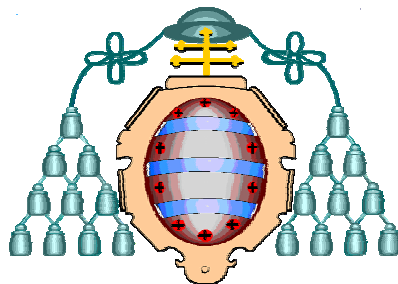


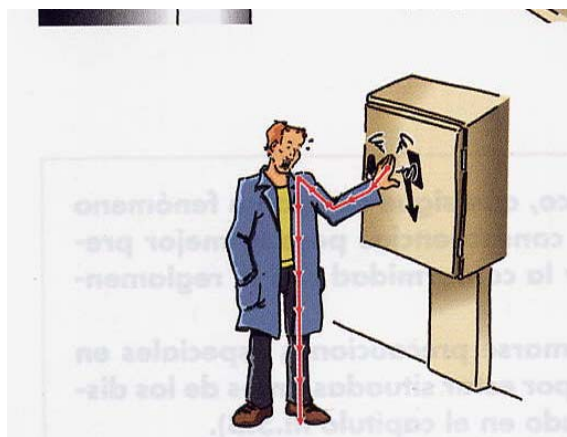
La instalación eléctrica de Baja Tensión 2

Ricardo Mayo Bayón
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Oviedo



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Riesgos



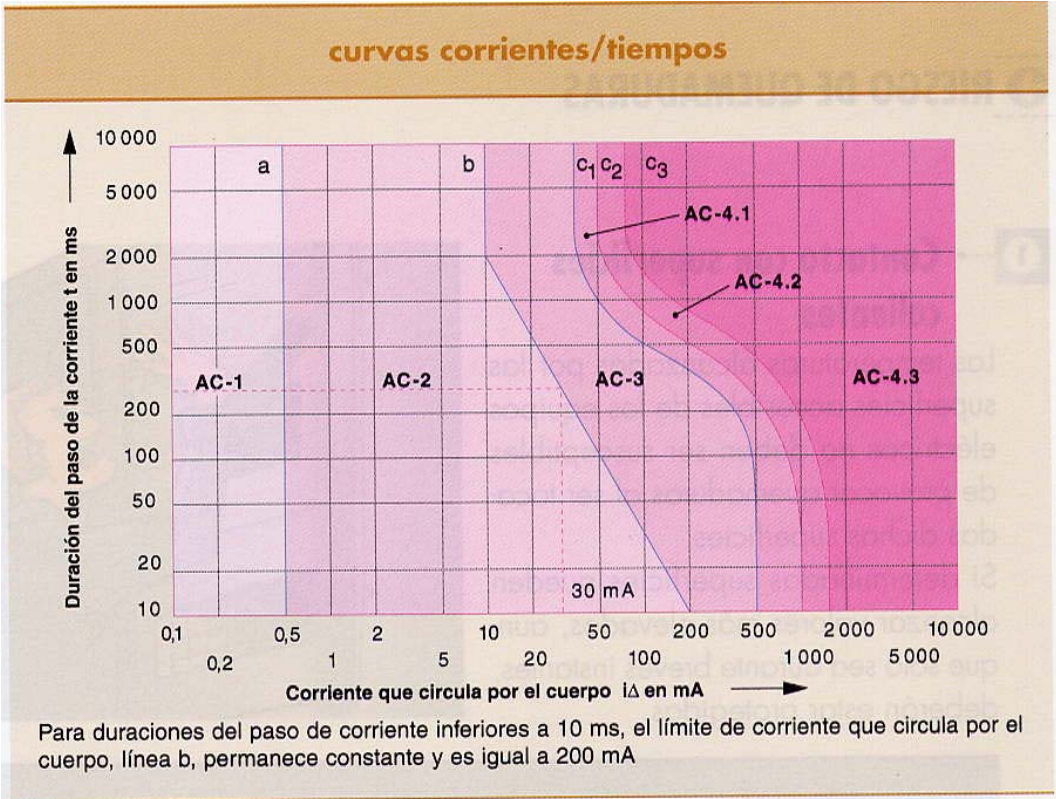
3 — Riesgo de contacto indirecto

Hablamos de contacto indirecto cuando una persona toca una masa metálica por la que accidentalmente circula corriente (fallo de aislamiento del aparato o de la máquina eléctrica).

