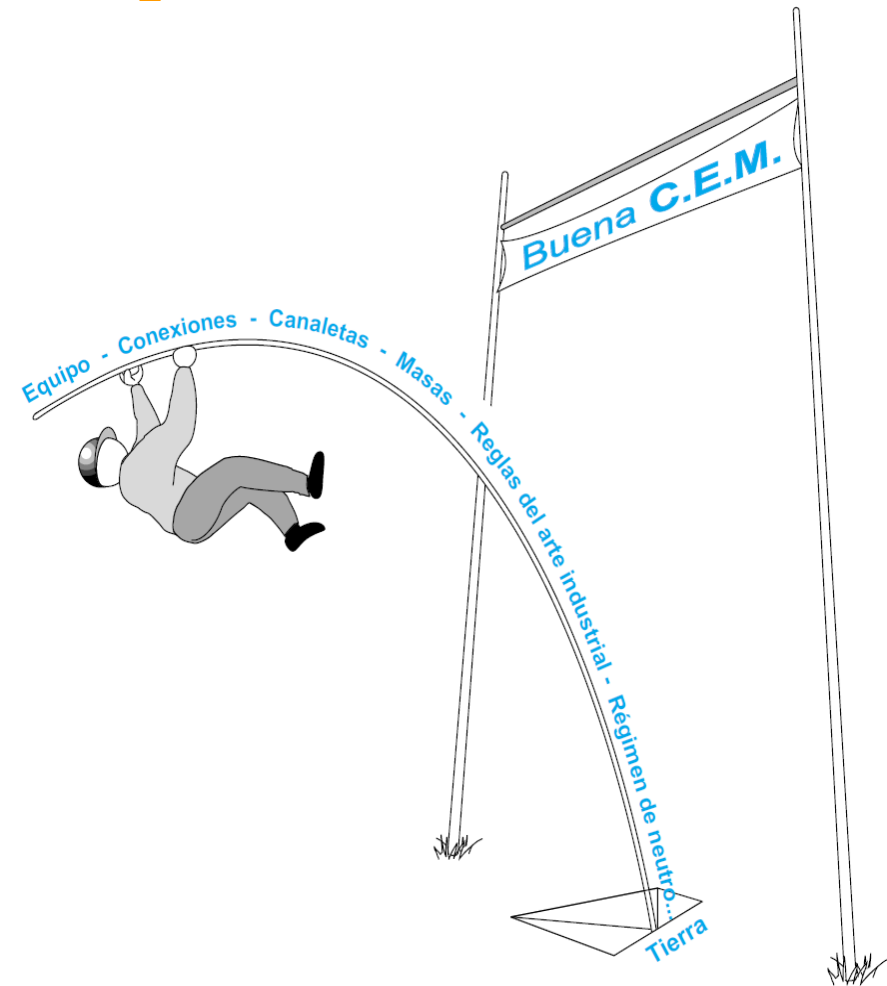
- Planteamiento de la CEM debe ser global.
- Diseño de una Instalación nueva o de una ampliación.
- Mantenimiento de una Instalación o Modificación
– Actualización el parque.
- Mejora de una instalación existente.

Planteamiento “CEM”

El planteamiento de la CEM debe ser global

El buen funcionamiento de la instalación se basa en una diseño correcto, una buena elección y la correcta realización de todas las partes de la instalación.

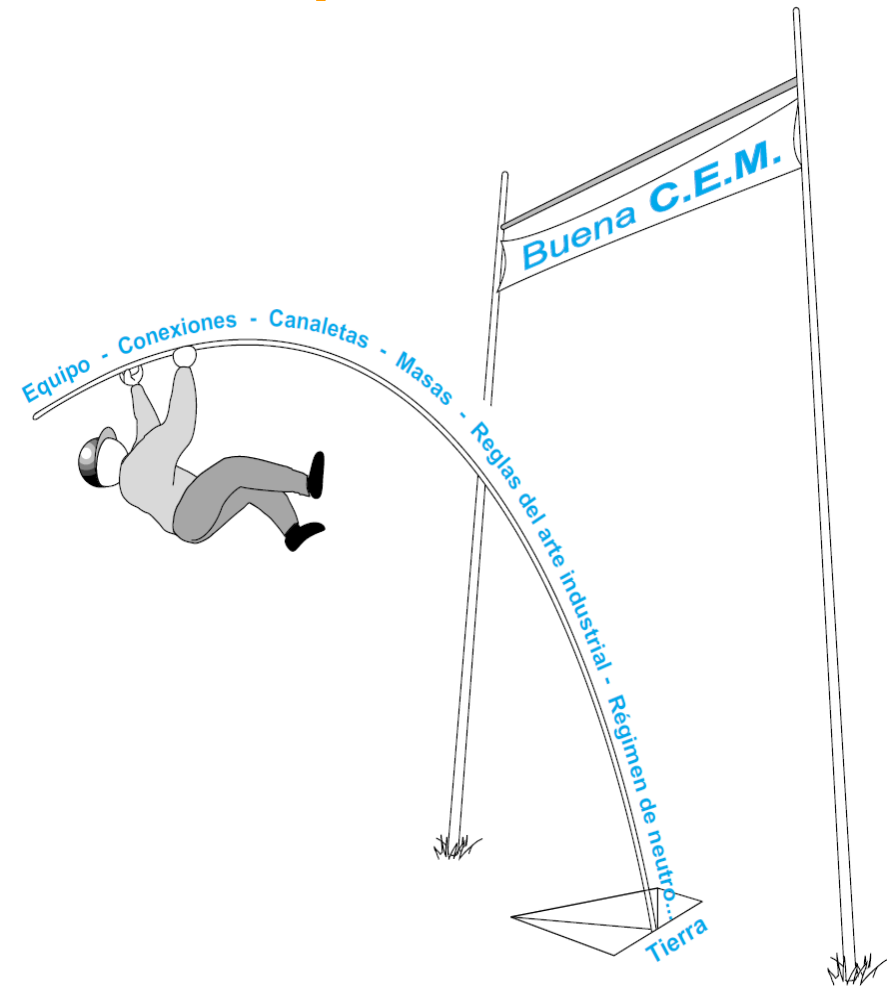
La “CEMs” y mas específicamente los fenómenos de “AF”, son difíciles de interpretar....en CEM no existen verdades universales.



Planteamiento "CEM"

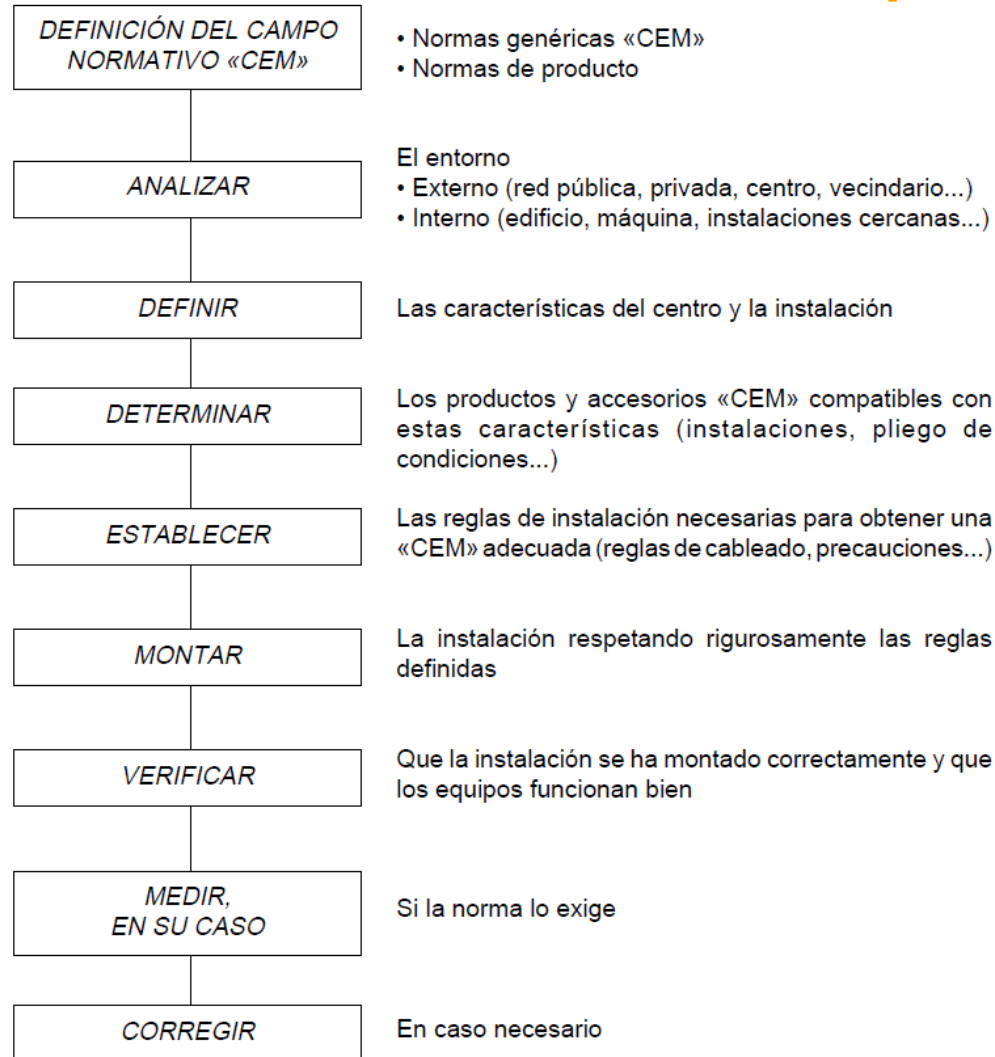
El planteamiento de la CEM debe ser global

Los problemas y las acciones necesarias para solucionarlos, son propios de cada instalación, aplicar las reglas del arte industrial garantiza el máximo de posibilidades de que la instalación funcione correctamente.



Planteamiento "CEM"

Diseño de una instalación nueva o de una ampliación



Planteamiento "CEM"

Mtto. De una Instalación o Modificación – Actualización del parque

FORMAR

Los electricistas y los mecánicos han de ser conscientes de los problemas de mallado de las masas, blindaje, influencia de las conexiones...

ANALIZAR

Las consecuencias de cualquier modificación o sustitución de un equipo... para el sistema o el entorno.

CONTROLAR

Establecer visitas preventivas periódicas con el fin de sustituir limitadores de cresta, varistancias, comprobar las conexiones, controlar la resistencia de masa...

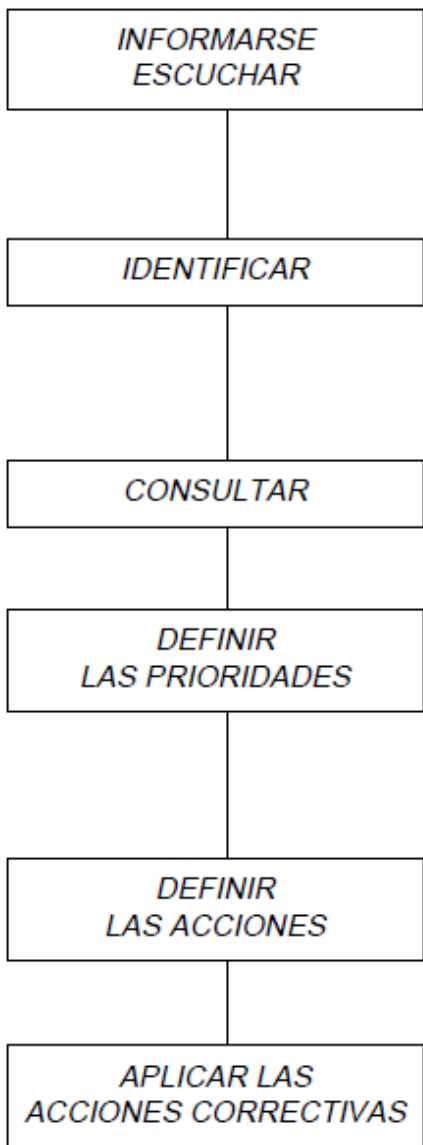
REGISTRAR

Registrar todas las intervenciones en un diario de mantenimiento de la máquina...
Crear fichas de averías con las soluciones aplicadas...

Es necesario tener presente que basta un simple desperfecto en una conexión eléctrica (corrosión, olvidar reforzar un blindaje, canaleta suelta) para que el comportamiento «CEM» de una instalación se degrade considerablemente.

Plant

Mejor



Es necesario pedir información a los responsables y, sobre todo, a los operarios.

- 1- El o los equipos perturbados.
Hacerse una idea precisa del fallo.
- 2- La o las fuentes de perturbación.
Evaluar la importancia de las perturbaciones.
- 3- Los modos de acoplamiento o de transmisión de las perturbaciones.

Esta guía para comprender los fenómenos e identificar los problemas.
Leer con mucha atención «las reglas del arte industrial».

Tratar de forma prioritaria las fuentes de perturbación más importantes.
Realizar en primer lugar las acciones que no requieran modificaciones o paradas prolongadas de la máquina.

Tratar los puntos de entrada de las perturbaciones uno por uno, hasta el último.

Una vez que se conozcan a fondo el problema y el capítulo de las reglas del arte industrial, inspeccionar toda la instalación, observar atentamente todos los puntos importantes y tomar nota de las acciones necesarias.

Trabajar con método y determinación.
Tratar las acciones una por una. Al principio, los resultados no son visibles, a veces incluso son peores, pero es importante continuar sin desanimarse hasta solucionar el problema.

No deshacer una acción correctiva ya aplicada. Solamente al final, si se han conseguido resultados, será posible eliminar tal o cual acción, siempre que sea realmente perjudicial para la instalación.

A menudo es en ese momento cuando nos damos cuenta de que las acciones consideradas inútiles al principio participan activamente en el funcionamiento correcto de la instalación.

Si no
pa

o la
s.

Reglas del Arte Industrial

Las reglas del arte industrial se refieren al conjunto de nociones que es necesario tener en cuenta para fabricar correctamente los equipos y montar de forma adecuada las instalaciones eléctricas.

ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES	
Fenómenos de baja frecuencia «BF»	Fenómenos de alta frecuencia «AF»
• Sistemas de protección • Filtrado • Longitud de los cables	• EQUIPOTENCIALIDAD de las masas (mallado) • Canalización cuidadosa de los cables • Elección de los cables • Conexiones cuidadas y adaptadas a la «AF» • Apantallamiento de los cables • Canaletas y bandejas de cables • Longitud de los cables
Los sistemas de protección son fundamentales	La instalación es fundamental

Página 73

Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

- *Conexiones mecánicas*
- *Edificio*
- *Equipos*
- *Armario*
- *Conexiones Eléctricas*
- *Interconexiones de mallado*

La equipotencialidad de las masas en “BF” y “AF” es una regla de ORO en la CEM.

Hacer una mallado sistemático de todas las estructuras metálicas, bastidores, chasis, conductores de masas entre sí, etc...



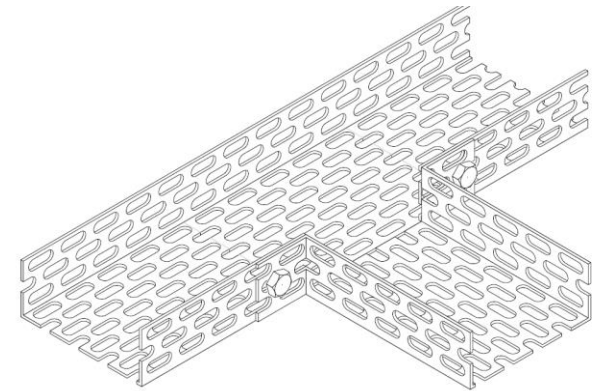
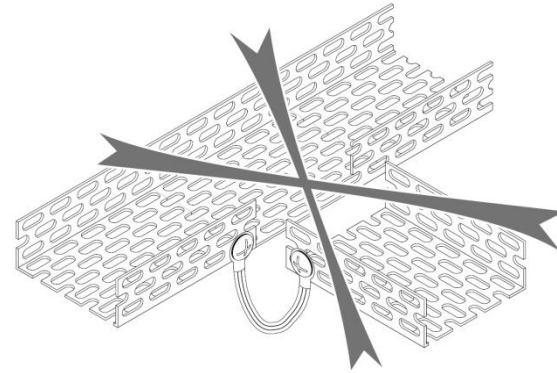
Cuidado con la pintura y los revestimientos aislantes...

Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Conexiones mecánicas

- Conexión directa metal/metal con tornillos (sin conductor).
- Conexión con trenza metálica o cualquier otro tipo de conector ancho y corto.

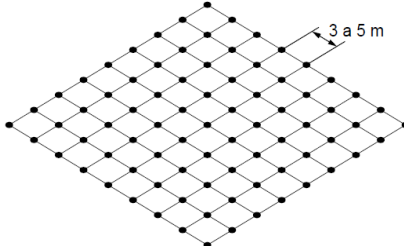


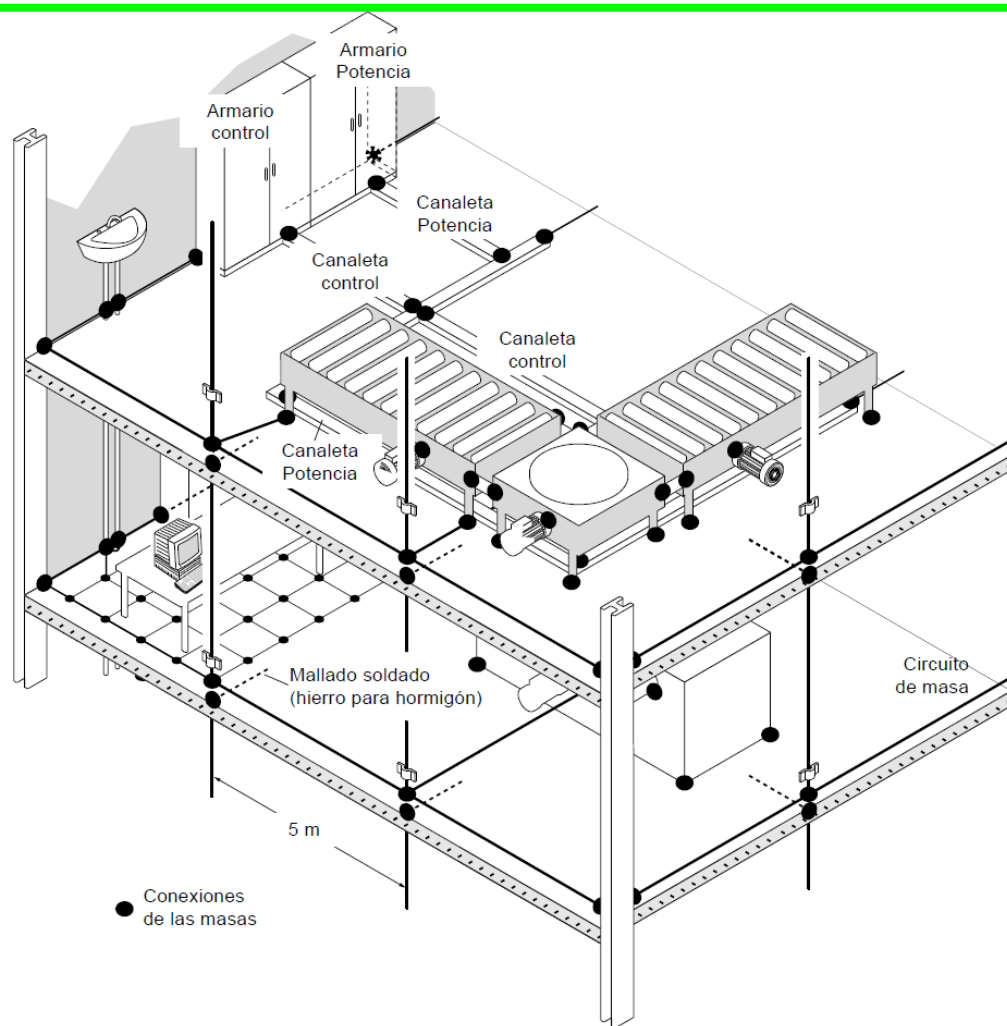
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Edificio

Equipotencialidad en "BF" y "AF" del edificio

- Montar un plano de masa y un circuito de masa por piso (mallado de hierros para hormigón).
- 
- Interconectar todas las estructuras del edificio a la red de masa.
 - Donde se instalará equipos sensibles, hacer un estudio y plano de masa muy cerrada.



Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Equipos

Equipotencialidad en “BF” y “AF” del equipo o de la máquina

- ⊕ Interconectar todas las estructuras metálicas de un mismo equipo entre si (armario, placa de plano de masa de fondo de armario, canaletas, tuberías y canalizaciones, estructuras y bastidores metálicos de la máquina, motores...).
- ⊕ En caso necesario, montar conductores de masa para completar el mallado de las masas (los dos extremos de un conductor que no se esté utilizando deben estar conectados a masa).
- ⊕ Conectar esta red de masa local a la red de masa de centro, distribuyendo y multiplicando todo lo posible las conexiones.

Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Armario - Gabinete - Envolvente

Equipotencialidad en “BF” y “AF” del armario y de sus componentes.

Equipotencialidad “BF” y “AF” del armario y de sus componentes

- ⊕ Todos los armarios deben estar equipados con una placa de plano de masa de fondo de armario.
- ⊕ Todas las masas metálicas de los componentes y dispositivos montados en el armario deben estar atornillados directamente a la placa de plano de masa para garantizar un contacto metal/metal duradero y de calidad.
- ⊕ Generalmente, el hilo de tierra verde-amarillo es demasiado largo para garantizar una conexión a masa de calidad en “AF”.



Cuidado con las placas de fondo de armario pintadas o con cualquier otro tipo de revestimiento aislante.

Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Armario - Gabinete - Envolvente

Equipotencialidad en “BF” y “AF” del armario y de sus componentes.

Equipotencialidad “BF” y “AF” del armario y de sus componentes

- ⊕ Todos los armarios deben estar equipados con una placa de plano de masa de fondo de armario.
- ⊕ Todas las masas metálicas de los componentes y dispositivos montados en el armario deben estar atornillados directamente a la placa de plano de masa para garantizar un contacto metal/metal duradero y de calidad.
- ⊕ Generalmente, el hilo de tierra verde-amarillo es demasiado largo para garantizar una conexión a masa de calidad en “AF”.



Cuidado con las placas de fondo de armario pintadas o con cualquier otro tipo de revestimiento aislante.

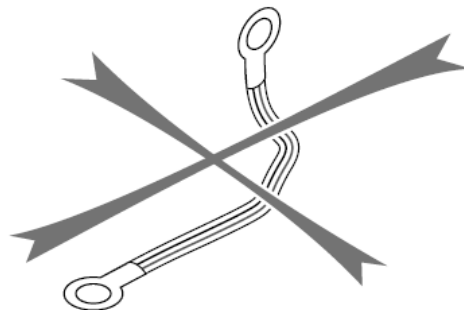
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

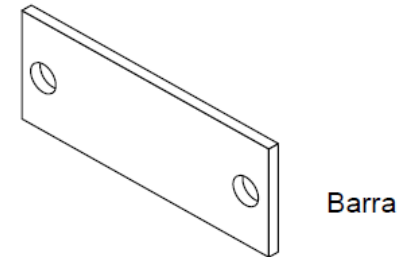
Conexiones eléctricas

Equipotencialidad – Mallado – Continuidad

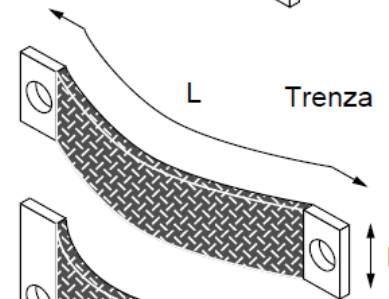
PE - PEN



Hilo amarillo/verde

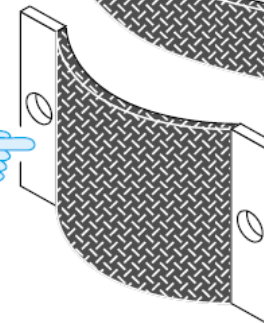


Barra



Trenza

$$\frac{L}{I} < 3$$



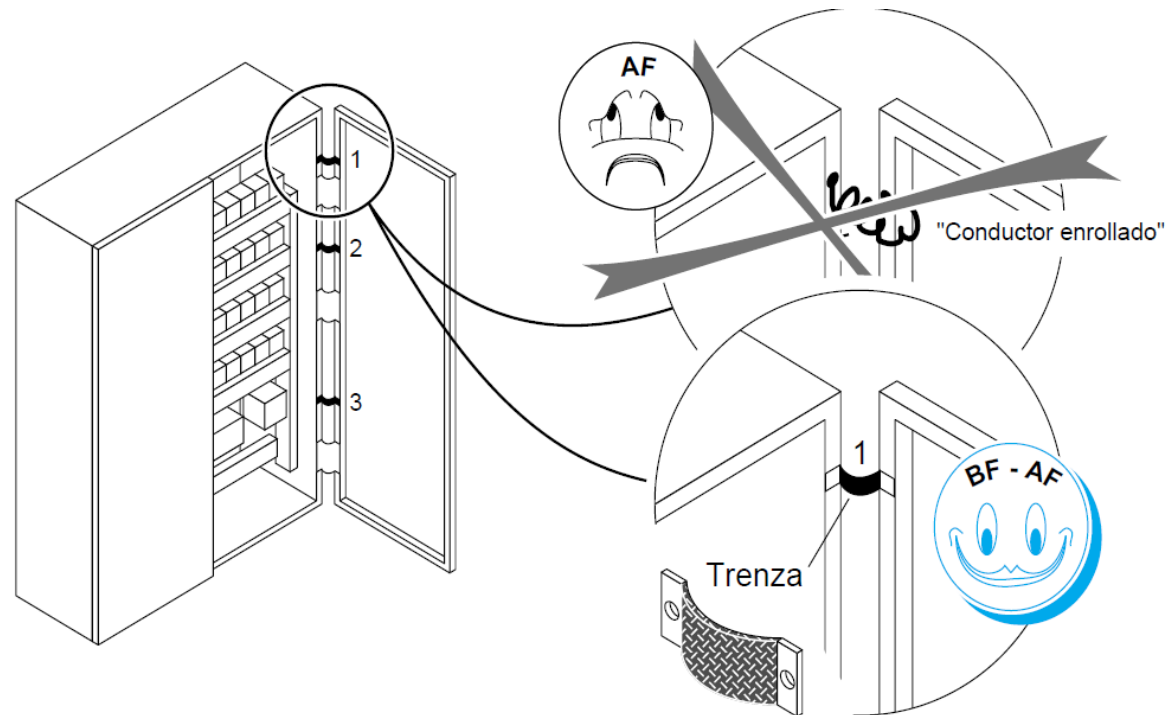
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Interconexiones de Mallado

Armario

Equipotencialidad – Mallado – Continuidad



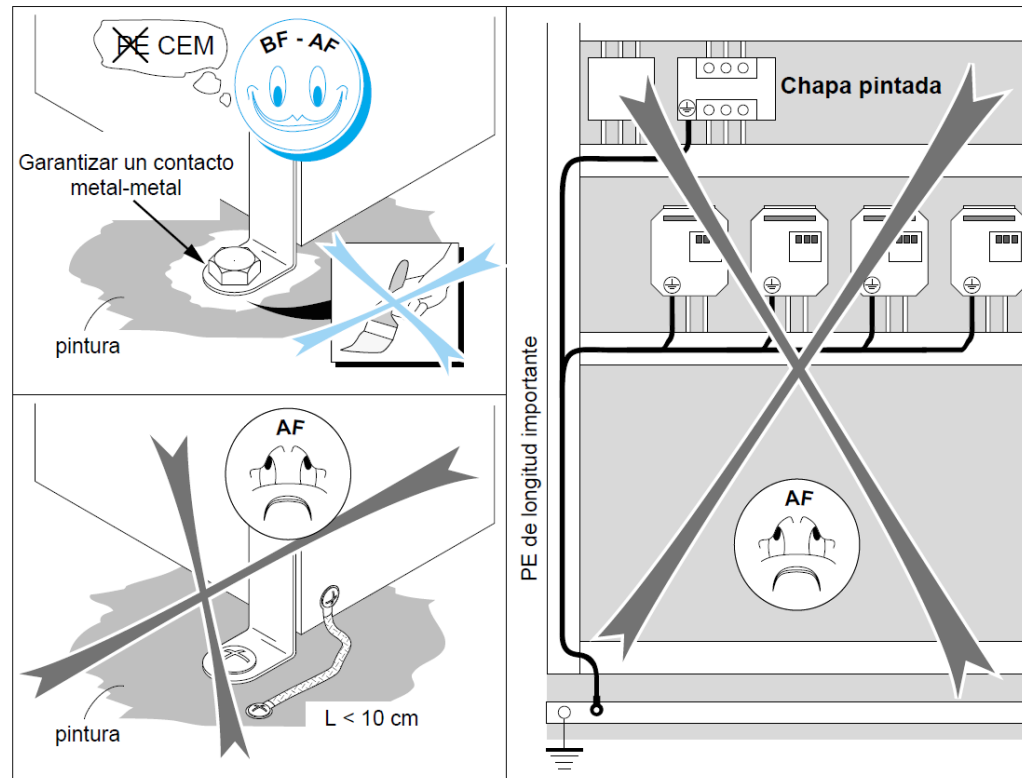
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Interconexiones de Mallado

Armario.....continuación

Equipotencialidad – Mallado – Continuidad



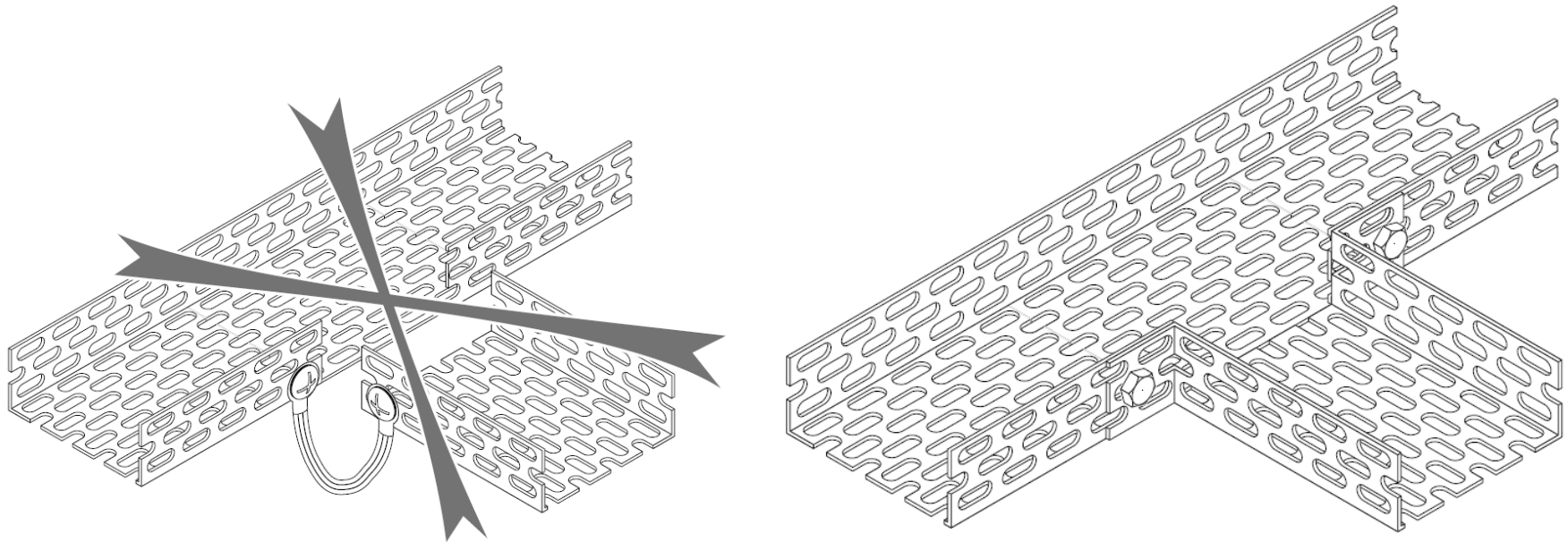
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Interconexiones de Mallado

Instalación

Equipotencialidad – Mallado – Continuidad



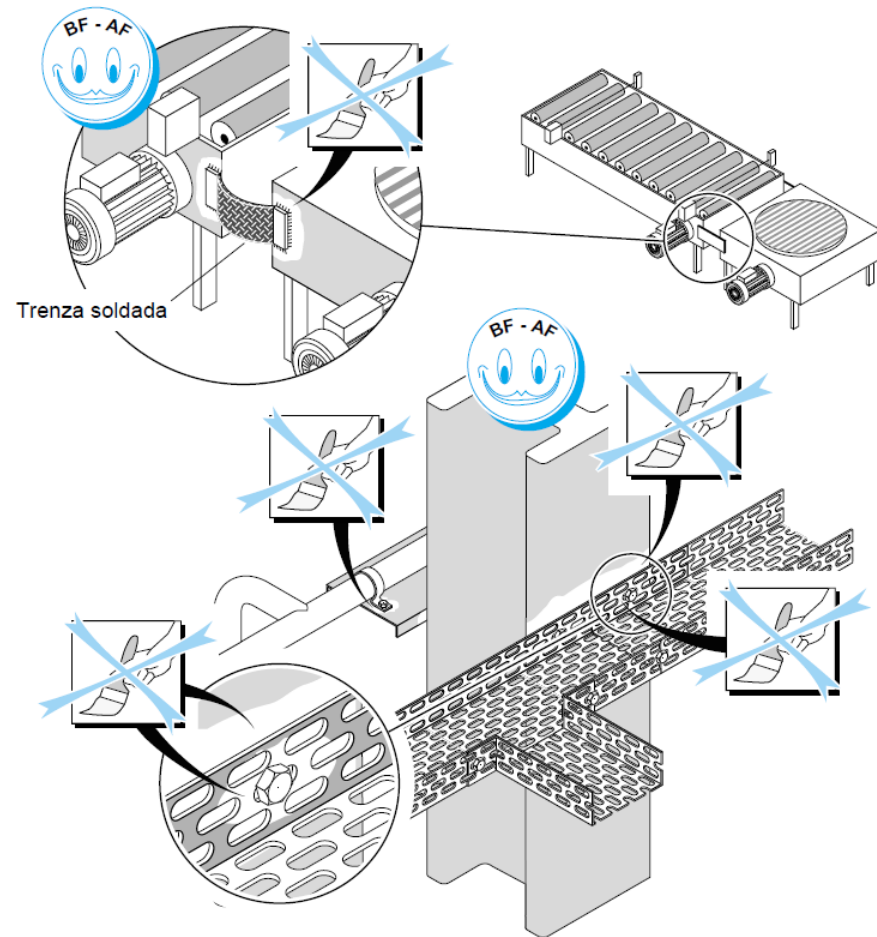
Reglas del Arte Industrial

1. Red de Masas

Interconexiones de Mallado

Instalación...continuidad

Equipotencialidad – Mallado – Continuidad



Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas

2. Alimentación

3. Armario (tableros Eléctricos)

4. Cables

5. Reglas del cableado

6. Bandejas de Cables

7. Conexiones

8. Filtros

9. Limitadores de Sobretensión

10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

- Finalidad
- Análisis
- Pliego de condiciones
- Regímenes de Neutro
- Distribución de la Instalación
- Conexión a masa de las pantallas de los transformadores.

Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Finalidad

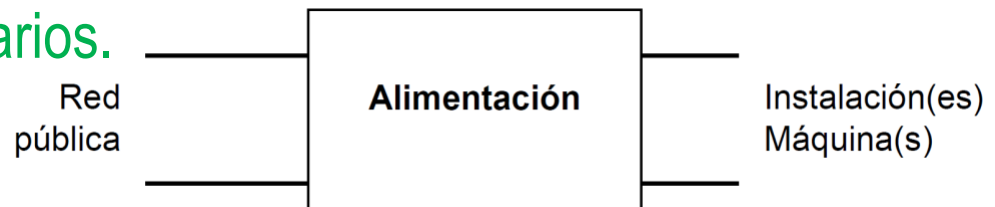
Suministrar energía de calidad y garantizar su disponibilidad de manera que la instalación funcione correctamente.

La alimentación es una interface entre diferentes redes:

- La red pública “BT” y los abonados.
- La red “MT” y las redes industriales.
- En la propia instalación, entre los circuitos generales y los secundarios.

Como regla general:

- Filtrar la Alimentación.
- Instalar limitadores de cresta y chispómetros cerca de equipos sensibles.



Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Análisis

Realizar un análisis bajo la siguientes premisas:

- Circuito - Aguas Arriba: Localizar las perturbaciones potenciales y el tipo de perturbaciones que pueden afectar a la alimentación.
- Circuito – Aguas Abajo: Localizar los diferentes dispositivos alimentados y el tipo de perturbaciones que generan y que puedan afectar a la alimentación.
- Calcular los efectos y consecuencias que pueden tener estas perturbaciones en la instalación alimentada: esto puede ser, consecuencias aceptables, gravedad y costo de las consecuencias de las perturbaciones, costo de la alimentación, Disponibilidad y fiabilidad esperadas.

Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Análisis....continuación

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REQUERIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN:

1. Definir las características técnicas de la alimentación por parte del proveedor como: Inmunidad, Emisión, Atenuación en Modo común, filtrado.....
2. Validar, el rendimiento de la alimentación.....ver transformador, alimentación especial., alimentación de seguridad, sistema de alimentación ininterrumpida (ASI).
3. Definir las características del equipo de alimentación eléctrica que se va a fabricar y comprobar sus características antes de la puesta en servicio.



Reglas

2. Alin

Regíme

El régimen de neutro define las conexiones eléctricas del neutro y de las masas respecto de la tierra.

En las instalaciones de baja tensión «BT», se caracteriza por:

Primera letra: situación del neutro respecto de la tierra

T = conexión directa del neutro a la tierra

I = conexión a la tierra mediante una impedancia elevada

Segunda letra: situación de las masas respecto de la tierra

T = conexión directa de las masas a una tierra diferenciada

N = conexión de las masas a la tierra del neutro

Esquema TN:

Se descompone en dos grupos TN-C - TN-S

TN-C: la tierra (PE) y el neutro (N) van por un mismo conductor llamado PEN.

*Al elegir el régimen de neutro, **prevalece siempre la seguridad de las personas** sobre los aspectos funcionales.*

Re

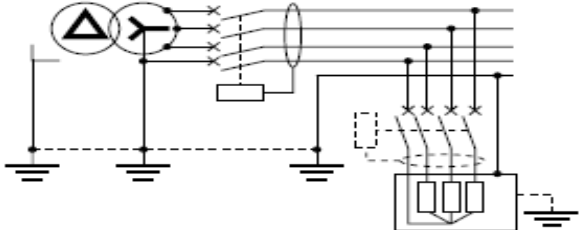
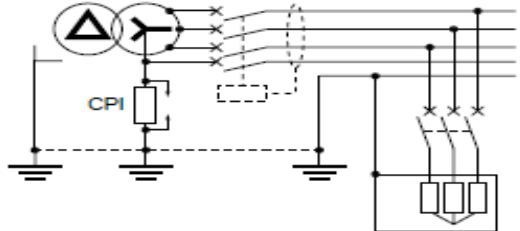
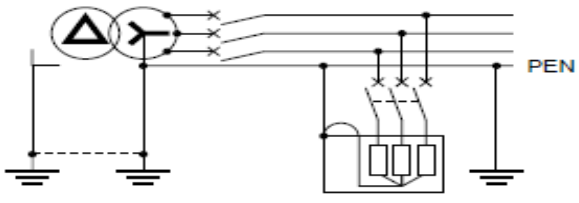
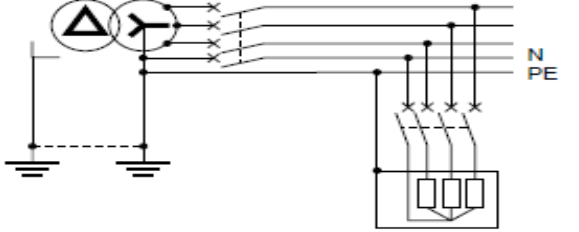
2

	TT	TN-C	TN-S	IT
Seguridad de las personas	Bueno Disyuntor diferencial obligatorio	Bueno Vigilar y garantizar la continuidad del conductor PE al ampliar la instalación		
Seguridad de los bienes Riesgos de incendio Riesgos para los componentes	Bueno	Malo Corrientes muy altas en el conductor PEN, incluso > kA No se puede utilizar en locales con riesgo	Malo Protección diferencial 500 mA	Bueno Recomendado para seguridad intrínseca ya que no produce arco eléctrico
Disponibilidad de la energía	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno
Comportamiento en «CEM»	Bueno El PE deja de ser una referencia de potencial única para la instalación - Instalar pararrayos (distribución aérea) - Es necesario controlar los equipos con corrientes de fuga elevadas situados después de las protecciones diferenciales	Malo Circulación de corrientes perturbadoras por las masas Radiación de perturbaciones «CEM» por el PE. No recomendada si la instalación incluye un generador de armónicos	Muy bueno - Es necesario controlar los equipos con corrientes de fuga elevadas situados después de las protecciones diferenciales - Corrientes de fallo elevadas en el PE (perturbaciones inducidas) - 1 única tierra	Malo Incompatibilidad con la utilización de filtro de modo común. - Puede ser necesario fragmentar la instalación para reducir la longitud de los cables y limitar las corrientes de fuga. - Esquema TN al 2º fallo

Reglas c
Industri

2. Alime

Regímene
comporta

				Primera letra (define la situación del neutro)		Alimentación		
				Conexión directa del neutro a la tierra		Conexión del neutro a la tierra a través de una impedancia, o sin conexión		
				T		I		
Situación de las masas de la instalación				T			Directa red BT	Con transformador MT/BT privado
							si	si
							NO	si
Conexión de las masas al neutro				N			si	si
							con permiso del distribuidor	si
					Advertencia NOTA 1: En esquema TN-C, el conductor PEN, neutro y PE, no debe estar cortado en ningún caso. En esquema TN-S, como en los demás esquemas, el conductor PE no debe estar cortado en ningún caso. NOTA 2: En esquema TN-C, la función "conductor de protección" prima sobre la función "neutro". En particular, un conductor PEN siempre debe estar conectado a la boma de "tierra" de un receptor y es necesario hacer un puente entre esta boma y la de neutro. NOTA 3: Los esquemas TN-C y TN-S se pueden utilizar en una misma instalación. El esquema TN-C debe estar situado necesariamente delante del esquema TN-S. El esquema TN-S es indispensable para secciones de cable < 10 mm² Cu o < 16 mm² Al y en el caso de cables flexibles.		con permiso del distribuidor	si

Reg

2.