Por lo tanto, es importante detectar y eliminar rápidamente el fallo antes de que alguien entre en contacto con la masa metálica.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de las personas



Zona	Efectos fisiológicos
AC-1	Habitualmente, ninguna reacción.
AC-2	Habitualmente, ningún efecto fisiológico peligroso.
AC-3	Habitualmente, ningún daño orgánico; probabilidad de contracciones musculares y de dificultades respiratorias para duraciones de paso de corriente superiores a 2 s. Perturbaciones reversibles en la formación de la propagación de los impulsos en el corazón sin fibrilación ventricular, que aumentan con la intensidad de la corriente y con el tiempo de paso.
AC-4	Aumentando con la intensidad y con el tiempo, pueden producirse efectos fisiopatológicos tales como paro cardíaco, paro respiratorio y graves quemaduras, complementados con los efectos de la zona 3.
AC-4.1	Probabilidad de fibrilación ventricular hasta el 5% aproximadamente.
AC-4.2	Probabilidad de fibrilación ventricular hasta el 50% aproximadamente.
AC-4.3	Probabilidad de fibrilación ventricular superior al 50%.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Relación de tiempo

Relación tiempo de paso máximo / tensión de contacto en condiciones de contacto normales (U_L : 50 V)

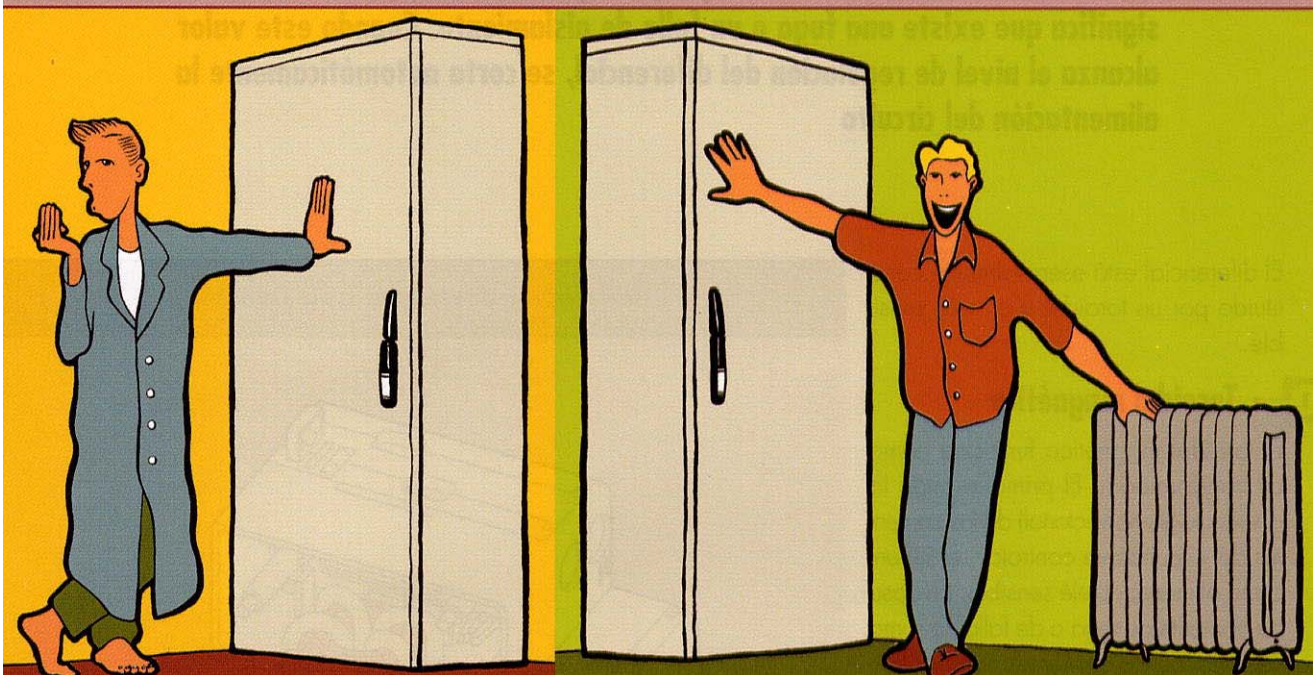
Tensión de contacto U_c (V)	Impedancia eléctrica del cuerpo humano Z_n (Ω)	Corriente que atraviesa el cuerpo humano I_n (mA)	Tiempo de paso máximo t_n (s)
50	1 725	29	≥ 5
75	1 625	46	0,60
100	1 600	62	0,40
150	1 550	97	0,28
230	1 500	153	0,17
300	1 480	203	0,12
400	1 450	276	0,07
500	1 430	350	0,04

Protección contra contactos indirectos

Protección contra contactos indirectos

Es obligatorio tomar medidas de protección contra contactos indirectos en todas las instalaciones, estando ligado dicho riesgo a un eventual fallo material y no a torpeza o imprudencia del usuario

Protección contra contactos indirectos = seguridad de las personas



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Medidas de Protección

Medios de protección contra contactos indirectos

1 - Corte automático de la alimentación

Limitación de la tensión de contacto a un valor inferior a la tensión límite.

Detección del fallo y corte de la alimentación (utilización de material de clase I).

2 - Utilización del doble aislamiento

Limitación del riesgo de fallo por redundancia del aislamiento (utilización de material de clase II).

3 - Muy baja tensión de seguridad

Supresión del riesgo por limitación de la tensión de alimentación a un valor inferior a la tensión de seguridad, 24 V en medio húmedo, 50 V en medio seco (utilización de material de clase III).