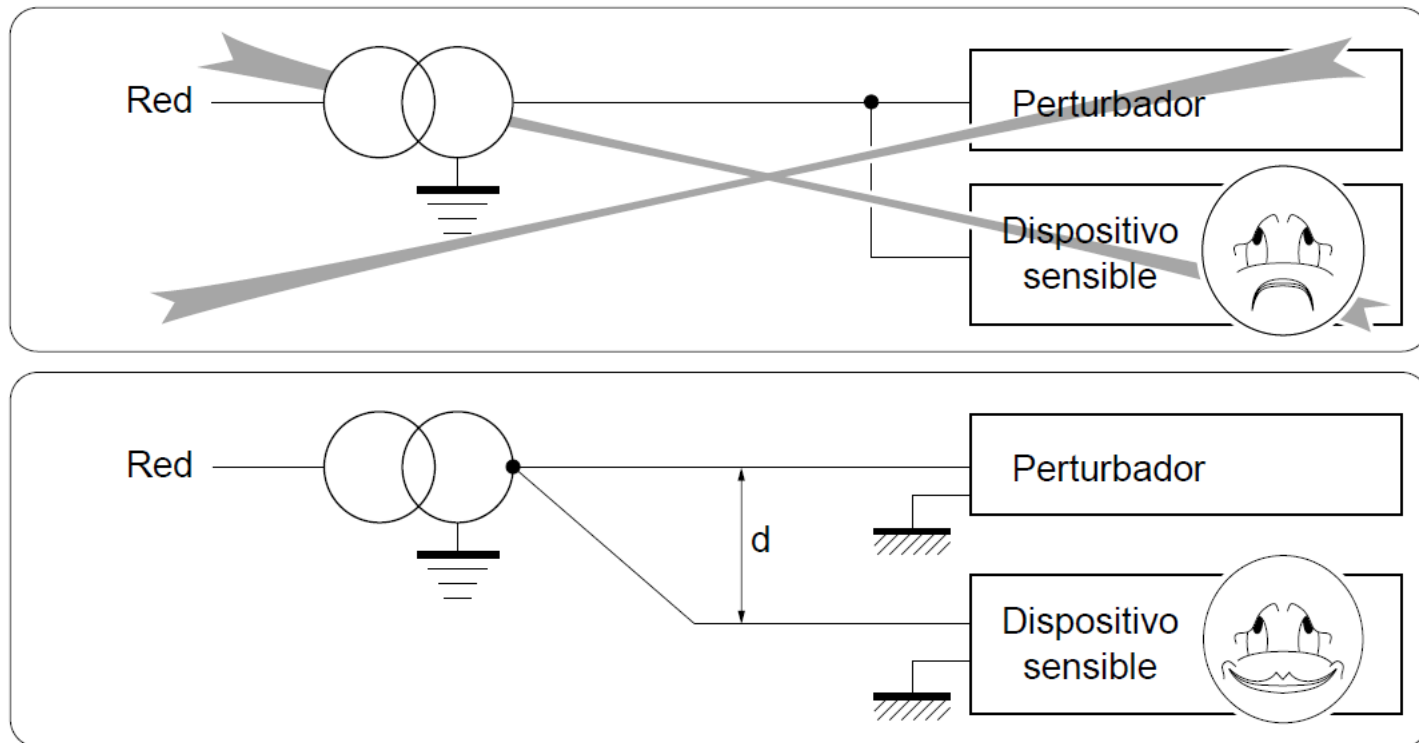
Corte	Dispositivo de protección	Necesidad de un servicio de mantenimiento	Observaciones
1.º fallo	Disyuntor diferencial • En la entrada de la instalación • Y/o en cada línea (selectividad horizontal)	NO Control periódico	- Intensidad de la corriente de fallo de aislamiento limitada por las resistencias de toma de tierra (algunas decenas de amperios). - Interconexión de las masas y conexión a tierra a través de un conductor PE diferente del conductor de neutro. - Ninguna exigencia en cuanto a la continuidad del conductor de neutro. - Ampliación sin calcular la longitud de los conductores. - La solución más sencilla en la fase de estudio de la instalación.
2.º fallo	NO Necesidad de un CPA controlador permanente de aislamiento  Calentamiento de los cables en caso de 2.º fallo	SÍ Necesidad de intervenir para eliminar el 1.º fallo  tras 1.º fallo => configuración TN	- La intensidad de la corriente de 1.º fallo de aislamiento no puede provocar una situación peligrosa (decenas de miliamperios). - La intensidad de la corriente de doble fallo de aislamiento es alta. - Las masas de utilización se conectan a tierra a través de un conductor PE diferente del conductor de neutro. - El primer fallo de aislamiento no es ni peligroso ni perturbador. - Señalización obligatoria al producirse el 1.º fallo de aislamiento seguida de su localización y eliminación mediante un Controlador Permanente de Aislamiento instalado entre el neutro y la tierra. - Disparo imprescindible ante el segundo fallo de aislamiento eliminado por los dispositivos de protección contra las sobreintensidades. - Deben comprobarse los disparos posteriores al 2.º fallo. - Solución que garantice la mejor continuidad de servicio durante el funcionamiento. - Necesidad de instalar receptores de tensión de aislamiento fase/masa superior a la tensión compuesta (caso del 1.º fallo). - Limitadores de sobretensión indispensables.
1.º fallo	Prohibido	NO - La comprobación de los disparos debe efectuarse: - en la fase de estudio, mediante cálculos - al poner la instalación en servicio (imprescindible) - periódicamente (todos los años), mediante mediciones - En caso de ampliación o de renovación, habrá que rehacer estas comprobaciones de disparo.	- Masas de utilización conectadas al conductor PEN y éste, a su vez, a la tierra. - Intensidad de las corrientes de aislamiento elevada (más perturbaciones y mayor riesgo de incendio) (I cortocircuito KA). - Conductor de neutro y conductor de protección unidos (PEN). - La circulación de corrientes de neutro por los elementos conductores del edificio y las masas puede provocar incendios y, en el caso de dispositivos sensibles (de medicina, informática o telecomunicaciones), caídas de tensión perturbadoras. - Disparo imprescindible ante el primer fallo de aislamiento eliminado por los dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
1.º fallo	NO pero en los circuitos de gran longitud es necesario montar un disyuntor diferencial	NO - La comprobación de los disparos debe efectuarse: - en la fase de estudio, mediante cálculos - al poner la instalación en servicio (imprescindible) - periódicamente (todos los años), mediante mediciones - En caso de ampliación o de renovación, habrá que rehacer estas comprobaciones de disparo.	- Masas de utilización conectadas al conductor PE y éste, a su vez, a la tierra. - Intensidad de las corrientes de aislamiento elevada (más perturbaciones y mayor riesgo de incendio) (I cortocircuito KA). - Conductor de neutro y conductor de protección separados. - Disparo imprescindible ante el primer fallo de aislamiento eliminado por los dispositivos de protección contra las sobreintensidades. Se recomienda utilizar los DDR para proteger a las personas contra los contactos indirectos, especialmente en distribución terminal, en la que no es posible controlar la impedancia de bucle. - Comprobar que las protecciones funcionan correctamente siempre es delicado. Los DDR facilitan estas pruebas.

Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Distribución en la alimentación

- Cablear en ESTRELLA las alimentaciones de los equipos a partir de la alimentación principal.

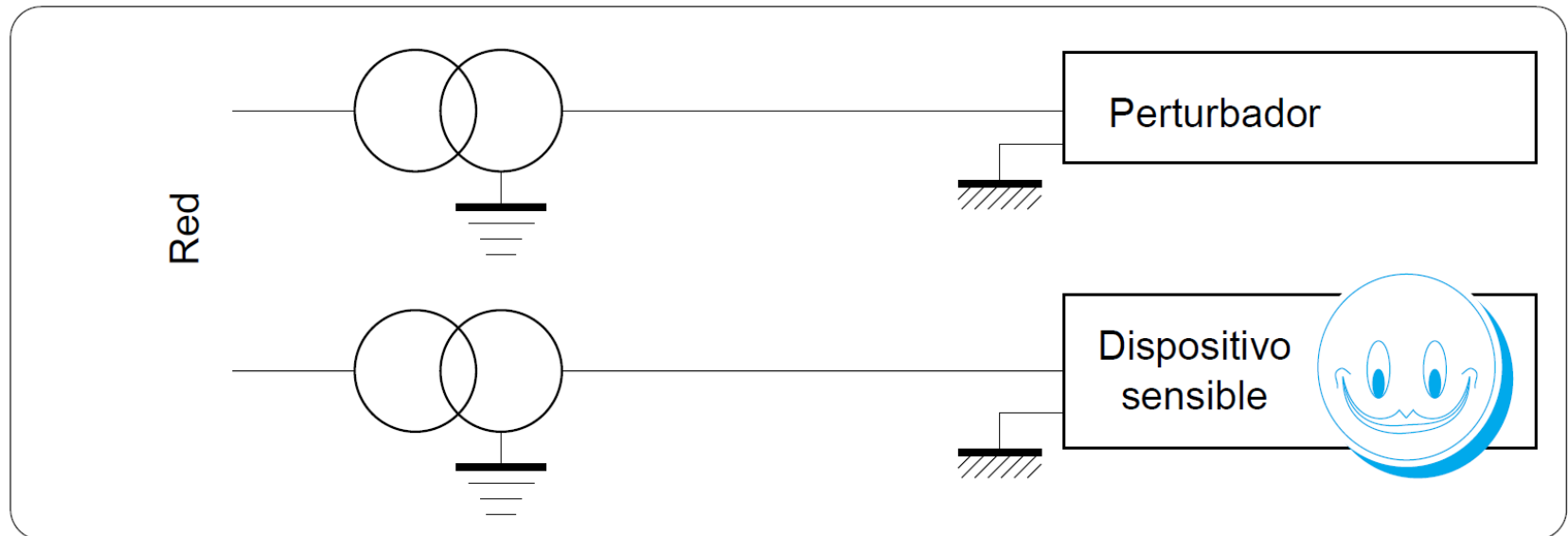


Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Distribución en la alimentación....continua

- Si se utilizan dispositivos muy sensibles o muy perturbadores, es necesario separar las alimentaciones.

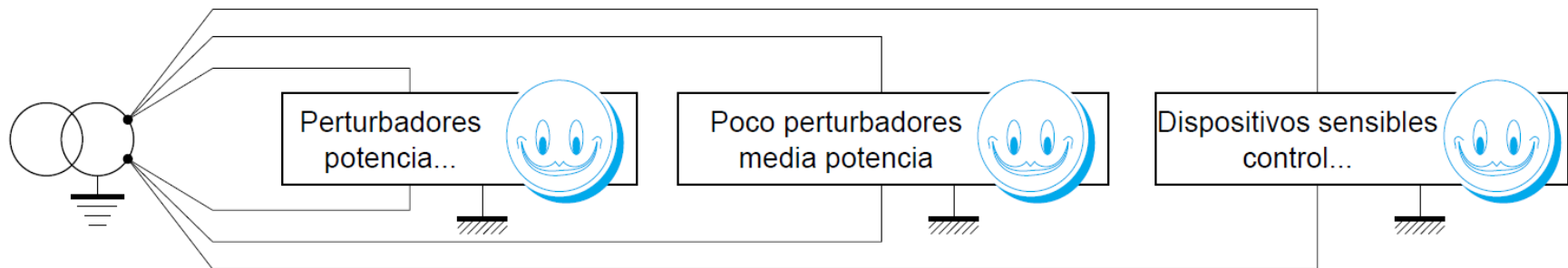


Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Distribución en la alimentación....continua

- Cablear los circuitos de alimentación situando los dispositivos perturbadores lo más cerca posible de la fuente y los más sensibles, lo mas lejos posible.

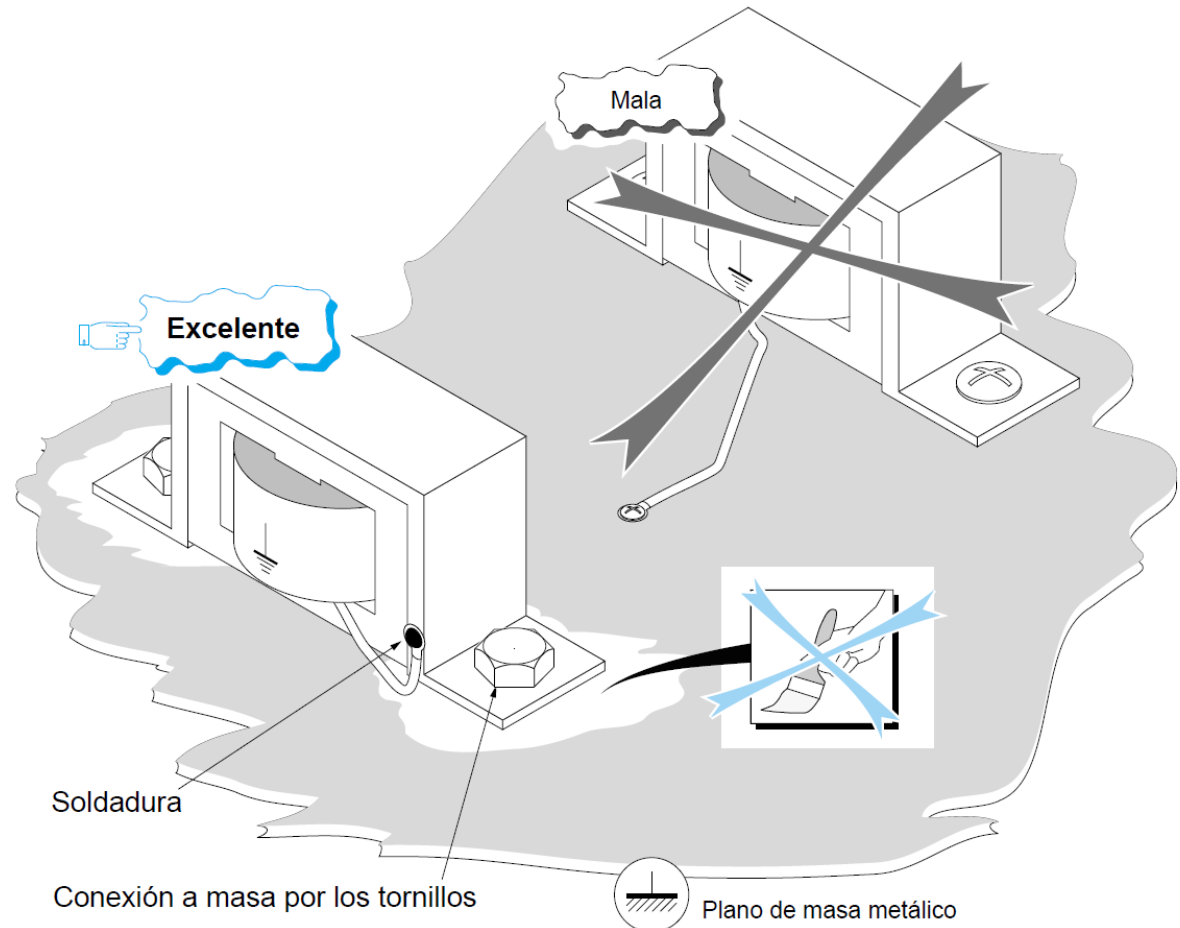


Reglas del Arte Industrial

2. Alimentación

Conexión a masa de las pantallas de transformadores

- La longitud de las conexiones de masa debe ser la menor posible.
- El chasis del transformador debe montarse metal con metal en una plano de masa conductor.



Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
- 3. Armario (tableros Eléctricos)**
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

- Análisis.
- Plano de masa de referencia.
- Entrada de cables.
- Canalización de los cables
- Alumbrado .
- Implantación de los componentes.
- Ejemplo de implantación en armario pequeño.
- Ejemplo de Implantación en un armario grande.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Análisis

Debe hacerse un análisis en los armarios, tanto en:

- i. Componentes y
- ii. Señales conducidas por los cables

Componentes:

- Localizar las perturbaciones potenciales y determinar el tipo de perturbaciones que emiten (naturaleza, intensidad, frecuencia,).
- Localizar los materiales sensibles y determinar su nivel de inmunidad.
- Utilizar manuales técnicos de los fabricantes para estudiar su características como;
 - Potencia.
 - Tensión de alimentación.
 - Tipo de señales.
 - Frecuencia de las señales.
 - Tipo de circuitos conmutación por contacto seco.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Análisis....continuación

Sensibles	Perturbadores
• Autómatas programables (PLC) • Tarjetas electrónicas • Reguladores • Cables conectados a estos elementos, es decir entradas y salidas de detectores, captadores, sondas de medida... —> clase* 1 o 2 • Cables que conducen señales analógicas —> clase* 1	• Transformadores del armario • Contactores, disyuntores... • Fusibles • Fuentes conmutadas • Convertidores de frecuencia • Variadores de velocidad • Alimentaciones DC --- • Relojes de microprocesadores • Cables conectados a estos elementos • Líneas de alimentación • Cables de «potencia» en general —> clase* 3 o 4 (ver el apartado «Cables» en este mismo capítulo).

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Plano de masa de Referencia

Ante todo, es necesario definir y montar un plano de masa de referencia de fondo de armario, sin pintar.

- Conectar esta chapa o rejilla metálica al bastidor del armario metálico en varios puntos y éste, asu vez, a la redde masa del equipo.
- Atornillar directamente todos Iso componentes a este plano de masa.
- Sujetar todos los cables a este plano de masa.
- Utilizar sables o chicotillos atornillados directamente al plano de masa para reforzar los blindajes a 360°.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Entrada de cables

Filtrar los cables perturbadores en la entrada del armario.

Elegir con cuidado las prensa estopas necesarias para garantizar la conexión del blindaje a la masa.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Canalización de los cables

Distribuir los cables por clases y canalizarlos utilizando canaletas metálicas diferentes y separadas una distancia adecuada.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Alumbrado de armarios

No utilizar lamparas fluorescentes, tubos de descargas, etc. para iluminar armarios de control.....por que son geeneradores de armónicos.

UTILIZAR LAMPARAS INCANDESCENTES o resistivas.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Implantación de los componentes

Armarios pequeños:

Es posible reducir la influencia de las perturbaciones montando montando chapas de separación conectadas en varios puntos a la masa.

Armarios grandes:

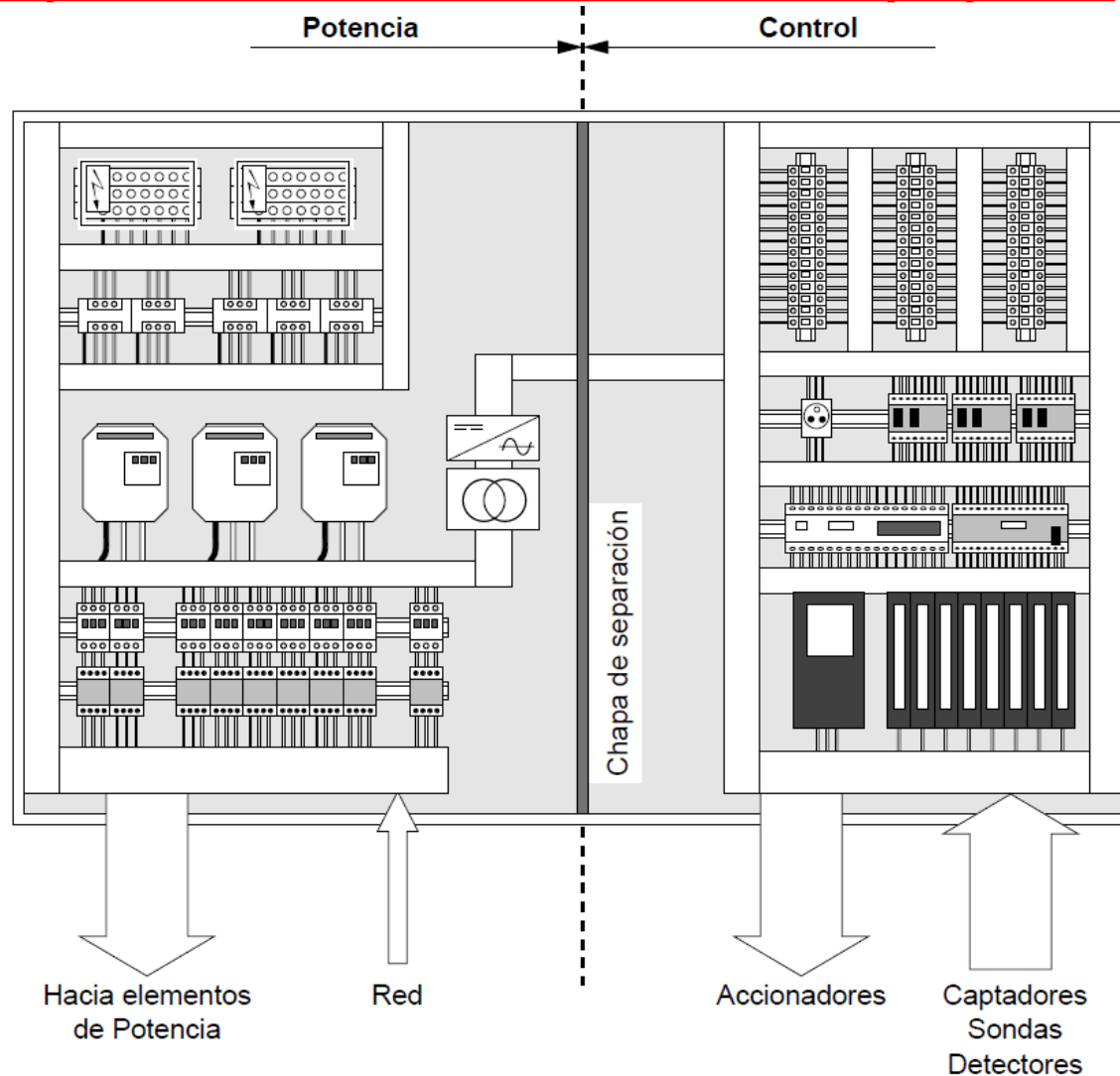
Asignar un armario a cada clase de componente (ej. VDFs grandes).

Los armarios perturbadores y armarios sensibles deben estar separados.

Reglas del Arte Industrial

3. Armario

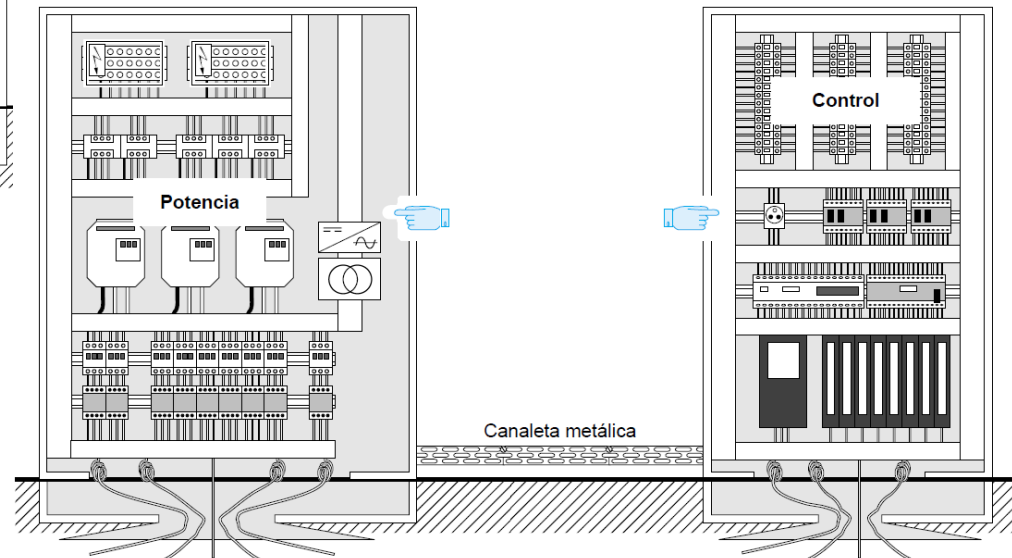
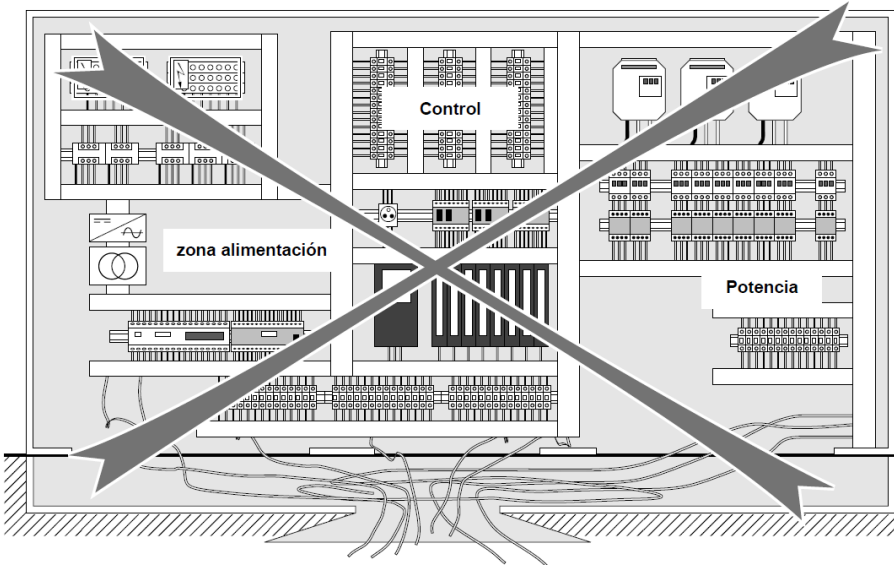
Ejemplo de distribución en un armario pequeño.



Reglas del Arte Industrial

3. Armario

Ejemplo de distribución en un armario grande.



Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
- 4. Cables**
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

4. Cables

- Clases de señales (conducidas).
- Elección de los cables.
- Ejemplos de cables de clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4.
- Rendimiento de los cables en relación con la CEM.

Reglas del Arte Industrial

4. Cables

Clases de señales conducidas

Clasificación de las señales por niveles de perturbación

<i>Clase*</i>	Perturbadora	Sensible	Ejemplo de señales conducidas o dispositivos conectados
1 Sensible		++	- Señales analógicas de control, captadores... - Circuitos de medida (sondas, captadores...)
2 Poco sensible		+	- Circuitos de control y mando de carga resistiva - Circuitos digitales (bus...) - Circuitos de control con salida todo o nada (captadores...) - Alimentaciones continuas de control
3 Poco perturbadora	+		- Circuitos de control y mando de carga inductiva (relés, contactores, bobinas, onduladores...) con protección adaptada - Alimentaciones alternas propias - Alimentaciones principales conectadas a aparatos de potencia
4 Perturbadora	++		- Grupos de soldadura - Circuitos de potencia en general - Variadores electrónicos, fuentes conmutadas...

Reglas del Arte Industrial

4. Cables

Elección de los cables

Tipo de cables recomendados en función de la clase* de la señal conducida

Clase*	Naturaleza	Unifilar	Pares trenzados	Pares trenzados apantallados	Apantallados (trenzas)	Apantallados mixtos (pantalla+ trenza)
1	Sensible					
2	Poco sensible					
3	Poco perturbador					
4	Perturbador					



No recomendado



Recomendado
Coste razonable



Poco recomendable
Coste elevado para
esta clase de señales

--- * Término no normativo de uso específico para este documento ---

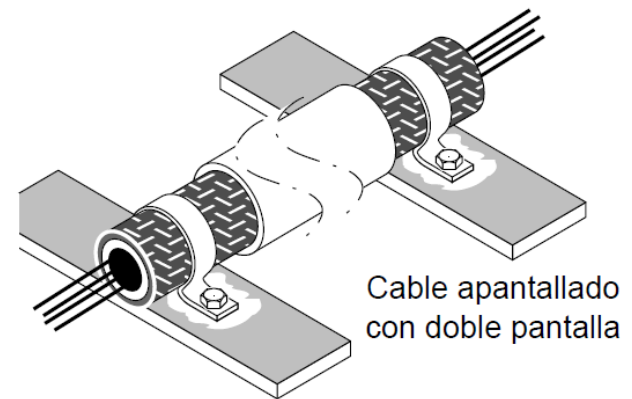
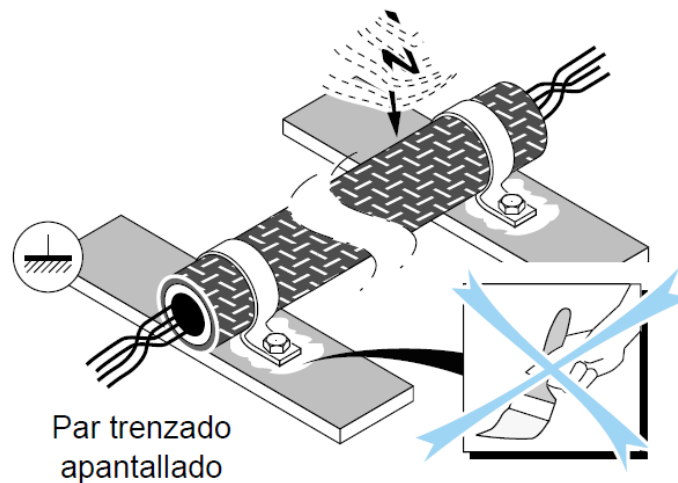
Reglas del Arte Industrial

4. Cables

Ejemplos de cables: clase 1

Clase* 1

Señales
sensibles



Reglas del Arte Industrial

4. Cables

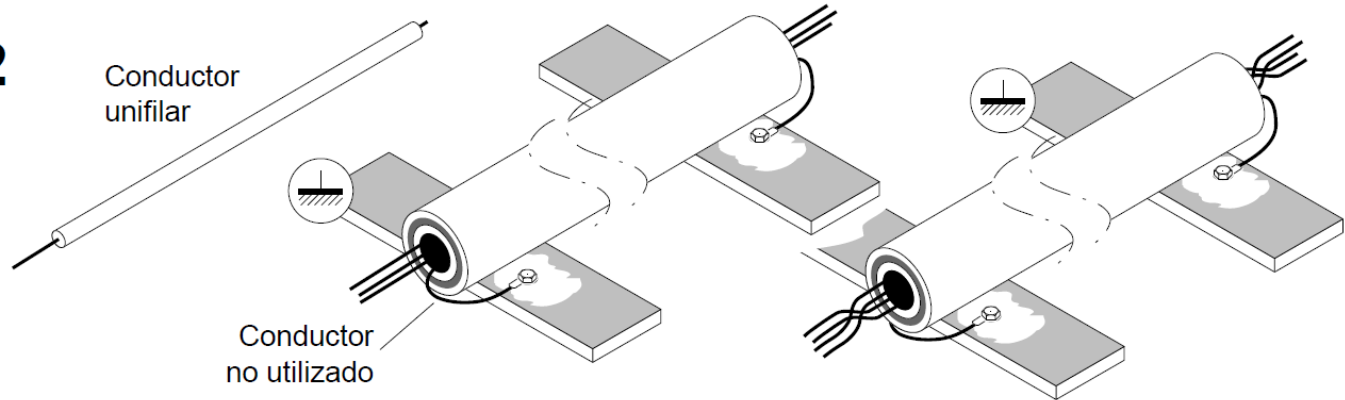
Ejemplos de cables: clase 2

Clase* 2

Señales
poco
sensibles

Conductor
unifilar

Conductor
no utilizado



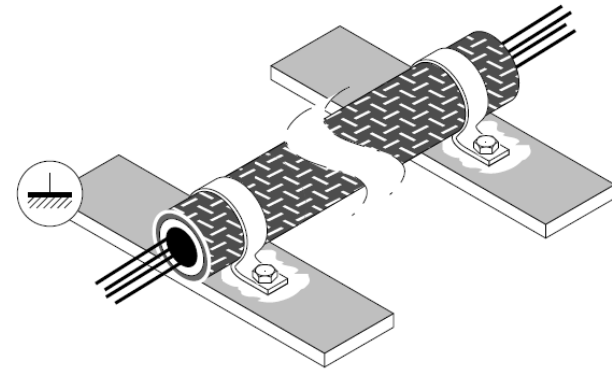
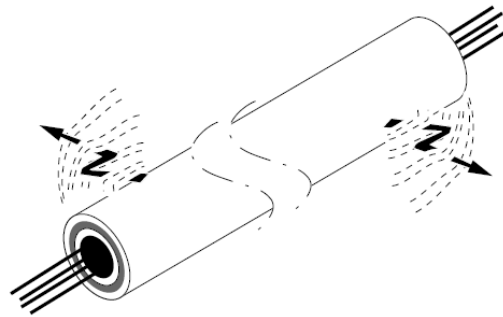
Reglas del Arte Industrial

4. Cables

Ejemplos de cables: clase 3

Clase* 3

Señales
poco
perturbadoras



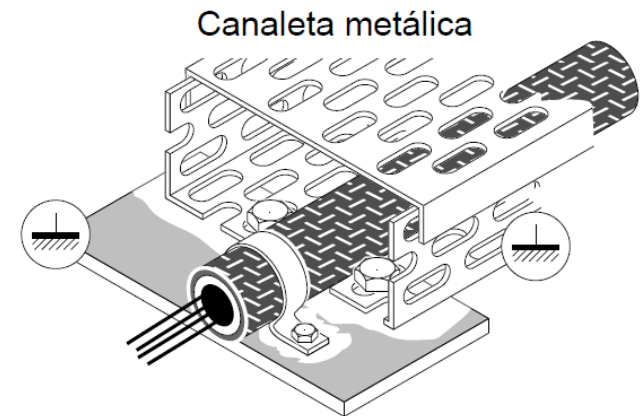
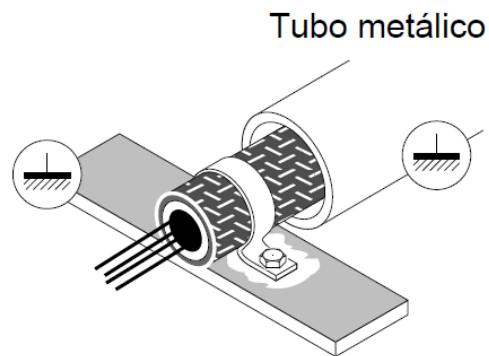
Reglas del Arte Industrial

4. Cables

Ejemplos de cables: clase 4

Clase* 4

Señales
perturbadoras



Reglas

4. Ca

Rend
cable
CEM

Cable	Conducidas	Radiadas			
		BF: 0 - 50 Hz	BF < 5 MHz	BF > 5-30 MHz	Modo común
Cable unifilar	Sin efecto	Medio ¹	Pasable ¹	Insuficiente ¹	Malo
		1: Si ida y vuelta están muy cerca			
Bifilar paralelo		Medio	Pasable	Insuficiente	
Bifilar par trenzado		Bueno ²	Bueno hasta 100 kHz	Pasable	Malo
		2: Depende del número de trenzados/metro...			
Par trenzado apantallado		Bueno	Bueno	Medio	Bueno
Plano apantallado Al...		Medio	Pasable	Insuficiente	
Trenza		Excelente	Excelente	Bueno	
Pantalla + trenza	Excelente	Excelente	Excelente		

Acoplamiento		Nivel de perturbación	Sector de actividad
Modo diferencial	Diafonía acoplamiento capacitivo inductivo		
Malo	Malo		Exclusivamente dispositivos no sensibles Aplicación Baja Frecuencia «BF» 50 Hz-60 Hz
Bueno	Malo	Dispositivos poco perturbadores	Terciario Industriales poco contaminados
Excelente	Bueno	Perturbaciones industriales débiles	Terciario Industriales poco contaminados Conduce señales < 10 MHz
	Medio	Perturbaciones industriales débiles (emisores radio, alumbrado fluorescente)	Locales industriales poco contaminados Redes locales Equipos informáticos terciario
	Bueno	Perturbaciones industriales clásicas	Sector industrial clásico Informática, medida, regulación Redes locales Control de motor...
	Bueno	Perturbaciones industriales importantes (industria pesada)	Productos muy sensibles en un entorno muy contaminado

Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
- 5. Reglas del cableado**
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

1. Equipotencialidad.
2. NO mezclar cables de Potencia y Control en un mismo conductor multifilar.
3. NO llevar en paralelo cables de Potencia y Control.
4. Separación de cables.
5. Reducir la superficie de los bucles de masas
6. Conductores de ida y vuelta los mas cerca posible.
7. Utilizar cables blindados (permite llevar cables de clase diferente).
8. Conexión de Pantallas
9. Conectores libres conectados a masa.
10. Cables de clase diferente cruzar en angulo recto.

Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

1. Equipotencialidad.

REGLA DE ORO DE LA «CEM»

Garantizar la EQUIPOTENCIALIDAD de las masas en alta y baja frecuencia «AF» y «BF»

1

- a nivel local (instalación, máquina...)

- a nivel general

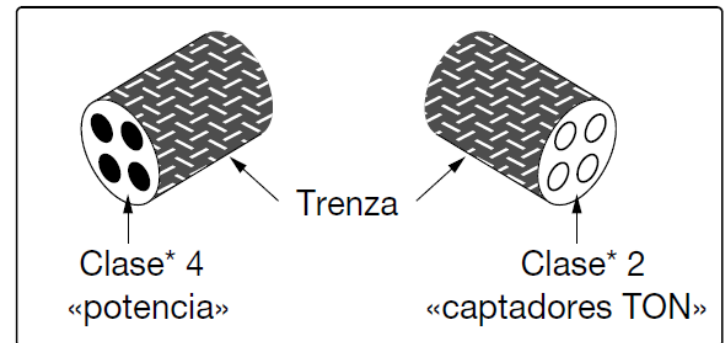
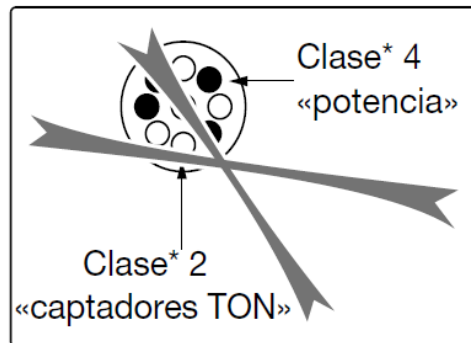
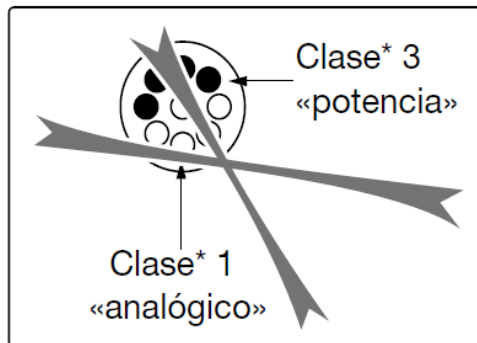
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

2. No mezclar cable de Potencia y cable de control en un mismo cable multifilar.

2

No llevar por un mismo cable o conductor trenzado señales de clase sensible (1-2) y perturbadora (3-4).*



Trenza: las hojas de aluminio, armaduras met licas... no son pantallas 'CEM'

Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

3. No llevar en paralelo cables de Potencia y Control.

3

Evitar colocar en paralelo cables de transmisión de señales de clases diferentes: sensibles (clase* 1 - 2) y perturbadoras (clase* 3 - 4).*

Limitar lo más posible la longitud de los cables.

Reglas del Arte Industrial

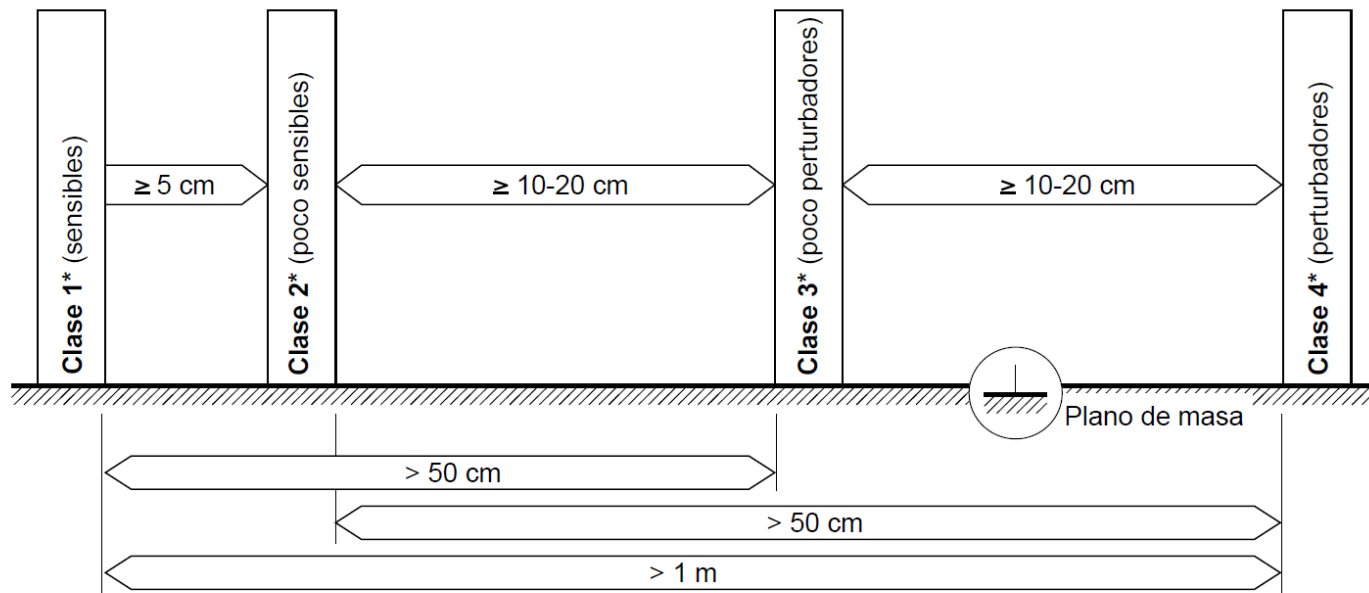
5. Reglas del cableado

4. Separación mayor posible de cables de clase diferentes

4

Separar lo más posible los cables que conducen señales de clases diferentes, especialmente los sensibles (1-2) y los perturbadores (3-4) -es efectivo y barato-.*

Estos valores se dan a título indicativo y se considera que los cables están sujetos a un plano de masa y que su longitud es $L < 30$ m.



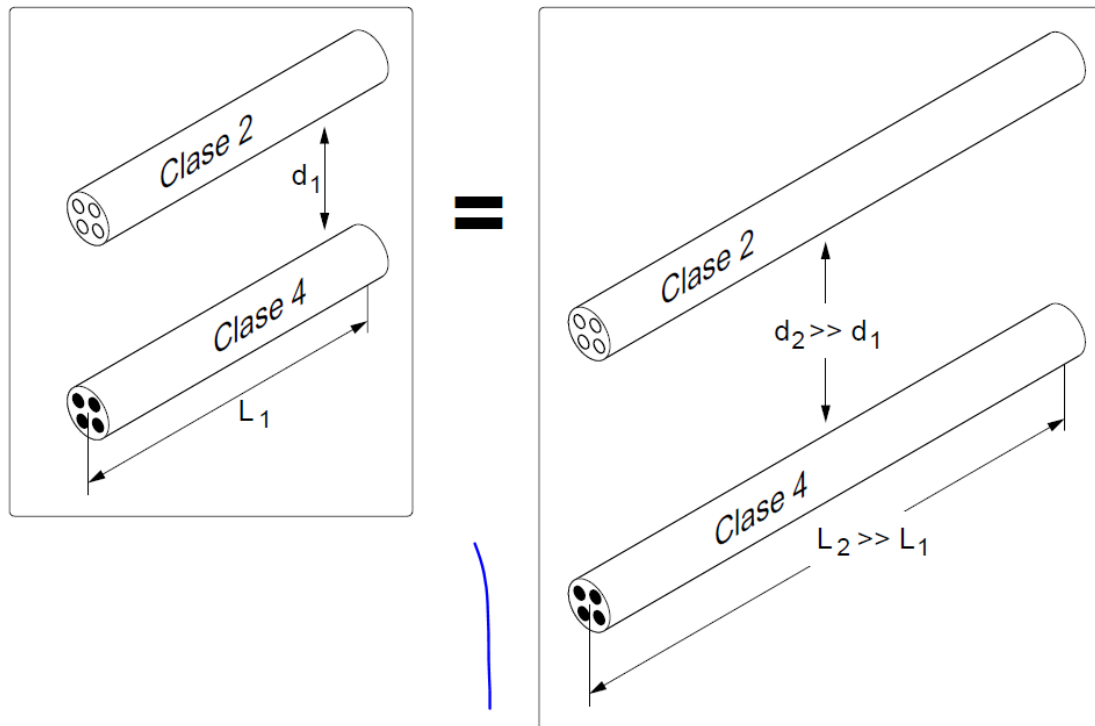
--- * Término no normativo de uso específico para este documento. ---

Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

4. Separación mayor posible de cables de clase diferentes...continuación

Cuanto mayor sea la longitud de los cables, mayor deberá ser la distancia que separe unos de otros.



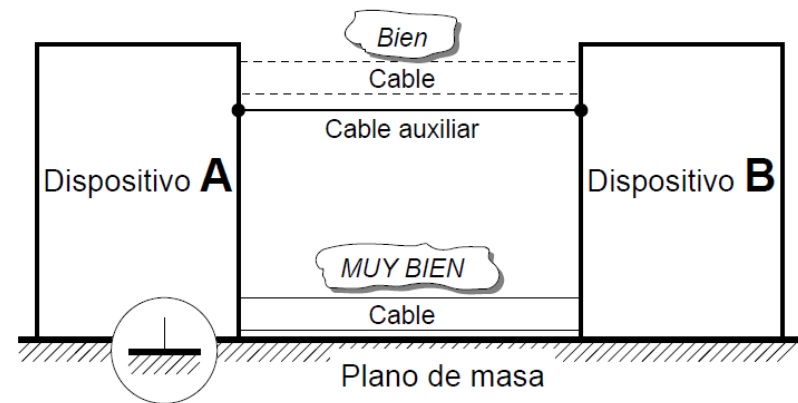
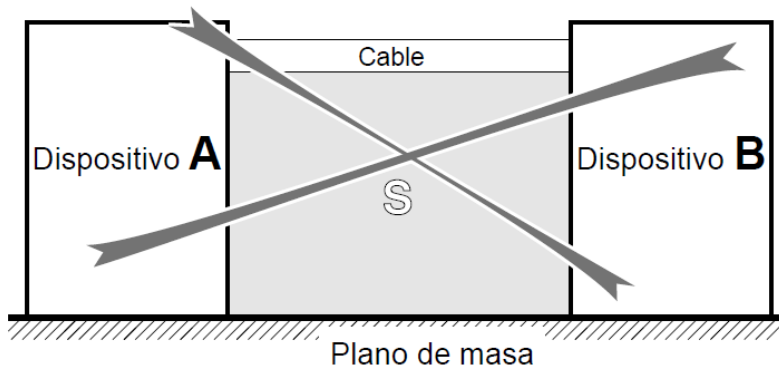
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

5. Reducir la separación de los bucles de masas

5

Reducir lo más posible la superficie de los bucles de masa.



Es necesario garantizar la continuidad del plano de masa entre 2 armarios, máquinas, equipos...