4 - Separación de circuitos

Una fuente de separación garantiza el aislamiento con la red (transformador).

5 - Conexión equipotencial complementaria

Todas las masas simultáneamente accesibles están conectadas de forma que no pueda crearse ninguna tensión peligrosa entre ellas.

6 - Emplazamientos no conductores

Se ha impedido el contacto entre las masas.

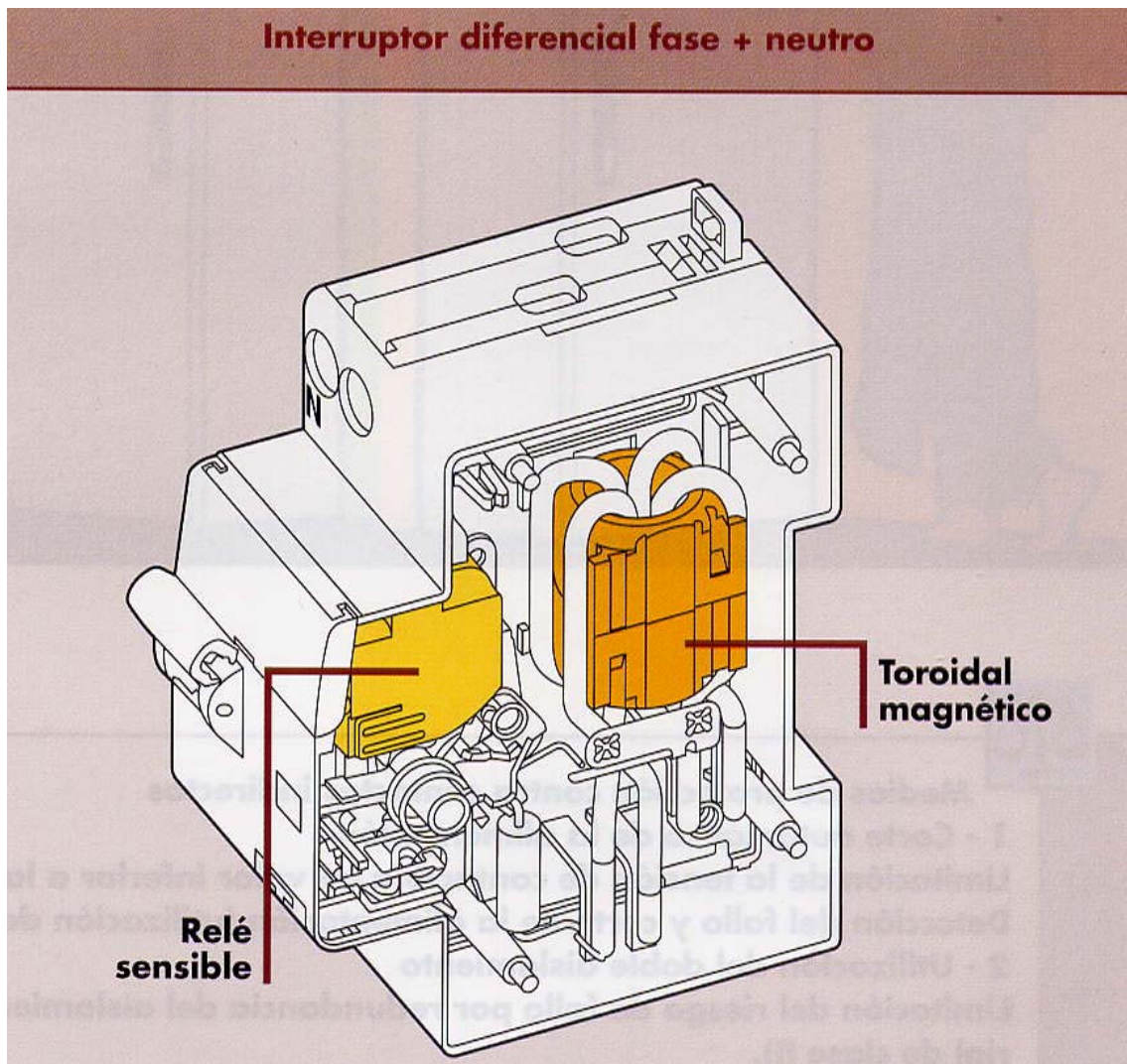
El local no posee partes metálicas.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Diferenciales

El diferencial (dispositivo de corriente diferencial residual) mide permanentemente la diferencia entre el valor de la corriente de entrada y el de la corriente de salida del circuito que protege. Si dicha diferencia no es nula, significa que existe una fuga o un fallo de aislamiento. Cuando este valor alcanza el nivel de regulación del diferencial, se corta automáticamente la alimentación del circuito

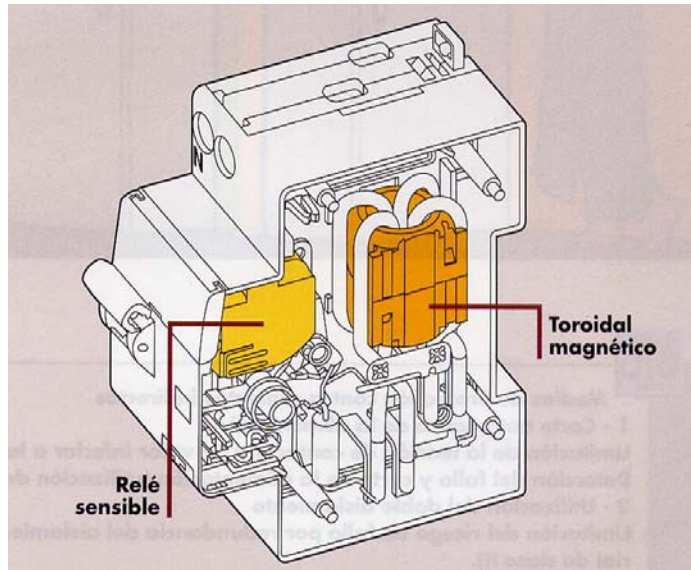
Interruptor diferencial fase + neutro



La instalación eléctrica de Baja Tensión.

Aparamenta. Normativa

Partes de un Diferencial



• Toroidal magnético

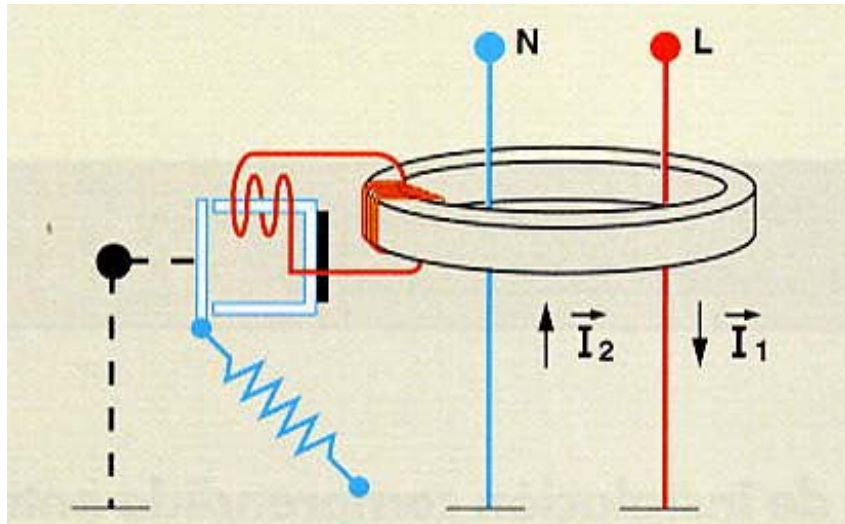
El toroidal magnético funciona como un transformador. El primario mide la diferencia (suma vectorial) de las corrientes del circuito que controla y el secundario alimenta el relé sensible. En caso de corriente de fuga o de fallo, la suma vectorial de las corrientes no es nula y se traduce en una corriente diferencial. Por encima del umbral previamente regulado $I_{\Delta n}$, el relé sensible activa la apertura de los contactos principales del dispositivo de corte asociado (magnetotérmico o interruptor automático).

• Relé sensible

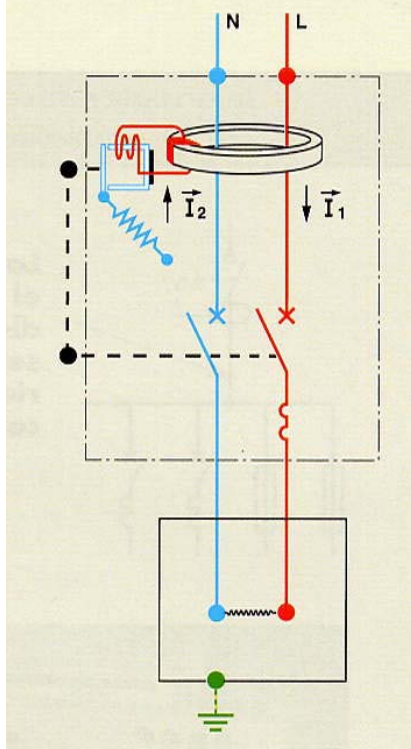
El relé sensible está constituido por una bobina imantada que, en ausencia de corriente, mantiene una armadura en posición cerrada. Esta armadura está fijada a un eje y sometida a la tensión de un muelle. Cuando la bobina no está excitada por la corriente, el imán permanente opone una fuerza de tracción de la armadura superior al esfuerzo del muelle. Al excitarse la bobina, el flujo magnético inducido se opone a la imantación permanente. En tal caso, el esfuerzo generado por el muelle provoca el movimiento de la armadura, que acciona el mecanismo de apertura de los contactos.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Principio y modo de funcionamiento