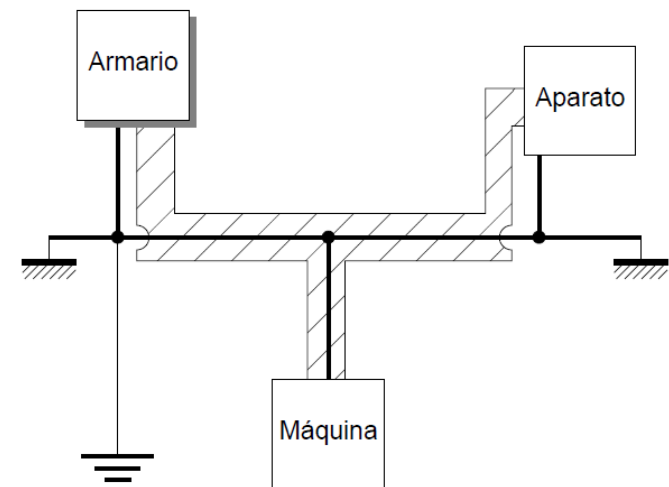
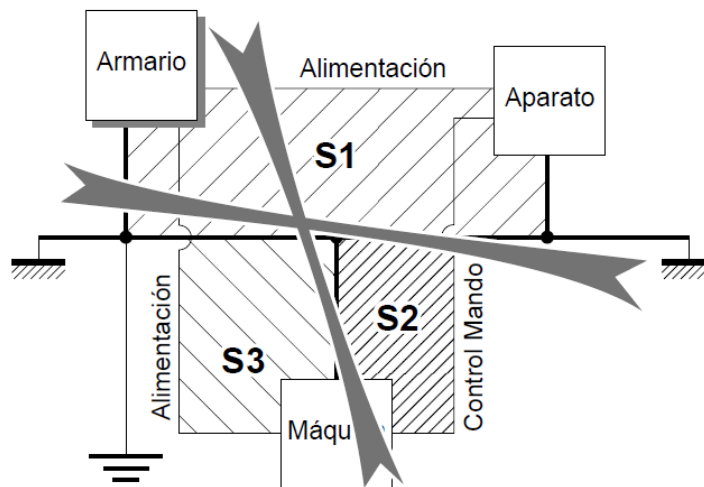
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

5. Reducir la separación de los bucles de masas... continuación

5

Reducir lo más posible la superficie de los bucles de masa.



Sujetar todos los conductores, de un extremo al otro, al plano de masa (chapas de fondo de armario, masas de envoltentes metálicos, estructuras equipotenciales de la máquina o del edificio, conductores auxiliares, canaletas...)

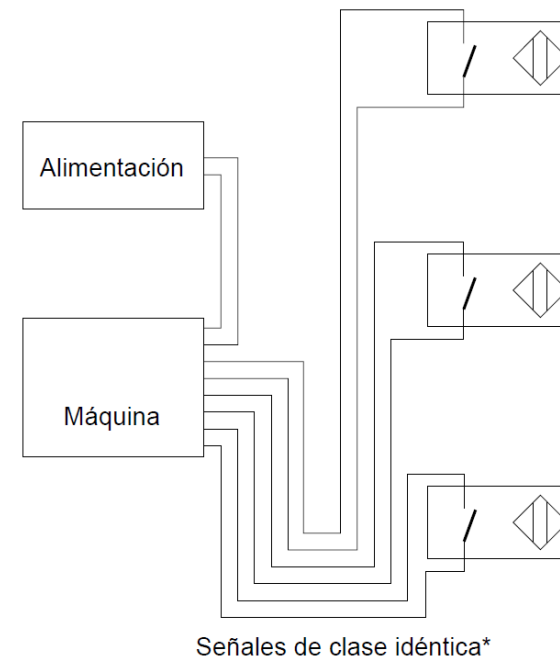
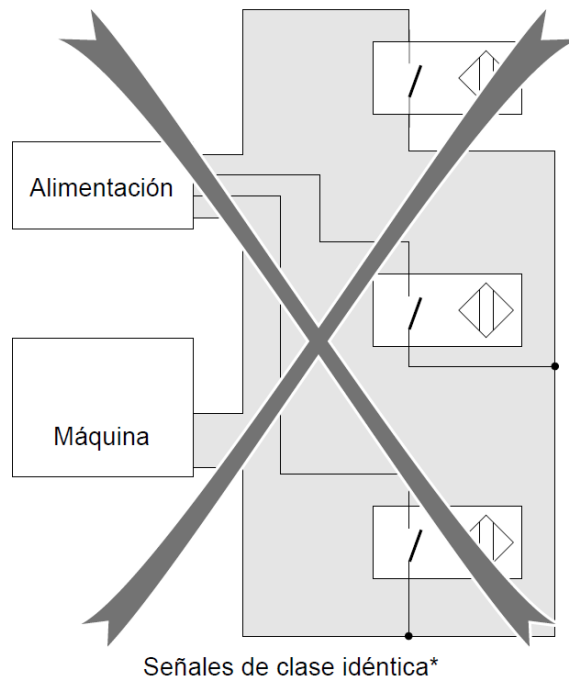
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

6. Conductor de IDA y de VUELTA deben estar lo mas cercanos posibles

6

El conductor de IDA debe estar siempre lo más cerca posible del conductor de VUELTA.



*: captadores ==> clase 2

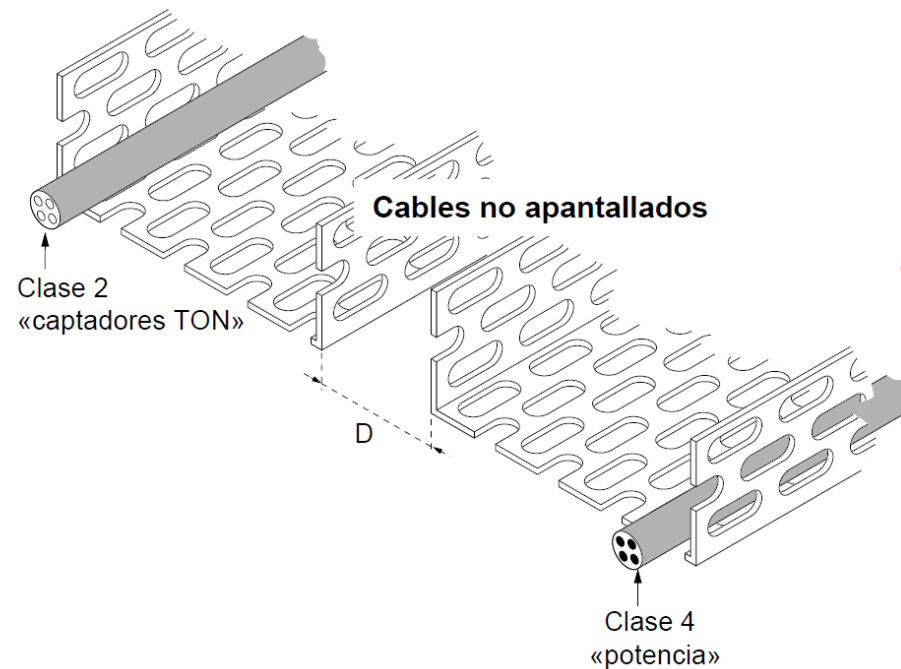
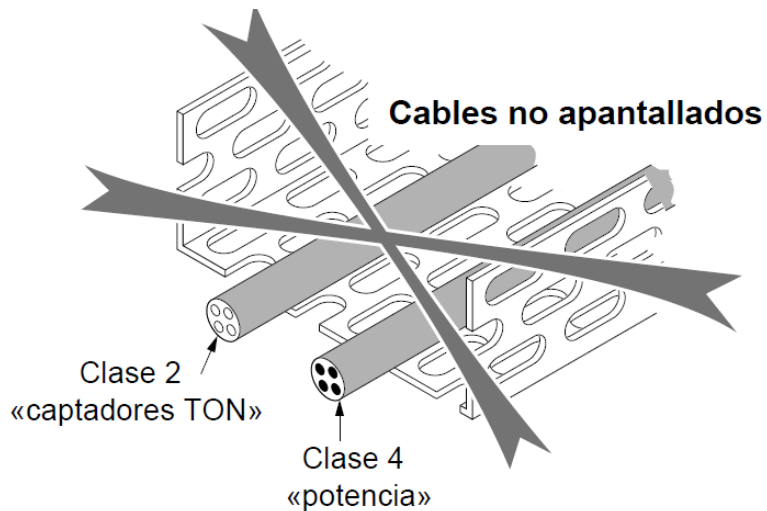
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

7. Utilizar cables blindados.

7

Utilizar cables blindados permite llevar cables para la transmisión de señales de clases diferentes por una misma canaleta.



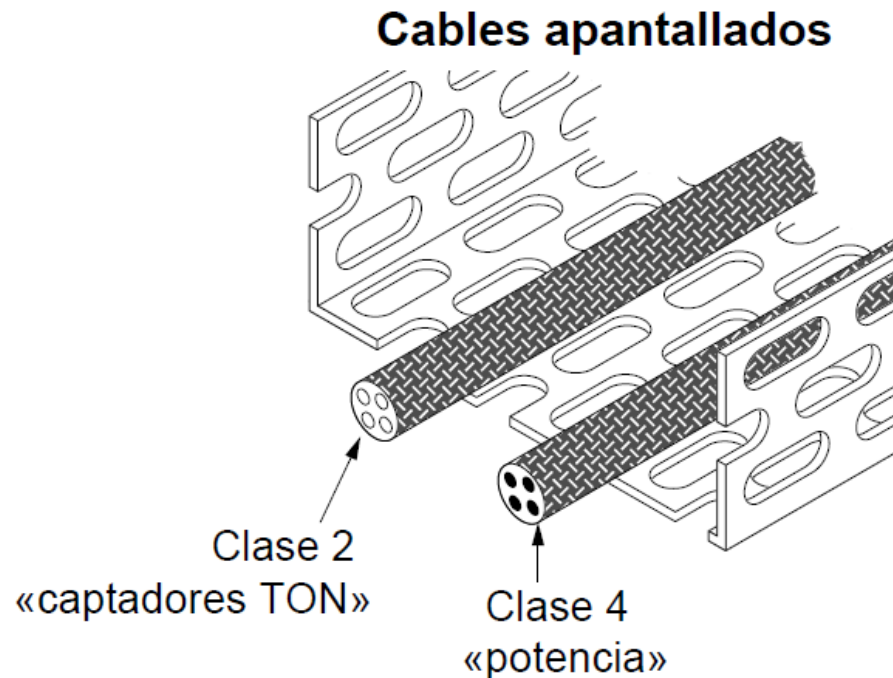
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

7. Utilizar cables blindados.

7

Utilizar cables blindados permite llevar cables para la transmisión de señales de clases diferentes por una misma canaleta.



Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

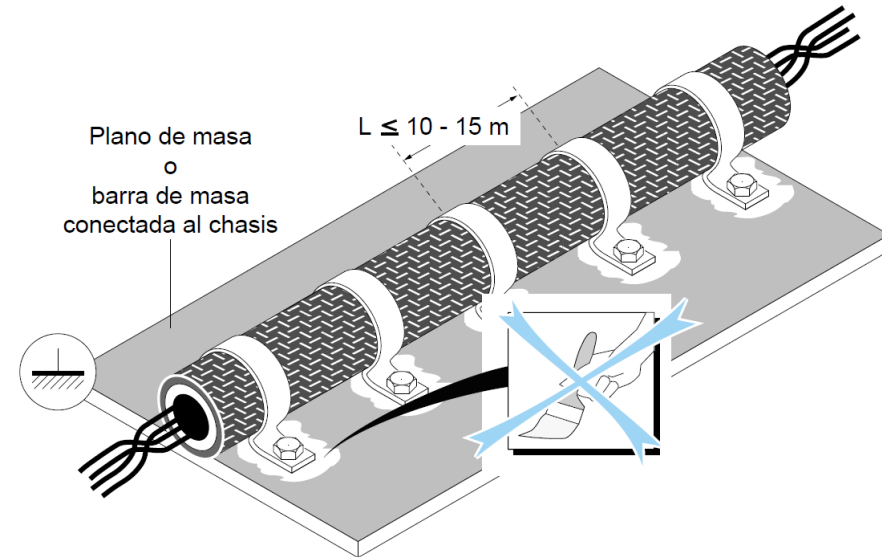
8. Conexión de las pantallas

Muy eficaz

Teniendo en cuenta que la equipotencialidad «BF» y «AF» es una regla de oro de la «CEM», las pantallas son mejores si están conectadas a masa en los dos extremos.

Pantalla conectada en los dos extremos

- Muy eficaz contra las perturbaciones exteriores (Alta Frecuencia “AF”).
- Muy eficaz, incluso a la frecuencia de resonancia del cable.
- NO se producen diferencias de potencial entre el cable y la masa.
- Permite llevar cables para la transmisión de señales de clases diferentes si la conexión es buena (360°) y la equipotencialidad de las masas también lo es (mallado...).
- Efecto reductor (Alta Frecuencia “AF”) muy elevado – aprox 300.
- En el caso de señales de “AF” elevadas y cables muy largos > 50 – 100 m, puede inducir corrientes de fuga hacia tierra.



Pantalla conectada solamente en un extremo

- Ineficaz frente a las perturbaciones exteriores en un campo eléctrico de «AF».
- Permite proteger una conexión aislada (captador...) contra un campo eléctrico de «BF».
- La pantalla puede hacer de antena y resonar
 - ==> *¡En este caso las perturbaciones son mayores que sin pantalla!*
- Permite evitar el «zumbido» («BF»)
 - ==> *provocado por la circulación de una corriente de «BF» a través de la pantalla.*

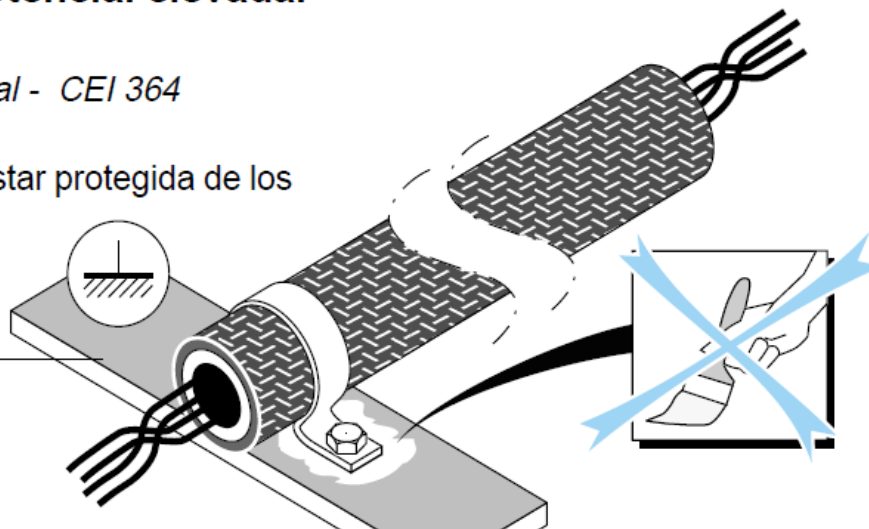


En el extremo de una pantalla no conectada a la masa puede aparecer una diferencia de potencial elevada.

==> *es peligroso e ilegal - CEI 364*

Por tanto, la pantalla debe estar protegida de los contactos directos.

Plano de masa
0
barra de masa
conectada al chasis



Eficacia media

Si no hay equipotencialidad («zumbido»), la conexión de la pantalla por uno solo de sus extremos es una manera de garantizar un funcionamiento aceptable.

Reglas del Arte Industrial

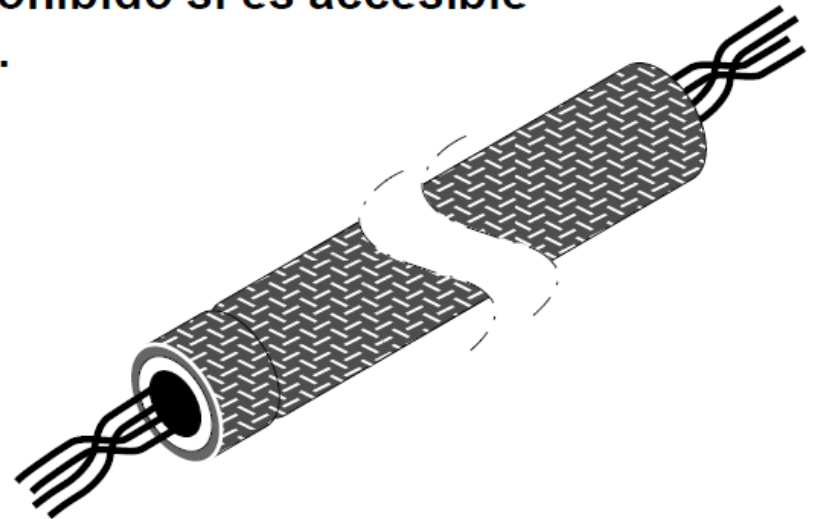
5. Reglas del cableado

8. Conexión de las pantallas



Pantalla no conectada a masa: prohibido si es accesible al contacto.

- Ineficaz frente a las perturbaciones externas («AF»...).
- Ineficaz contra el campo magnético.
- Limita la diafonía capacitiva entre conductores.
- Se puede producir una elevada diferencia de potencial entre la pantalla y la masa ==> es peligroso y está prohibido (CEI 364).



No tiene ninguna eficacia, sobre todo si se compara con las posibilidades que ofrece una pantalla instalada correctamente y con su coste.

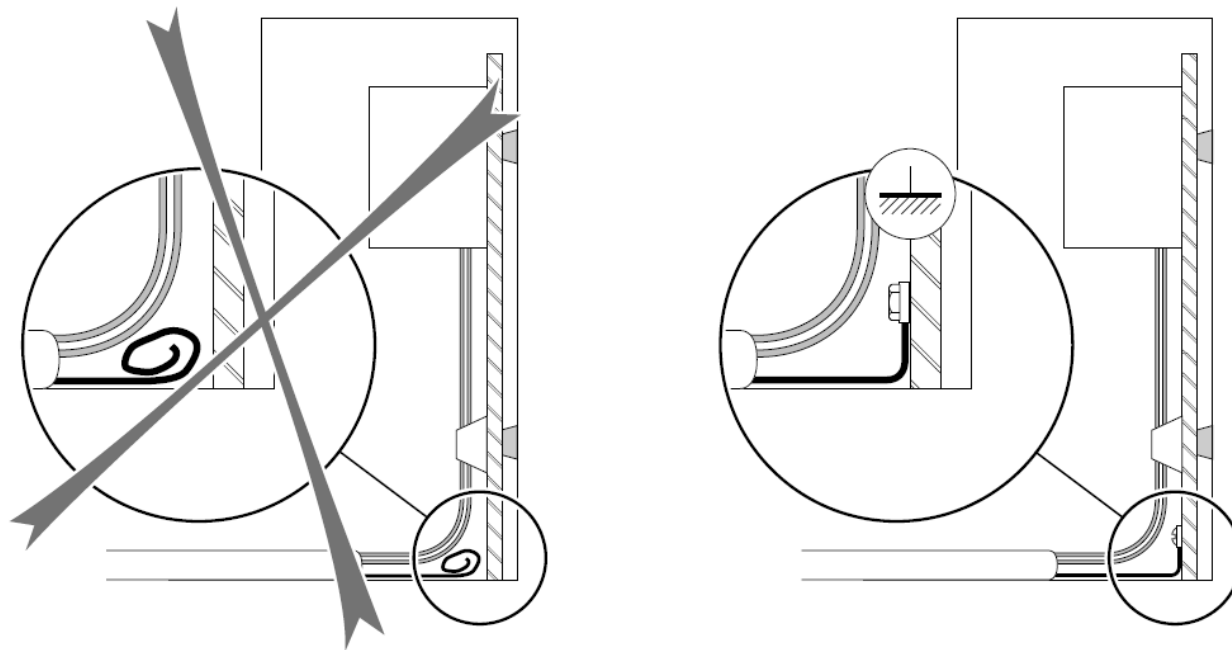
Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

9. Conectores libres conectados a masas

9

Los conductores libres o no utilizados de un cable deben estar sistemáticamente conectados a masa (chasis, canaleta, armario...) en los 2 extremos.



En el caso de señales de clase* 1, si la equipotencialidad de las masas de la instalación es mala, se pueden producir «zumbidos» de «BF», que se superponen a la señal útil.

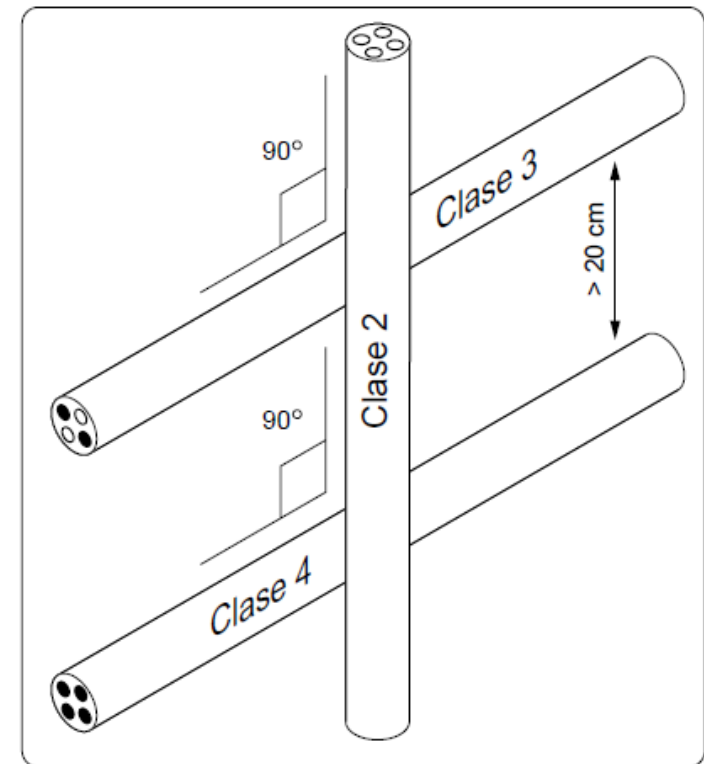
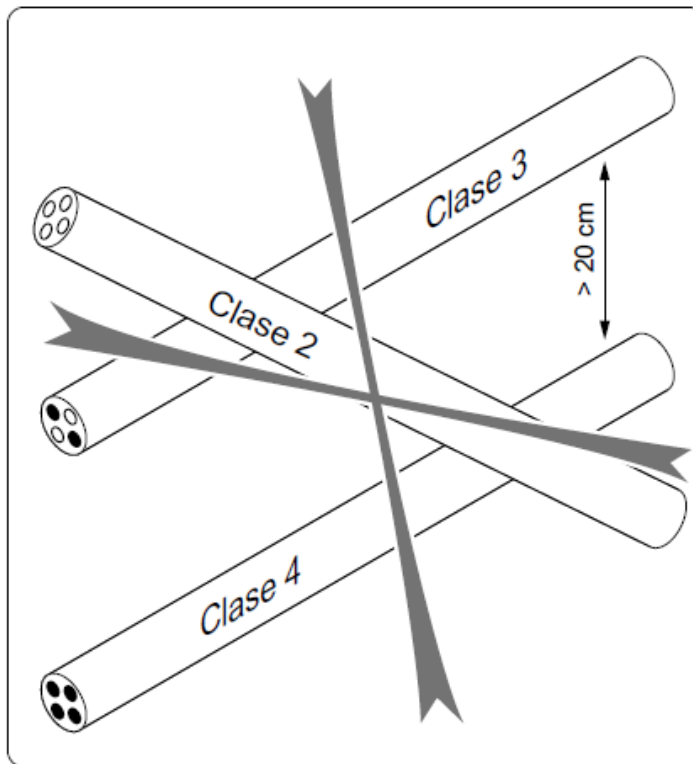
--- * Término no normativo de uso específico para este documento. ---

Reglas del Arte Industrial

5. Reglas del cableado

10. Cables de clase diferente cruzar en angulo recto

- 10** Montar de forma que se crucen en ángulo recto los conductores o cables que conduzcan señales de clases diferentes, especialmente en el caso de señales sensibles (1-2) y perturbadoras (3-4).



Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
- 6. Bandejas de Cables**
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

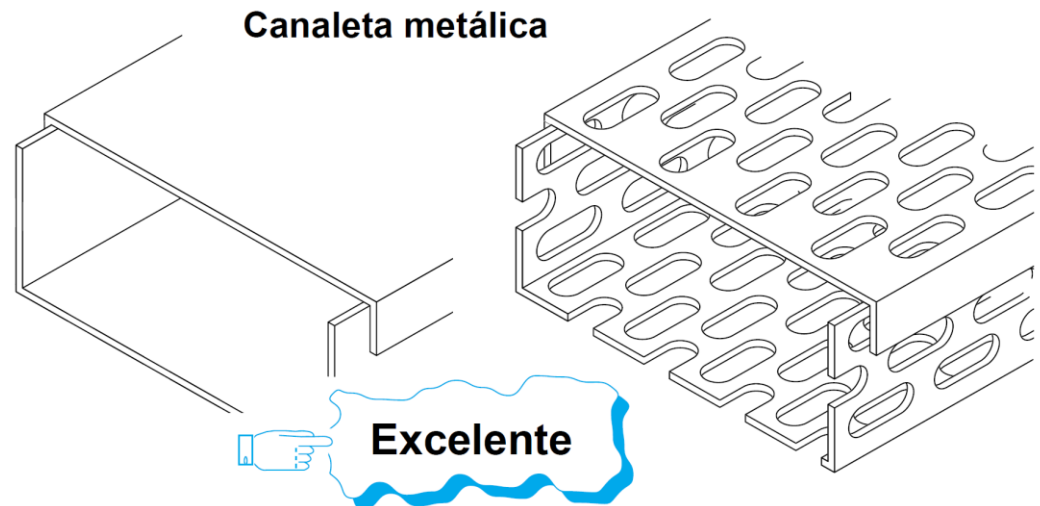
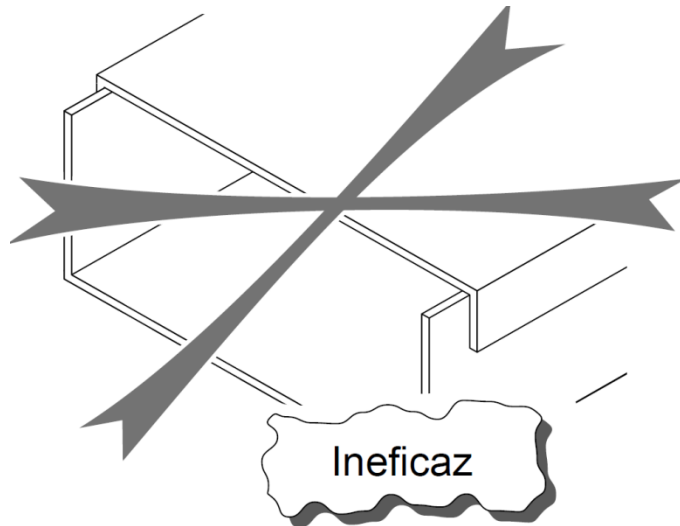
- Canaletas
- Conexiones a los armarios
- Colocación de cables.
- Conexion de los extremos.
- Colocación incorrecta y correcta de bandeja de cables.

Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Canaletas

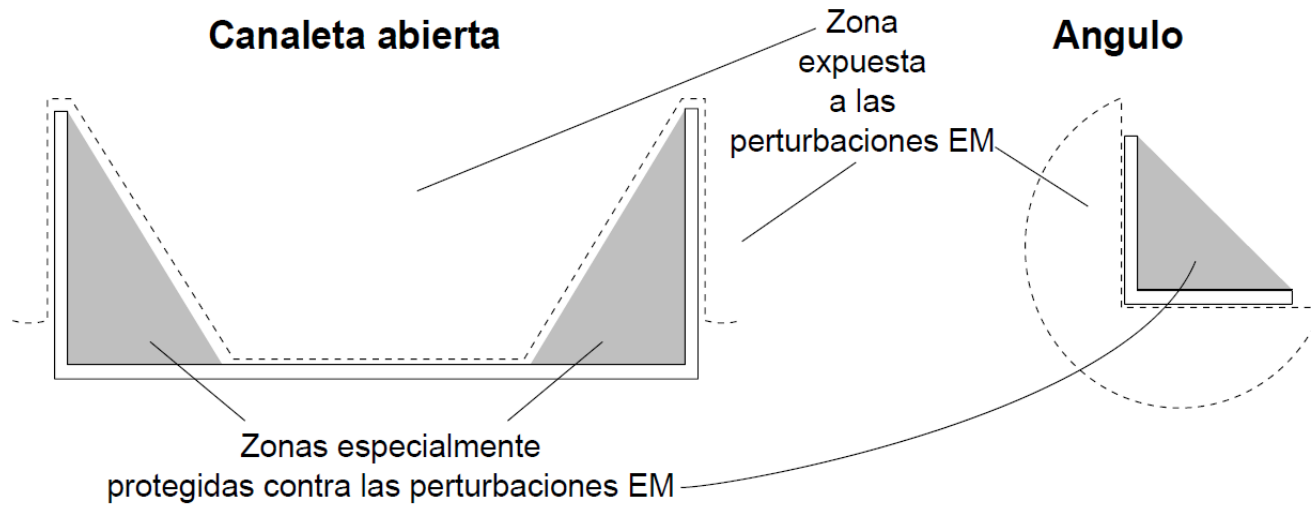
Las canaletas, tubos metálicos... conectados correctamente proporcionan una segunda pantalla muy eficaz de los cables.



Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Canaletas



El efecto de pantalla de una canaleta metálica depende de la posición del cable.

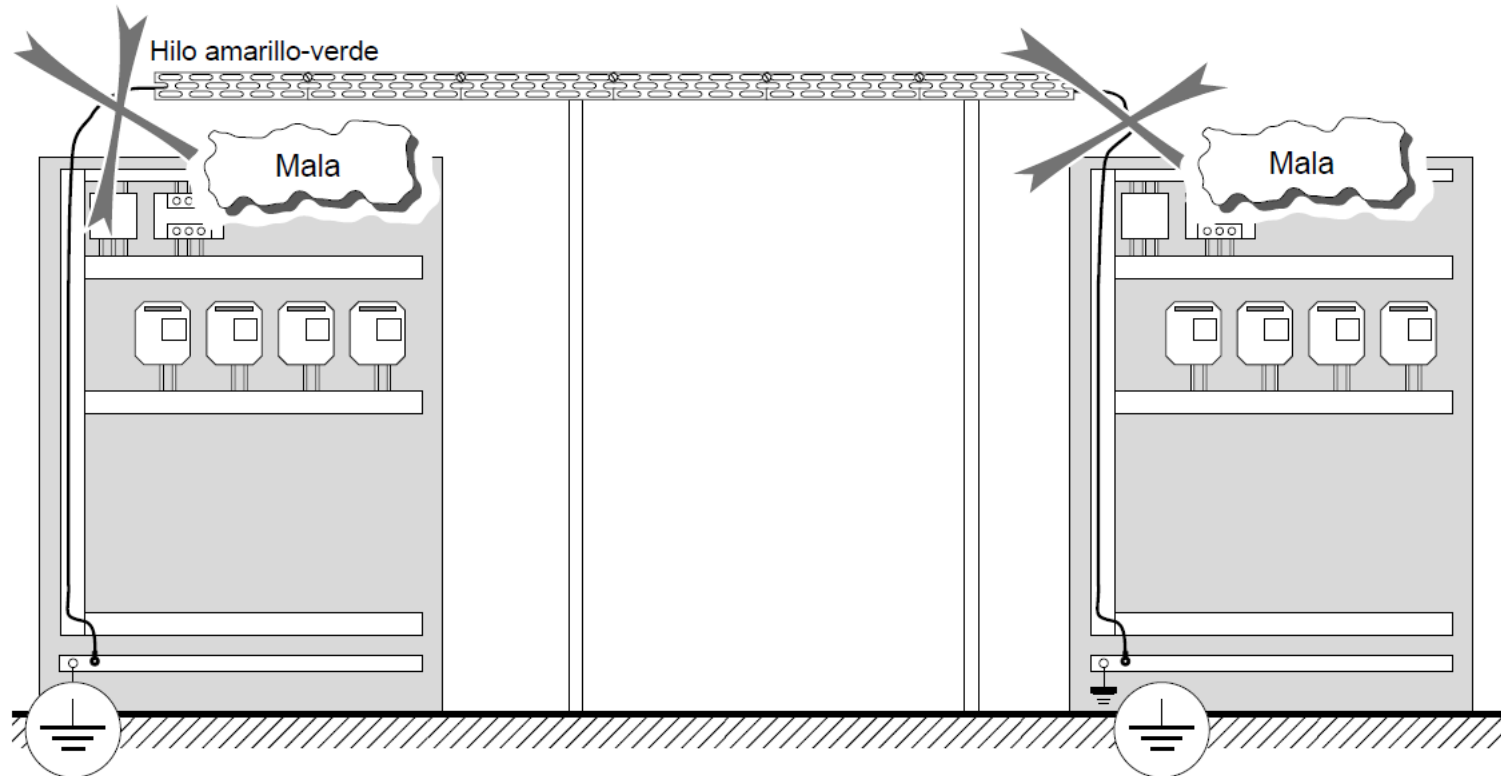


La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

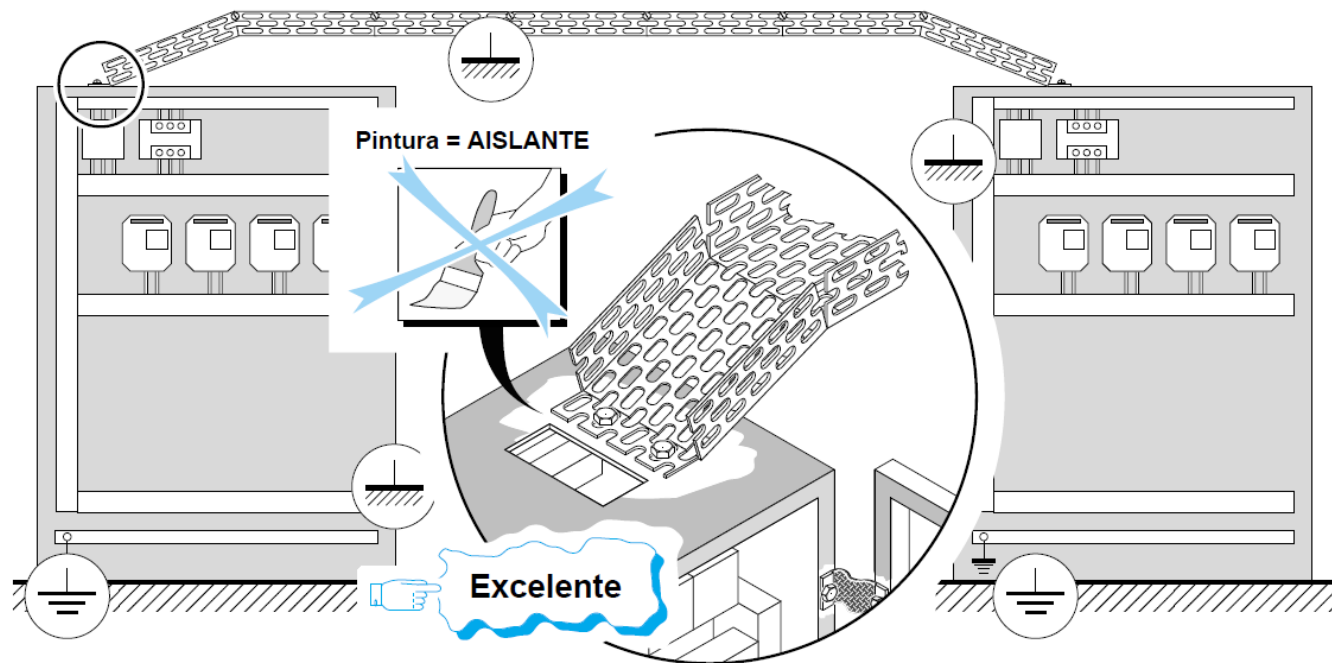
Conexiones a los armarios



Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Conexiones a los armarios

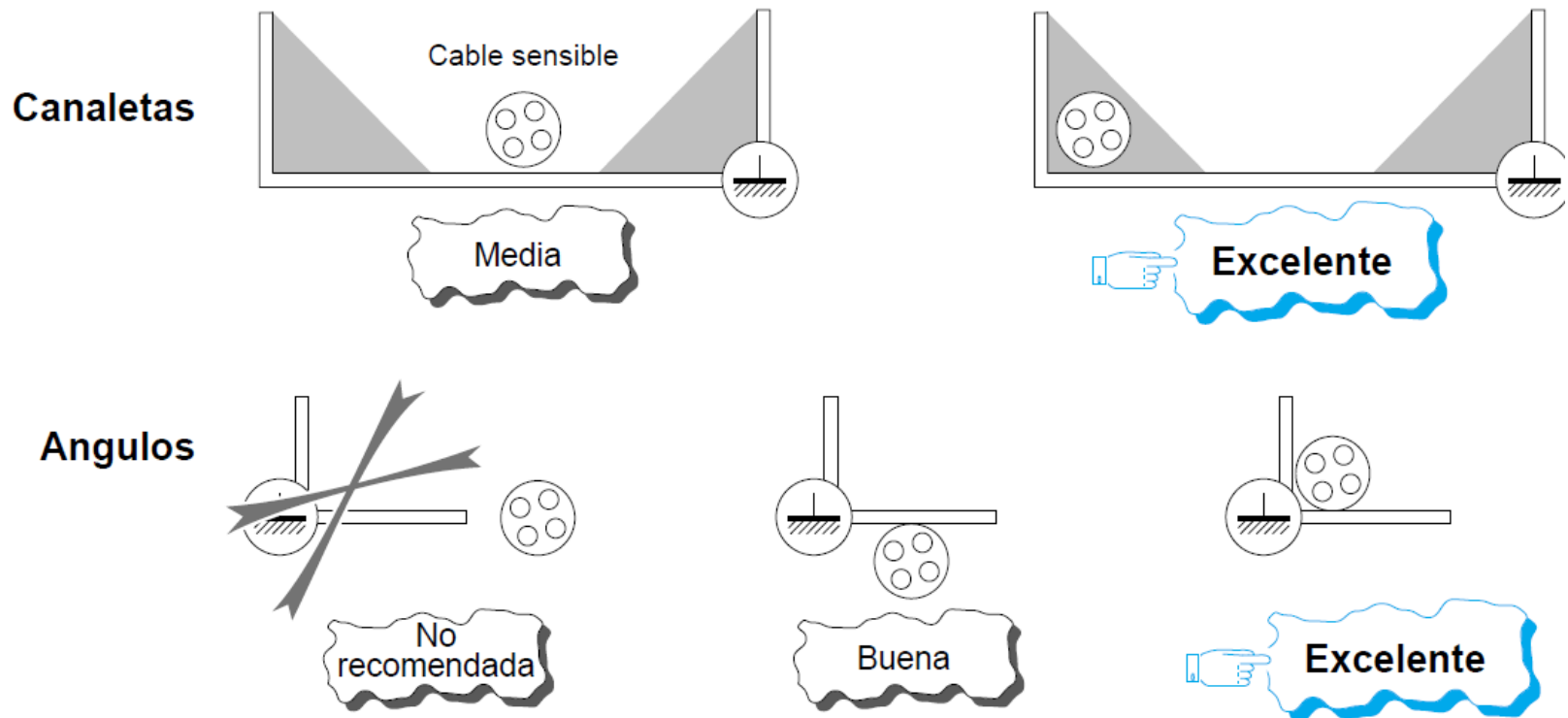


Los extremos de las canaletas, tubos metálicos... deben estar atornillados a los armarios metálicos de forma que la conexión sea adecuada.

Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Colocación de los cables



Reglas del Arte Industrial

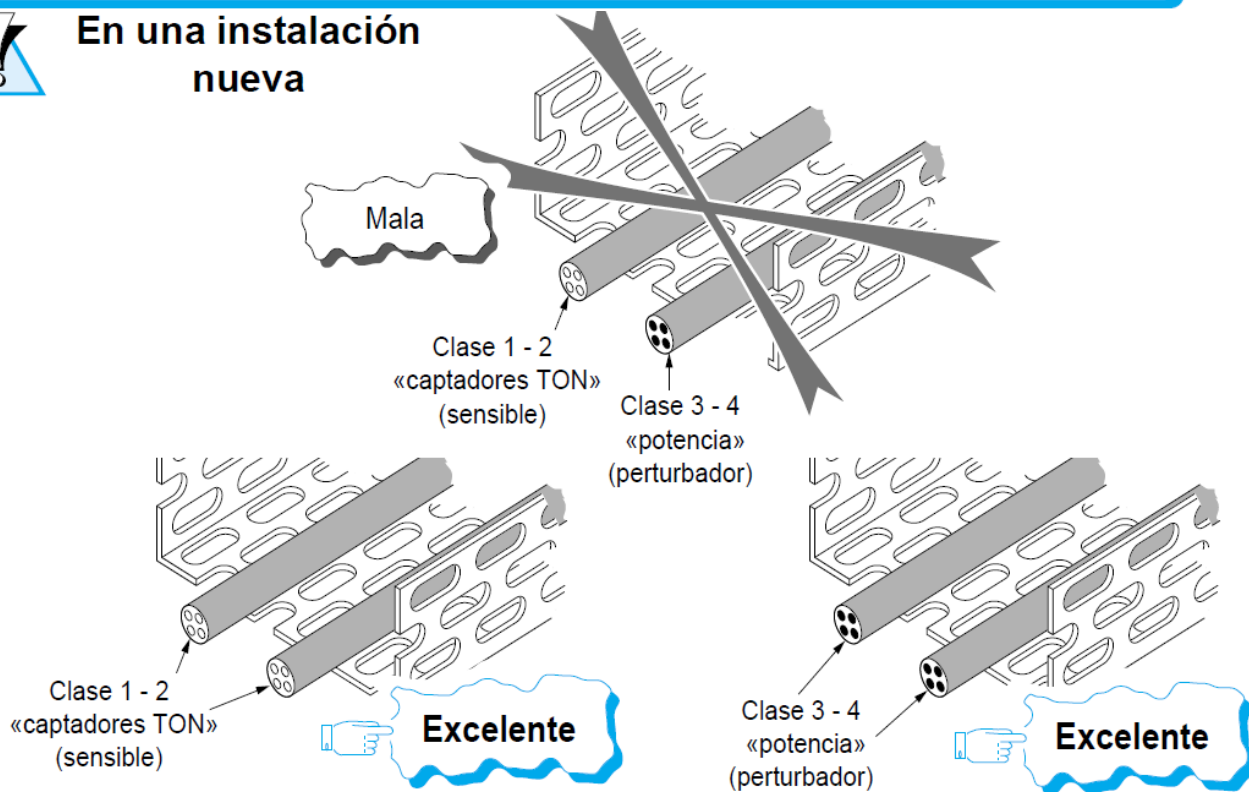
6. Bandeja de Cables

Colocación de los cables

Los cables perturbadores y los sensibles deben conducirse por canalizaciones diferentes.



En una instalación nueva



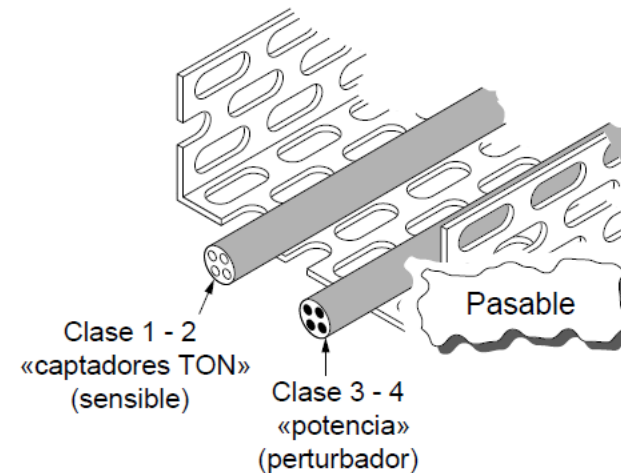
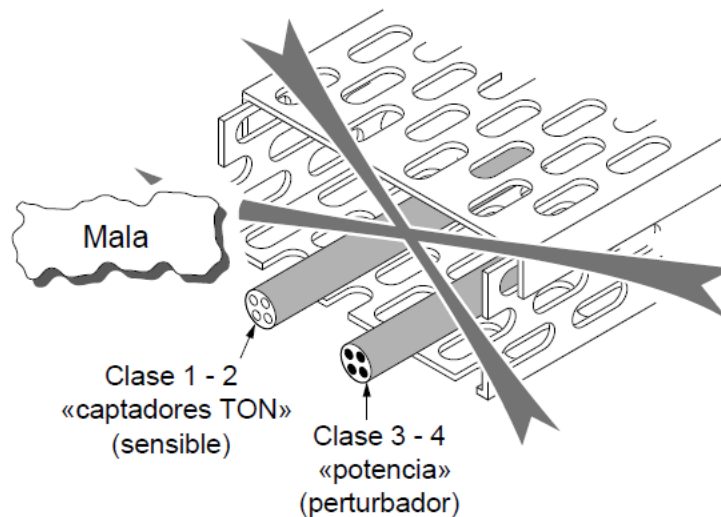
Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Colocación de los cables



En una instalación
ya existente



Si, a pesar de todo, los cables «sensibles» (clase 1 - 2) y perturbadores (clase 3 - 4) han de ir por la misma canaleta, es preferible dejarla abierta.