En ausencia de fallo



$$\vec{I}_2 = -\vec{I}_1$$

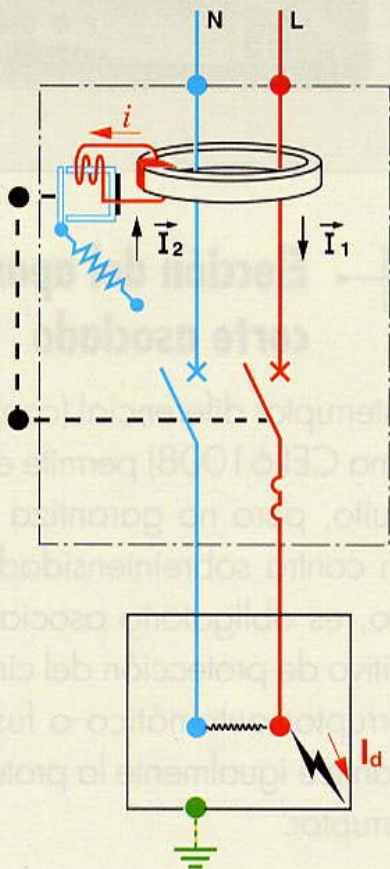
$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 = 0$$

El valor de la corriente de entrada (fase) es igual al de la corriente de retorno (neutro). Si no hay corriente diferencial, no se crea ningún flujo en el toroidal. La bobina del relé sensible no se halla excitada. Los contactos permanecen cerrados. El equipo funciona normalmente.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Principio y modo de funcionamiento

En presencia de un fallo



$$\vec{I}_2 \neq \vec{I}_1$$

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 = \vec{I}_d$$

El valor de la corriente de entrada (fase) es diferente al valor de la corriente de retorno (neutro). La corriente diferencial provoca un flujo magnético en el toroidal, el cual genera una corriente que excita al relé sensible.

La instalación eléctrica de Baja Tensión.

Aparamenta. Normativa

Condiciones de utilización

Condiciones específicas de utilización

Existen dos tipos de diferenciales:

- Tipo AC 

Se utilizan para las aplicaciones estándar, sin presencia de componentes continuos de corriente.

- Tipo A 

Se utilizan cuando las cargas deforman la señal (la corriente no es perfectamente sinusoidal o presenta una componente continua); están aconsejados para la protección de aparatos electrónicos, informáticos, fluorescentes...

Cada uno de estos tipos de diferenciales puede estar diseñado en las siguientes versiones:

- Versión «estándar»

La activación se considera instantánea.

- Versión «s» (selectivo o con retardo)
La activación actúa con retardo para permitir la selectividad con otros diferenciales situados más adelante.

- Versión Hpi   (alta inmunización)

Se trata de una variante del tipo A cuya inmunidad a fenómenos transitorios está reforzada. Por lo tanto, es particularmente adecuado para las instalaciones eléctricamente contaminantes. Su menor sensibilidad a las corrientes de fuga permanentes lo hace especialmente apropiado para las instalaciones que alimentan ordenadores y evita incrementar las divisiones de circuitos, lo que permite reducir el número de protecciones diferenciales.

Los umbrales de activación diferenciales están generalmente garantizados para una temperatura de hasta -5 °C. En ciertas versiones, especialmente la «Hpi», están garantizados hasta -25 °C. Una marca indica dicha temperatura.



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Riesgo de quemaduras

• Contacto con superficies calientes

Las temperaturas alcanzadas por las superficies accesibles de los equipos eléctricos no deben ser susceptibles de provocar quemaduras al ser tocadas dichas superficies.

Si determinadas superficies pueden alcanzar valores más elevados, aunque sólo sea durante breves instantes, deberán estar protegidas.



Valores recomendados de temperatura máxima admisible de las superficies

Partes accesibles	Material de las partes accesibles	Temperaturas máximas (°C)
Órganos de mando manual	Metálico	55
	No metálico	65
Previstas para ser tocadas pero no destinadas a tenerlas en la mano	Metálico	70
	No metálico	80
No destinadas a ser tocadas en servicio normal	Metálico	80
	No metálico	90



La evaluación del riesgo efectivo de quemaduras debe realizarse teniendo en cuenta:

- la temperatura de la superficie
- el material constitutivo de dicha superficie
- la duración del contacto con la piel.

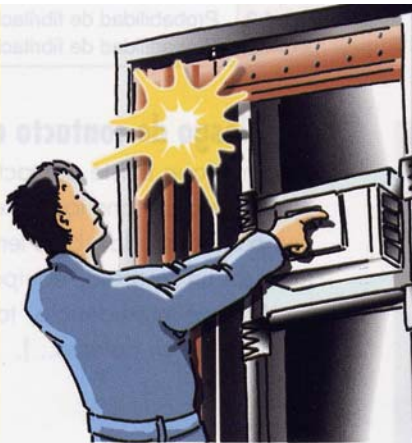
Pueden ser necesarios datos complementarios tales como la forma (ranuras), la presencia de un revestimiento o la presión de contacto. La norma UNE EN 563-96 «temperatura de superficies tangibles» indica los límites basándose en datos ergonómicos.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Riesgo de quemaduras

Arco eléctrico

Aparte de las consecuencias materiales, muy destructivas, los riesgos de un arco eléctrico accidental son sobre todo térmicos (quemaduras directas por plasma, proyección de material en fusión) y luminosos (destello intenso). El arco puede provenir de la apertura o el cierre de un circuito o de un cortocircuito: En este segundo caso, puede ser extremadamente energético ya que únicamente está limitado por la potencia de la fuente.



No existen protecciones específicas contra el arco eléctrico, que sigue siendo un fenómeno imprevisible. Las pantallas o tabiques pueden limitar sus consecuencias pero la mejor prevención sigue siendo el respeto de las «reglas del oficio» y la conformidad con la reglamentación al realizar las instalaciones.

A fin de reducir la probabilidad de cortocircuito, deben tomarse precauciones especiales en las partes de dichas instalaciones que no están protegidas (por estar situadas antes de los dispositivos de protección) (véanse las precauciones de cableado en el capítulo III.5.B).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Campos electromagnéticos

EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJA FRECUENCIA (EXCEPTO RADIOFRECUENCIAS)

La exposición profesional a los campos electromagnéticos no está reglamentada ni a escala nacional ni a escala internacional.

Se han llevado a cabo numerosos estudios epidemiológicos que no han aportado conclusiones que demuestren los efectos de los campos electromagnéticos en sujetos humanos.

Por lo tanto, la evaluación de este posible riesgo sigue siendo objeto de numerosas investigaciones.

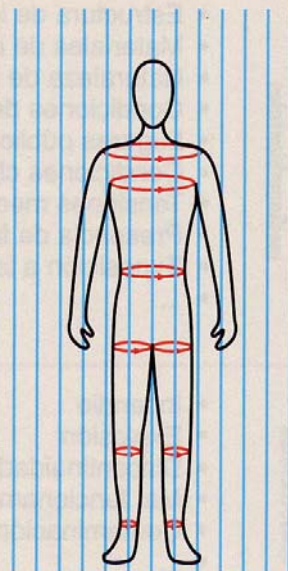


Los portadores de implantes médicos, tanto activos como pasivos, deben indicar esta circunstancia al médico de la empresa a fin de que se comprueben las condiciones reales de exposición (campo magnético y campo eléctrico), así como su compatibilidad.

Campos magnéticos de baja frecuencia (en A/m)

Están generados por las corrientes y son proporcionales a su intensidad. Inducen en el cuerpo humano corrientes perpendiculares al campo magnético. Los valores del campo magnético van desde algunos pT (pico-tesla) a varios mT (militesla). El valor de exposición disminuye rápidamente con el cubo de la distancia. Por lo tanto, las exposiciones más intensas se alcanzan con aparatos domésticos muy cercanos al cuerpo (secador de cabello, afeitadora, manta eléctrica).

Campos magnéticos de baja frecuencia



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

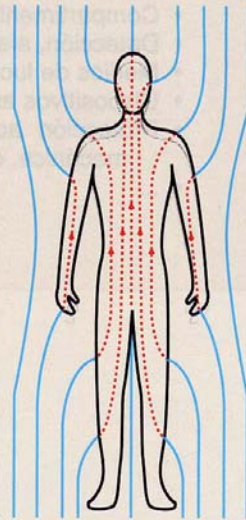
Campos electromagnéticos

Campos eléctricos de baja frecuencia (en V/m)

El campo eléctrico en la superficie del cuerpo humano se modifica en función de la conductividad de éste. La intensidad del campo es máxima al nivel de la cabeza. El campo eléctrico induce corrientes especialmente en el eje del cuerpo.

Los valores medidos más elevados (hasta varios kV/m) se sitúan cerca de las líneas de energía y de los transformadores de alta tensión, de las soldadoras y de los hornos de inducción. El campo eléctrico disminuye con el cuadrado de la distancia.

Campos eléctricos de baja frecuencia



Prueba de la dificultad del tema y de las controversias que genera, es lo limitado de la edición de documentos oficiales (normas, reglamentos) en cuanto al número de estudios, tesis e informes disponibles sobre dicho tema. Citaremos la norma IEEE 95-1-1991 de origen americano y la recomendación del Consejo de la Unión Europea 1999/519/CE.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