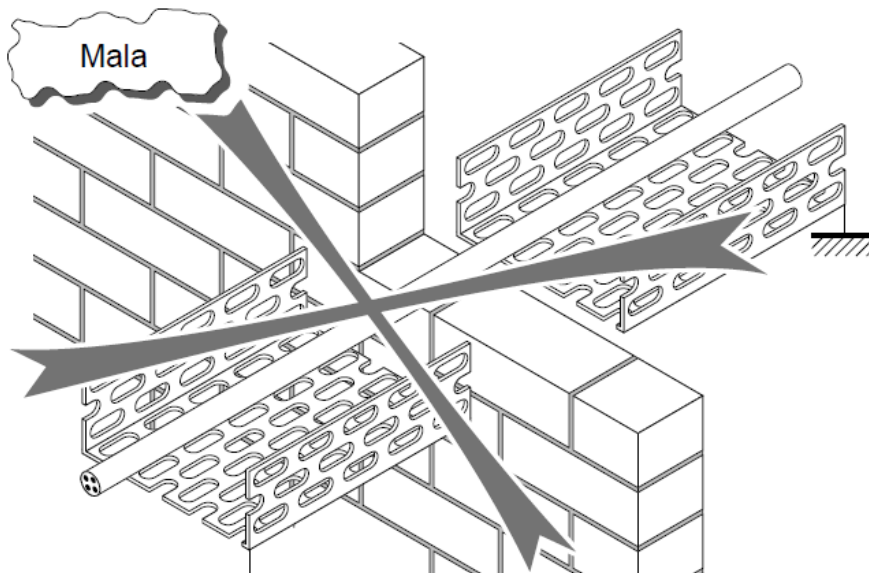
Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

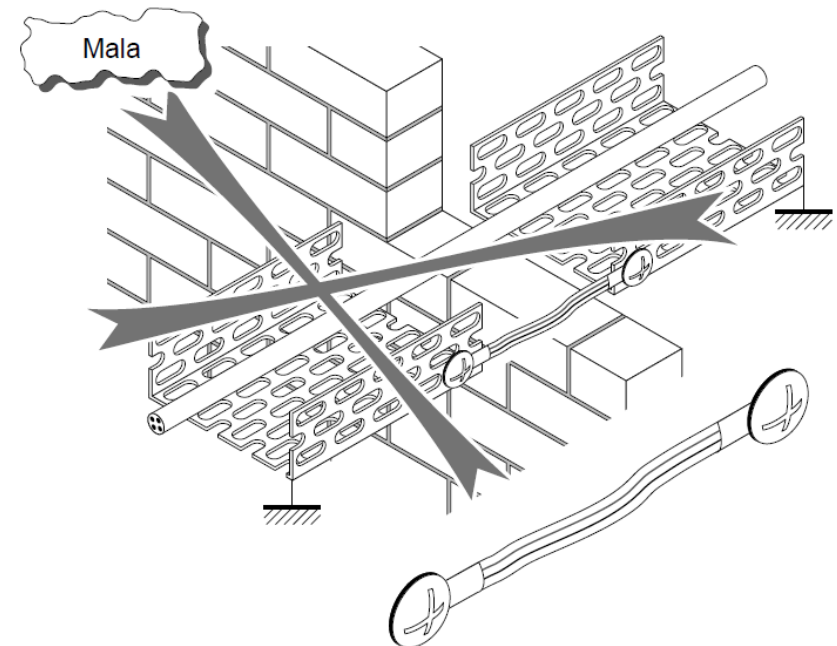
Conexión de los extremos...malas

Los extremos de las canaletas, tubos metálicos... deben estar solapados y atornillados entre sí.

(¡El plano de masa no tiene continuidad!)



(¡El plano de masa no tiene continuidad!)

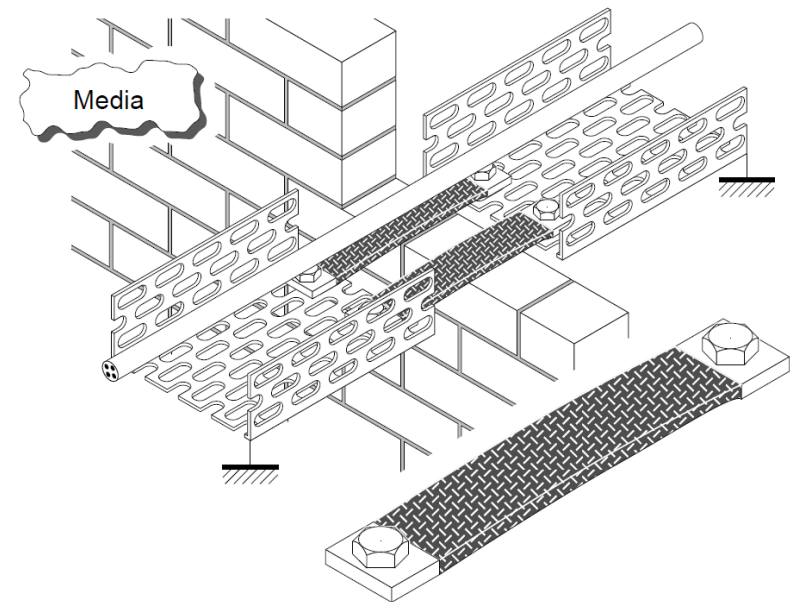
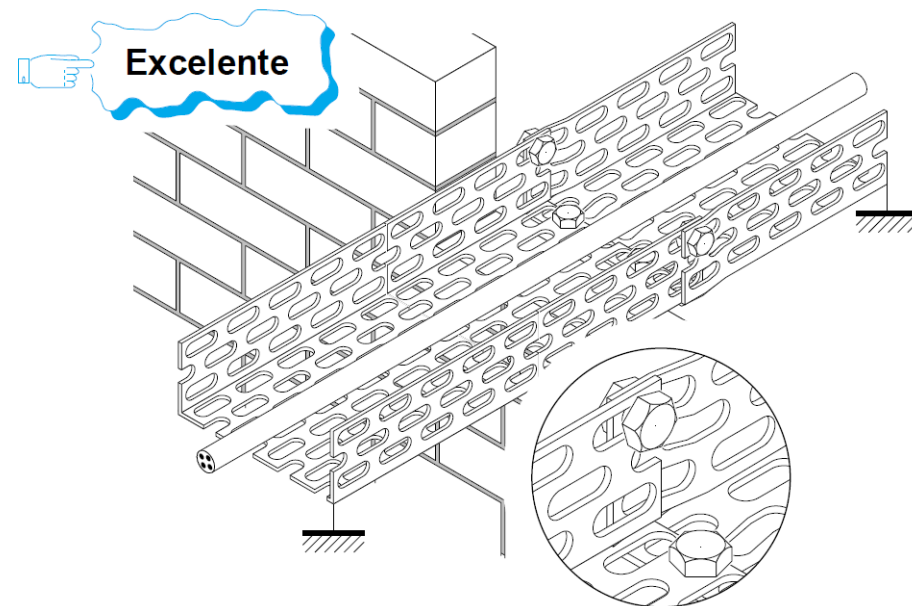


Un conductor de longitud $L \simeq 10$ cm divide por 10 la eficacia de la canaleta.

Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Conexión de los extremos...*buenas*



==> montar una trenza ancha y corta debajo de cada conductor o cable.

Si no fuera posible solapar y atornillar los extremos de las canaletas:



La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Reglas del Arte Industrial

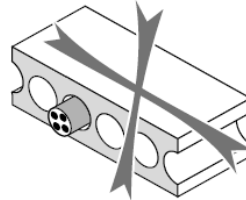
6. Bandeja de Cables



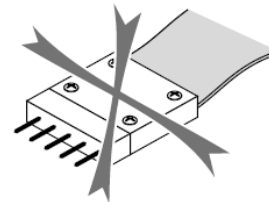
La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Colocación incorrecta de bandeja de cables

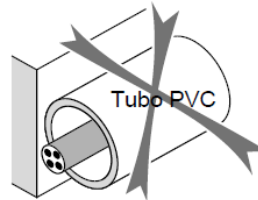
Hueco de ladrillo
de tabique



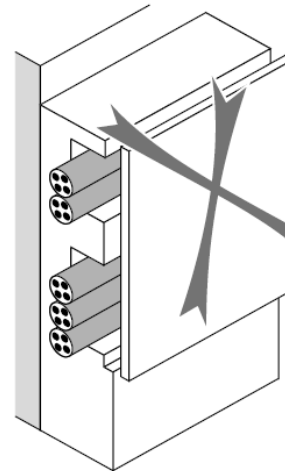
Cubierta, bus...



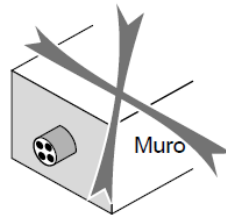
Canalización
a la vista



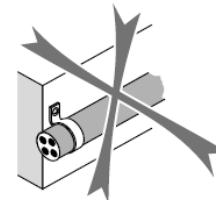
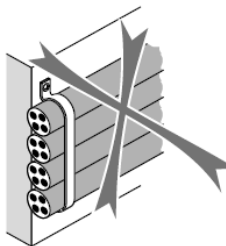
Moldura, zócalo
(marco de puerta)
vaciados



Canalización
empotrada



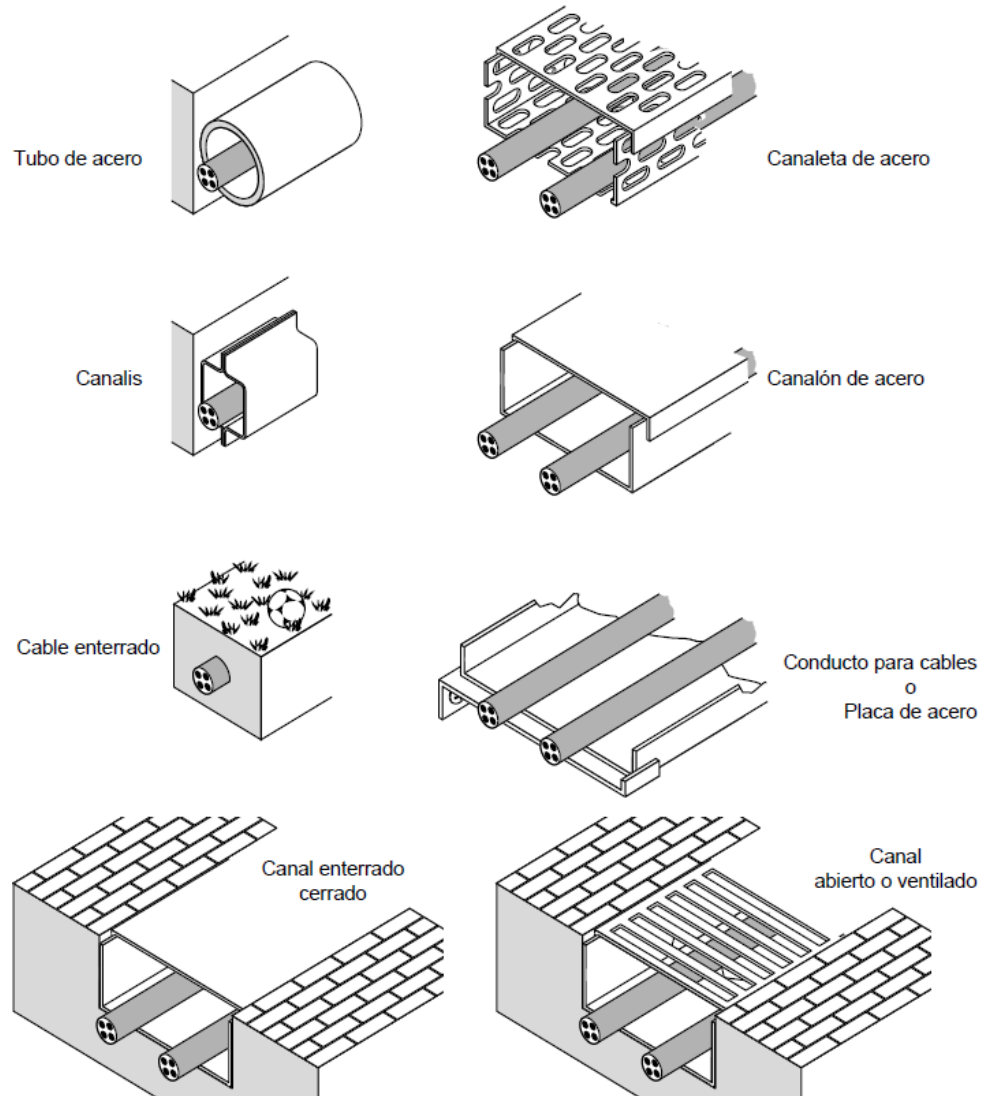
Fijación directa
a paredes y techos
con abrazaderas, bridas...



Reglas del Arte Industrial

6. Bandeja de Cables

Colocación correcta de bandeja de cables



Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
- 7. Conexiones**
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

7. conexiones

Tipo y Longitud de las conexiones

- Tipo y longitud de las conexiones.
- Realización de una conexión.
- Acciones que deben evitarse.
- Conexión de los blindajes.

Reglas del Arte Industrial

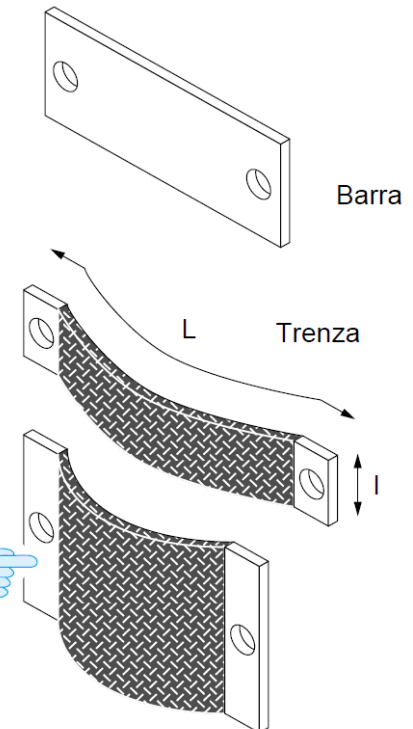
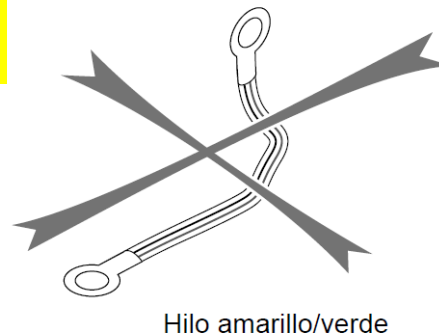
7. conexiones

Tipo y Longitud de las conexiones

La calidad de las CONEXIONES es tan importante como el cable, la pantalla y la red de masa.

En todos los casos, las conexiones de masas...deben ser lo mas cortas y anchas posibles.

En alta frecuencia la longitud del cable es determinante.



La calidad de las conexiones es determinante para la «CEM».

$$\frac{L}{I} < 3$$



7. conexiones

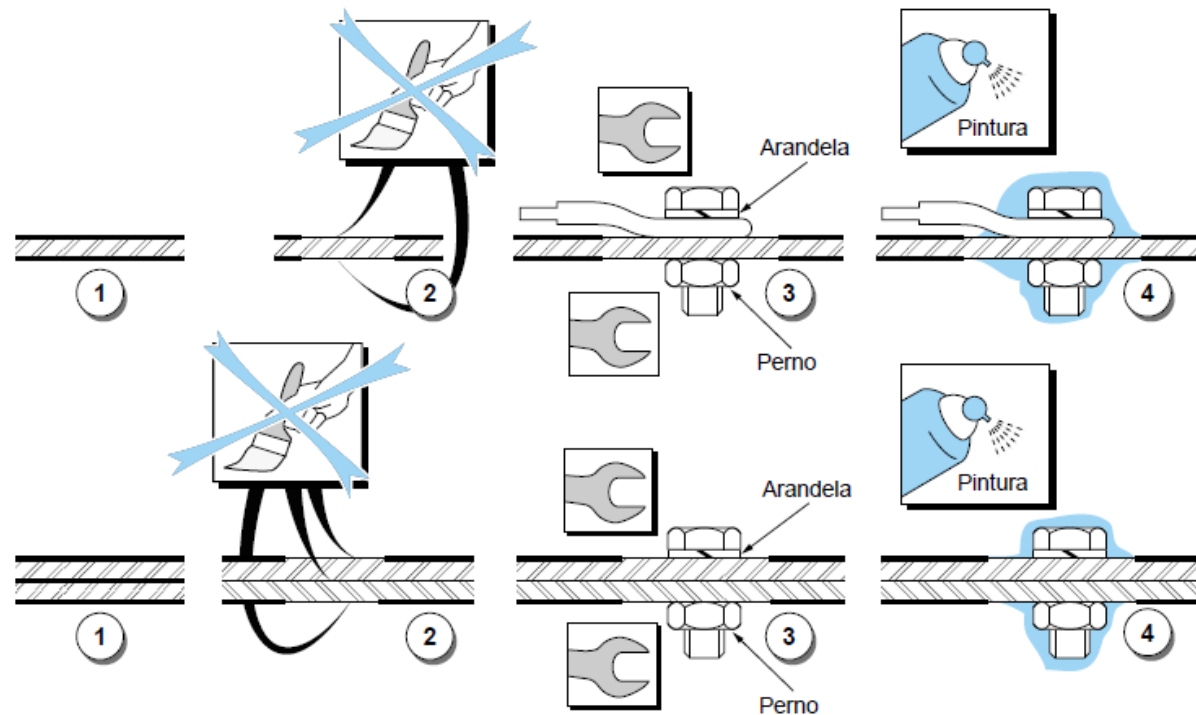
Realización de una conexion

Es imprescindible que se produzca un contacto «metal con metal» y que la presión de contacto entre las partes conductoras sea elevada.

Procedimiento:

- 1 - Chapa pintada
- 2 - No pintar - rascar la pintura
- 3 - Apretar bien la conexión utilizando, por ejemplo, un sistema de tuerca y tornillo con arandela
- 4 - Asegurarse de que el contacto es permanente

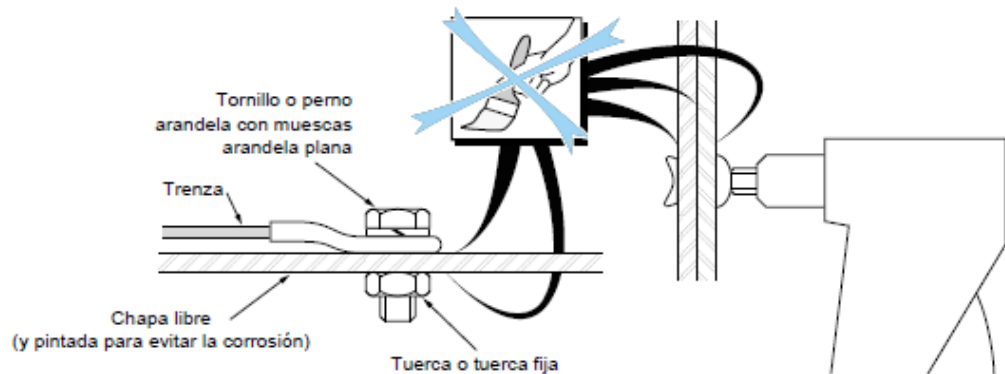
—> Aplicar pintura o grasa anticorrosivas una vez asegurado el contacto.



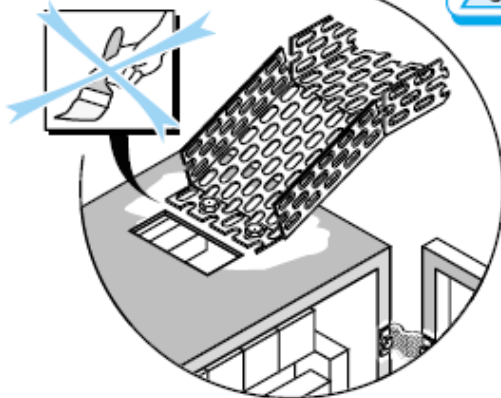
Eliminar los revestimientos aislantes, pinturas... de las superficies en contacto



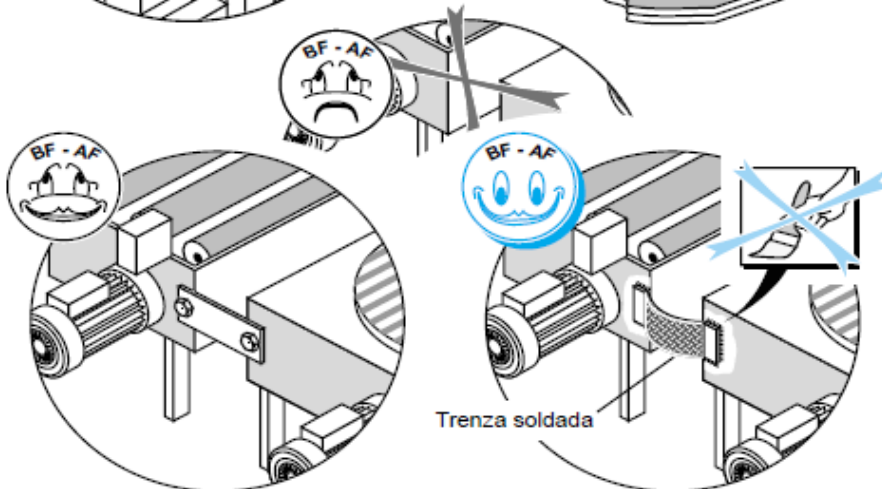
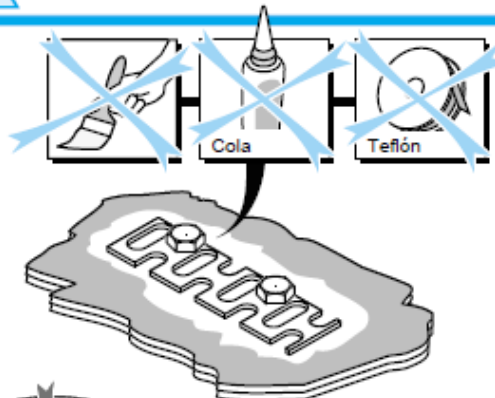
Acciones que deben evitarse



Pintura = AISLANTE



Pintura, cola y teflón = AISLANTE

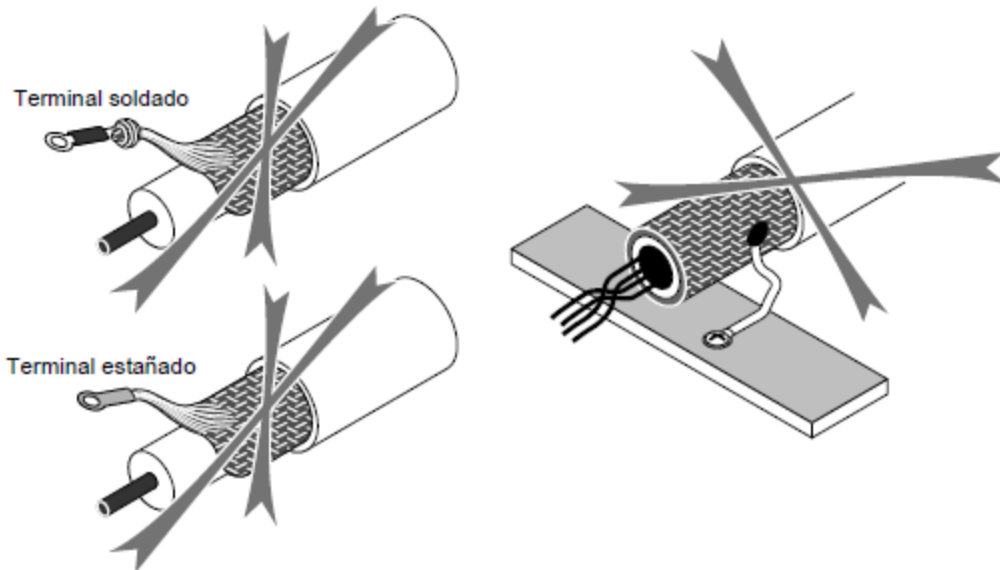


7. conexiones

Acciones que deben evitarse

7. conexiones

Conexión de los blindajes



Cuidado con las láminas de plástico aislante situadas entre la pantalla y la funda

Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
- 8. Filtros**
9. Limitadores de Sobretensión
10. Ferritas

Reglas del Arte Industrial

8. Filtros

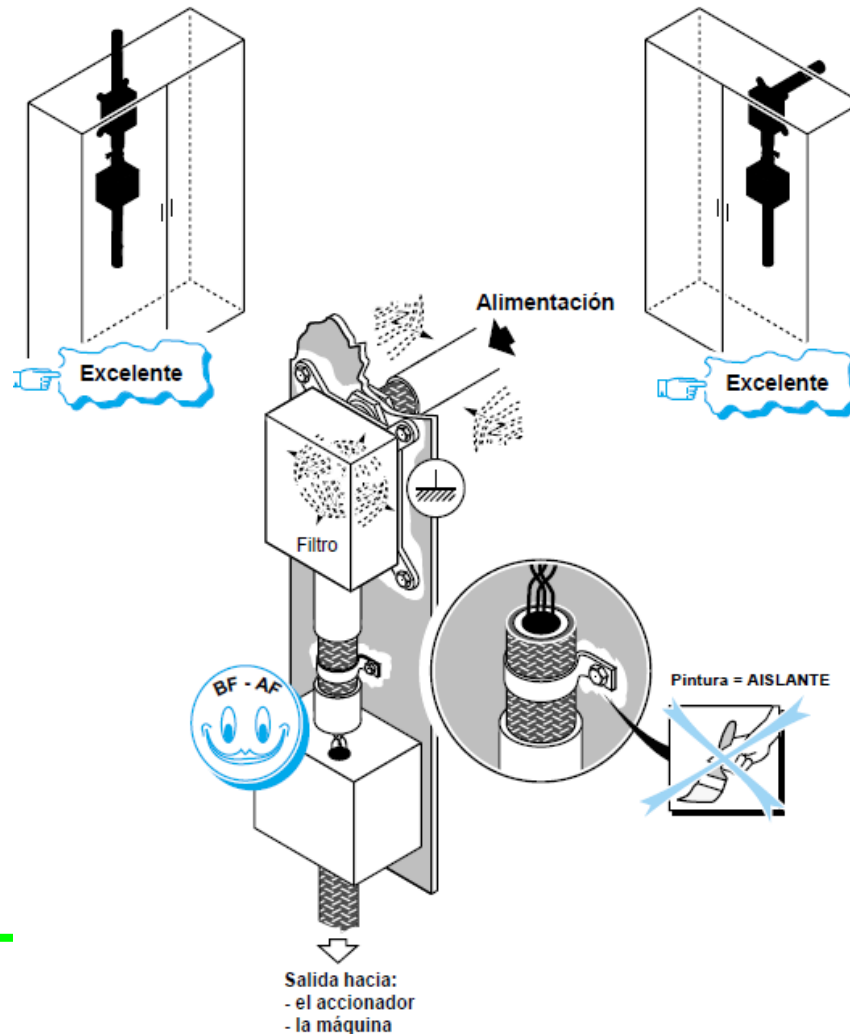
- Instalación en el armario.
- Montaje de los filtros.
- Conexión de los filtros.

Reglas del Arte Industrial

8. Filtros

Instalación en el armario

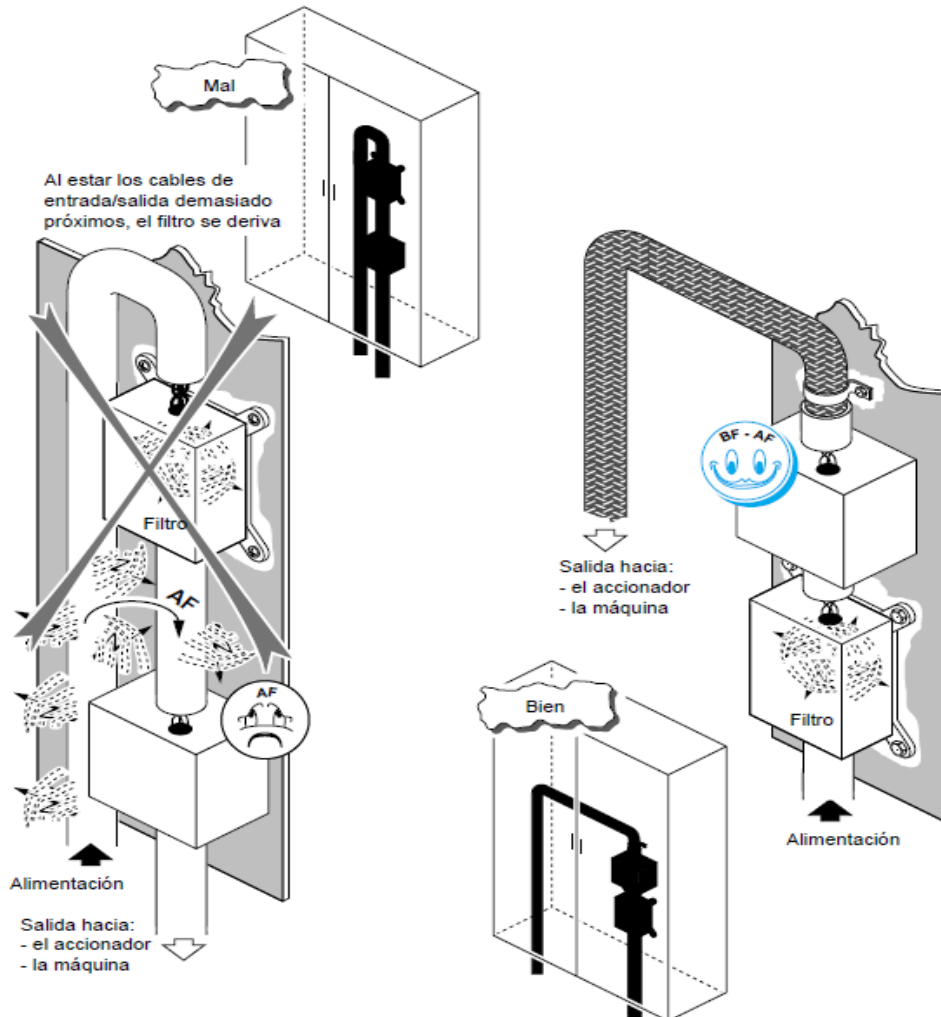
Instalación en el armario



Reglas del Arte Industrial

8. Filtros

Instalación en el armario



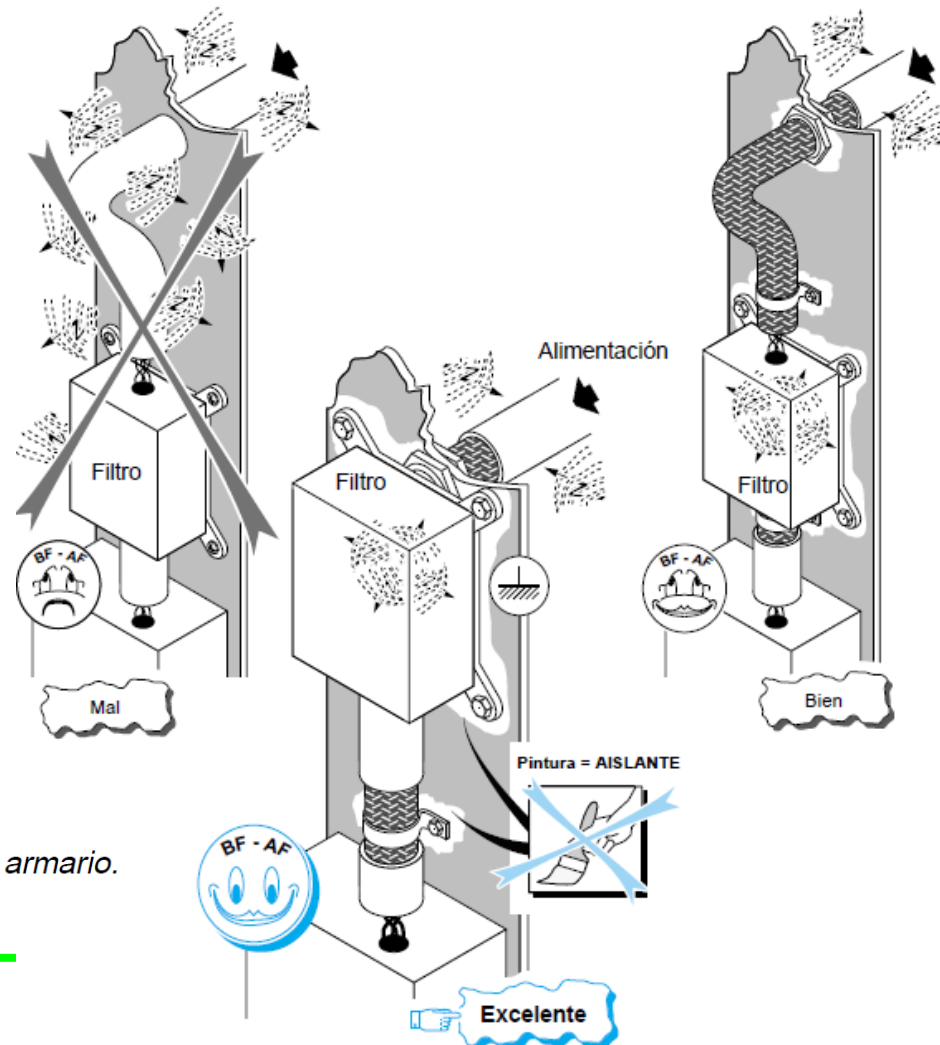
El cable de entrada no debe estar junto al cable de salida.

Reglas del Arte Industrial

8. Filtros

Montaje de los filtros

Montaje de los filtros

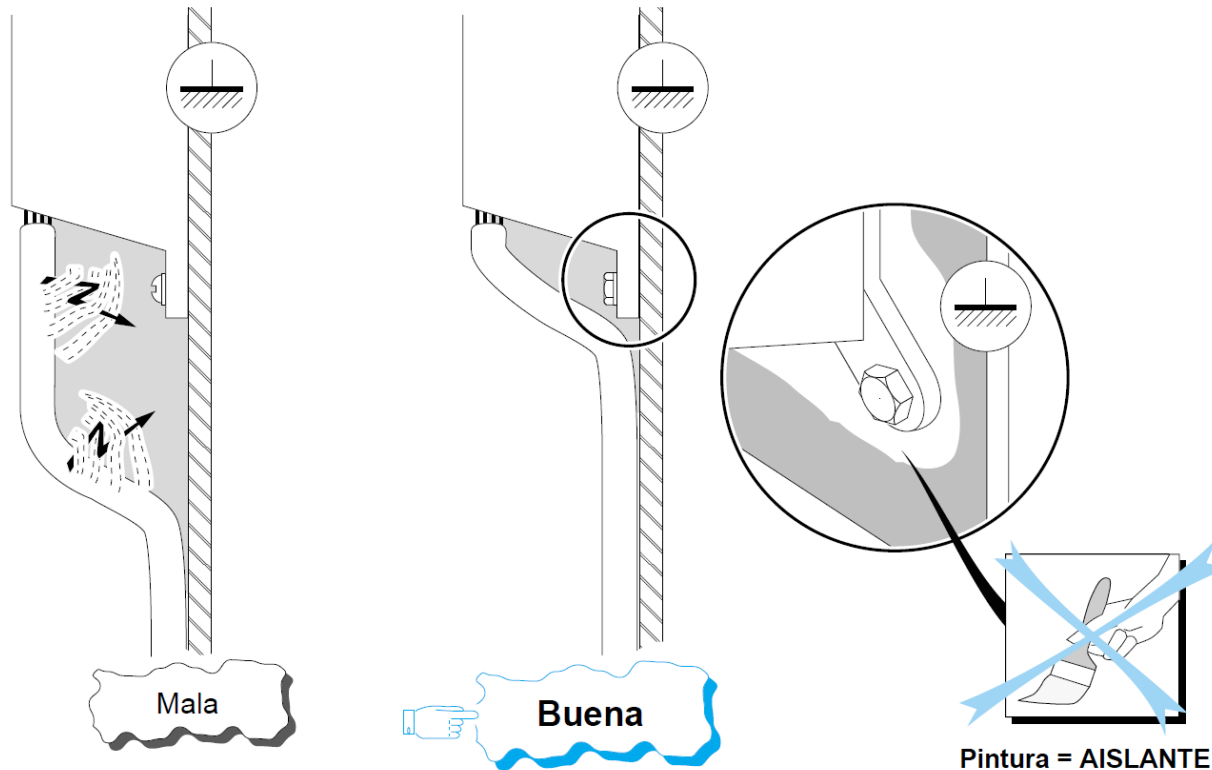


Montar los filtros en la entrada del armario y atornillarlos al chasis o al plano de masa de fondo de armario.

Reglas del Arte Industrial

8. Filtros

Conexión de los Filtros



Sujetar los cables al plano de masa de referencia de fondo de armario.

Reglas del Arte Industrial

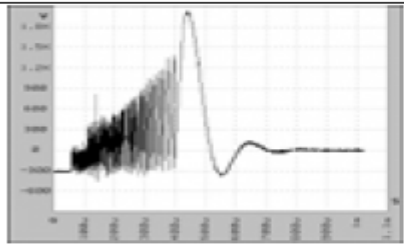
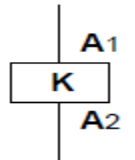
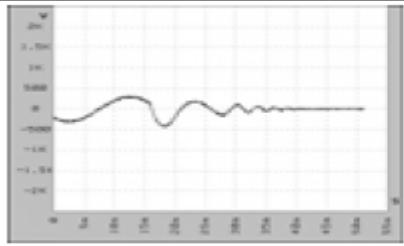
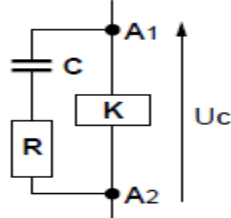
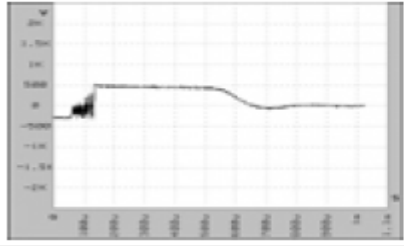
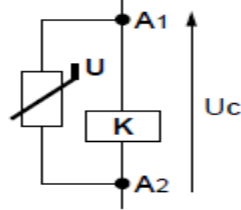
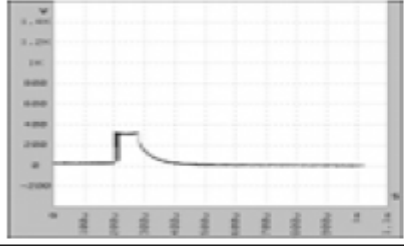
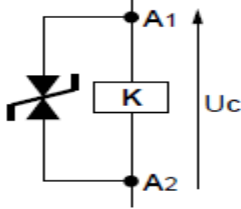
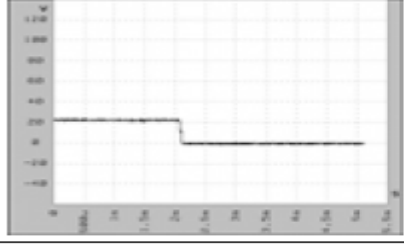
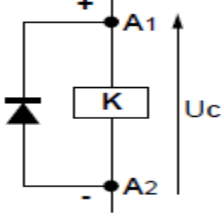
1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
- 9. Limitadores de Sobretensión**
10. Ferritas

La finalidad de los siguientes dispositivos es reducir:

- las sobretensiones de corte
- los residuos de alta frecuencia «AF» (nivel, cantidad y pendiente de los frentes de descarga)

Reglas d

9. Lin

Oscilogramas	Tipo de antiparasitario	Esquemas	Limitación de la sobretensión	
	---		$> 1 \text{ kV}$	Sin limitación. Sobretensión elevada, de hasta varios kilovoltios, precedida de un tren de descargas de frentes de rampa corta.
	Circuito R - C el RC reduce la pendiente de los frentes		$\approx 2U_c$	Buena limitación: del orden de 2 veces la tensión de control U_c . (variable según el instante de corte, el tipo de bobina y los valores de R y C).
	Varistancia		$\approx 2U_c$ Predeterminada	Limitación de la sobretensión a un valor de cresta predeterminado del orden de 2 veces la tensión máxima de control U_c .
	Diodo limitador de cresta bidireccional		$\approx 2U_c$ Predeterminada	Limitación de la sobretensión a un valor de cresta predeterminado del orden de 2 veces la tensión máxima de control U_c .
	Diodo de «rueda libre»		U_c sin sobretensión	Supresión total de la sobretensión.

Reglas

9. L

La asociación de limitadores de cresta + RC combina las ventajas de los 2 circuitos

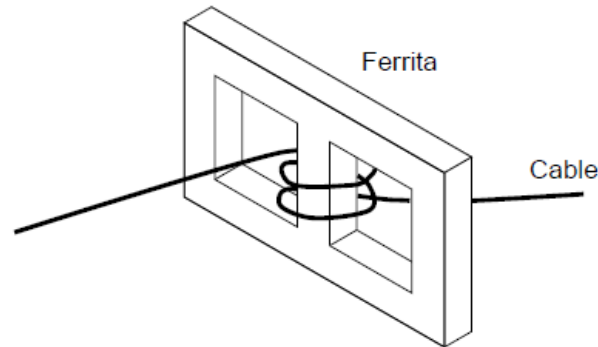
Aplicaciones	Tiempo de caída	Influencia sobre la función
Sobretensión típica que aparece en las bornas de una bobina desactivada por contacto seco. Ejemplo tratado: contactor de calibre 9A. Para información más detallada, ver el capítulo 1.	T_{c1}	
- En asociación con aparatos alimentados en corriente alterna. Se utiliza poco para corriente continua (volumen y coste del compensador). - Asistencia a la desactivación (reducción del desgaste del contacto de control). - Efecto sobre las altas frecuencias «AF»: - Desaparecen los frentes de rampa corta y las descargas (no circulan corrientes de alta frecuencia «AF» por el circuito de control). - Solamente se observa una onda de tensión oscilatoria amortiguada de «BF» (orden de magnitud ≈ 100 Hz).	$T_c = 1$ a 2 T_{c1}	El tiempo de caída aumenta en un factor del orden de 1 a 2. (generalmente aceptada, teniendo en cuenta la elevada dispersión de los tiempos de caída en Δ).
- En asociación con aparatos alimentados en corriente alterna o continua. - Asistencia a la desactivación (reducción del desgaste del contacto de control). - Efecto sobre las altas frecuencias «AF»: - Antes de alcanzar el umbral de limitación de cresta, puede aparecer un tren de descargas de corta duración según el tipo de contacto y de orden de magnitud UC. - Por el circuito de control pueden circular corrientes de alta frecuencia «AF», de baja amplitud y corta duración. - Puede canalizar un nivel elevado de energía (más que el RC).	$T_c = 1,2$ a 2 T_{c1}	El tiempo de caída aumenta en un factor del orden de 1,2 a 2.
- En asociación con aparatos alimentados en corriente alterna o continua (salvo los diodos limitadores de cresta unidireccionales, que se parasitan). - Asistencia a la desactivación (reducción del desgaste del contacto de control). - Efecto sobre las altas frecuencias «AF»: - Pocos residuos «AF» (riesgo de descargas limitado) para las UC de bajo nivel. - Para valores de UC elevados, > 200 V (comportamiento «AF» semejante a una varistancia), por el circuito de control pueden circular corrientes de alta frecuencia «AF», de baja amplitud y muy corta duración.	$T_c = 1,2$ a 2 T_{c1}	El tiempo de caída aumenta en un factor del orden de 1,2 a 2.
- En asociación con aparatos alimentados en corriente continua (componente polarizado). - Asistencia a la desactivación (reducción del desgaste del contacto de control). - Efecto sobre las altas frecuencias «AF»: En la desactivación, el diodo canaliza la energía que devuelve la inductancia en forma de corriente, la tensión en sus bornas es casi nula y la tensión en las bornas del contacto de control es igual a UC. - No existe riesgo de descarga ni de que se produzca la correspondiente perturbación «AF».	$T_c = 4$ a 8 T_{c1}	El tiempo de caída aumenta en un factor del orden de 4 a 8. (variable según el tipo y el tamaño del electroimán).

Reglas del Arte Industrial

1. Red de masas
2. Alimentación
3. Armario (tableros Eléctricos)
4. Cables
5. Reglas del cableado
6. Bandejas de Cables
7. Conexiones
8. Filtros
9. Limitadores de Sobretensión
- 10. Ferritas**

Los conductores de «ida» y «vuelta» de la señal por descontaminar deben pasar por la ferrita.

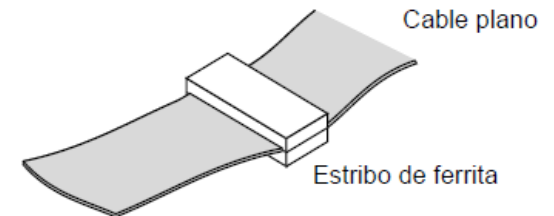
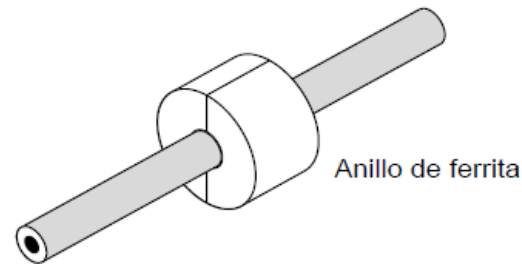
10. Ferritas



El número de vueltas aumenta la eficacia pero genera capacidades parásitas entre las espiras. Por tanto, existe un número máximo de vueltas que no se debe sobrepasar y que depende:

- de la frecuencia de las perturbaciones
- del cable
- de la ferrita

==> Buscar la solución óptima experimentalmente.



La utilización de ferritas de media concha facilita su instalación, pero son menos eficaces que las ferritas de una sola pieza (cerradas).

👉 Problema de emisión: montar la ferrita lo más cerca posible del aparato perturbador.

👉 Problema de inmunidad: montar la ferrita lo más cerca posible del aparato sensible, solamente si no se puede descontaminar o no se puede identificar el aparato perturbador.

Como