Análisis de riesgos eléctricos

Factores de riesgo	• Sobreintensidades (sobrecargas, cortocircuitos) • Corrientes de defecto • Sobretensiones (rayo, descargas electrostáticas...) • Bajadas de tensión y cortes de alimentación • Perturbaciones electromagnéticas • Degradaciones, envejecimiento, corrosión • ...
Condiciones medioambientales	• Estructura de los edificios • Materiales de construcción • Naturaleza de los materiales tratados o almacenados • Condiciones de evacuación de las personas • Lugares públicos (vandalismo) • Condiciones climáticas medioambientales • Tensiones mecánicas, vibraciones, terremotos • Presencia de fauna y flora (mohos...) • Exposición a la intemperie (viento, lluvia, inundaciones...) • ...
Consecuencias	• Incendio • Explosión • Discontinuidad de la explotación • Mal funcionamiento (CEM) • Contaminación medioambiental • ...
Medios	• Dispositivos de protección contra sobreintensidades • Limitación de las corrientes de fallo • Utilización de materiales, conductos y conductores conforme a las normas • Evaluación de la carga calorífica • Resistencia y reacción frente al fuego de los elementos constructivos • Compartimentación, eliminación de humos • Detección, alarmas • Medios de lucha • Dispositivos antiintrusión, antivandalismo • Protección adecuada a las condiciones medioambientales (climática, mecánica, química...) • ...



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

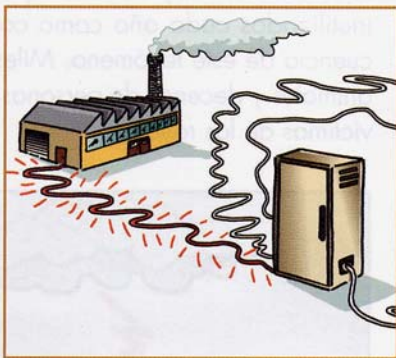
1 RIESGO DE SOBREINTENSIDADES

Por principio, todos los conductores activos de la instalación (fases y neutro) deben estar protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos.

1 Sobrecarga

Es una sobreintensidad que circula por un circuito en ausencia de fallo eléctrico. Se debe a una canalización infradimensionada para la carga alimentada (o, a la inversa, a una carga demasiado elevada para la canalización).

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir cualquier corriente de sobrecarga



antes de que el calentamiento del conductor perjudique su aislamiento, sus conexiones y los materiales que le rodean. La protección contra las sobrecargas puede efectuarse también mediante fusibles (tipo gG), automáticos con relé térmico, automáticos con relé electrónico, o interruptores con relé de medida. ¡Atención! Los fusibles aM no protegen contra las sobrecargas. Las reglas de determinación para garantizar la protección contra las sobrecargas se describen en el capítulo II.A.1.

2 Cortocircuito

Se trata de una sobreintensidad producida por un fallo de impedancia despreciable entre conductores de potencial diferente.

Su origen es accidental y puede ser debido a un error (caída de una herramienta, corte de un cable) o a un fallo del material.

Deben preverse dispositivos de protección a fin de limitar y cortar las corrientes de cortocircuito antes de



que sus efectos térmicos (calentamiento de los conductores, arco eléctrico) y mecánicos (esfuerzos electrodinámicos) puedan ser perjudiciales y peligrosos.

La protección contra cortocircuitos puede efectuarse mediante fusibles (tipo gG o aM), automáticos con relé magnético, o automáticos con relé electrónico (corriente máxima). Su poder de corte y su tiempo de apertura del circuito deben ser los adecuados para el circuito protegido. Las reglas de determinación para garantizar la protección contra cortocircuitos se describen en el capítulo II.A.3.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

 Los dispositivos de protección de los circuitos de instalación no están previstos para garantizar la protección de los circuitos internos de los aparatos ni la de los conductores flexibles (cables de alimentación de aparatos móviles) conectados a enchufes.

Puede ser necesario el estudio de protecciones independientes y apropiadas si existe riesgo de sobreintensidades (sobrecarga en motores, por ejemplo).

 Por principio, todas las líneas deben estar protegidas contra cortocircuitos. Están autorizadas las asociaciones de aparatos para aumentar el poder de corte (véase el capítulo II.B.2). En ciertos casos es posible igualmente que no exista necesidad de protección (véase el capítulo II.C.2). Dentro de las precauciones de cableado debe tenerse en cuenta la protección de conductores en paralelo (de un mismo circuito) y la protección de la instalación antes de los dispositivos de protección (véase el capítulo III.E.2).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

2 RIESGO DE CORRIENTES DE DEFECTO

En equipos e instalaciones, las corrientes de defecto entre partes activas y masas obedecen generalmente a un fallo o al envejecimiento de la instalación. Según el valor alcanzado, la circulación de la corriente puede crear chispas, e incluso inflamar el material circundante. La elección del régimen de neutro determina el valor máximo de las corrientes de defecto.

En caso de riesgo de incendio:

- el esquema TN-C está prohibido, las corrientes pueden alcanzar varios kA y circular incluso a través de la estructura de los edificios
- el esquema TN-S es desaconsejable salvo que se complemente con dispositivos diferenciales de sensibilidad $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$
- el esquema TT es posible (limitación por diferencial)
- el esquema IT está recomendado por su seguridad intrínseca ya que la corriente de 1º fallo puede limitarse a un valor muy débil (unos pocos mA), para evitar el riesgo de arco. Atención al 2º fallo, que debe estar protegido con un diferencial $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$



En situaciones de riesgo, es muy recomendable efectuar un mantenimiento preventivo basado en el seguimiento del valor de aislamiento del conjunto de la instalación: valores indicados por el controlador permanente de aislamiento (IT) o campañas regulares de mediciones de la resistencia de aislamiento.

La presencia de contaminantes, humedad o envejecimiento de los aislantes se traduce en puntos débiles del aislamiento. Si se aumenta significativamente el valor de la tensión de prueba, se observará una notable disminución del valor de la resistencia. La aplicación de tensiones crecientes de medición, por ejemplo: 500 V, 1.000 V, 1.500 V, 2.500 V, 5.000, revelará deficiencias si el valor del aislamiento cae más de un 25% en cada salto de tensión.

¡Atención! El valor de prueba debe ser netamente inferior a la rigidez dieléctrica de la instalación (mínimo $2 U + 1.000$).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

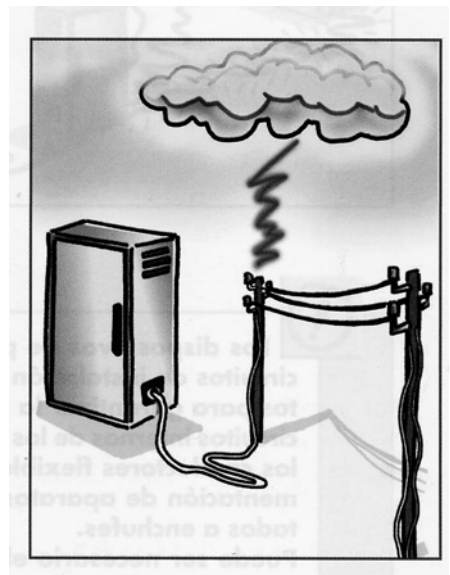
3 ➔ RIESGO DE SOBRETENSIONES

Las sobretensiones pueden tener diversas causas, de las cuales es importante conocer sus características para implantar los medios de protección apropiados.

1 • Sobretensiones de origen atmosférico

Los mecanismos del rayo son muy complejos, pero podemos decir de manera simplificada que se trata de una descarga eléctrica de gran energía provocada por un reequilibrado del potencial entre nubes o entre nubes y suelo. Las corrientes de rayo alcanzan valores de 10 a 100 kA, con tiempos de aumento de unos pocos microsegundos.

El rayo provoca daños considerables. En España, centenares de edificios, líneas telefónicas y eléctricas quedan inutilizados cada año como consecuencia de este fenómeno. Miles de animales y decenas de personas son víctimas de los rayos.



La instalación eléctrica de Baja Tensión.

Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

El riesgo local de tormenta viene determinado por el nivel ceráunico, que es el número de días en el que se ha oído el trueno durante un año. Las regiones montañosas son las más expuestas.

Los efectos del rayo se dividen normalmente en directos e indirectos.

- Efectos directos

La fulminación provoca en el punto de impacto:

- efectos térmicos directos (fusión, incendio) debidos al arco eléctrico
- efectos térmicos y electrodinámicos inducidos por la circulación de la corriente del rayo

- efectos de deflagración (onda de choque y sopro de aire) producidos por el calor y la dilatación del aire.

La protección contra los efectos directos del rayo se basa en la captación y el transporte de la corriente a tierra (pararrayos, varillas de captura...).

- Efectos indirectos

La caída de un rayo al suelo provoca una subida de potencial de la tierra, que puede propagarse a la instalación (subida de tierra).

La caída del rayo en líneas aéreas provoca la propagación de sobretensiones a las redes de AT y BT, que pueden llegar a varios miles de voltios.

La descarga del rayo está asociada igualmente a un campo electromagnético de amplio espectro de frecuencia, el cual, acoplándose con los elementos conductores (estructuras de edificios, instalaciones eléctricas), genera corrientes inducidas destructivas.

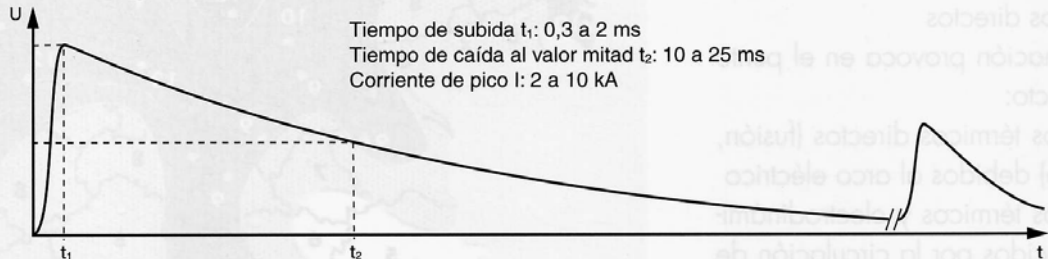
La protección contra los efectos indirectos se basa fundamentalmente en la utilización de pararrayos, en la equipotencialidad de masas y en el mallado de edificios.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

Las descargas de rayo ascendentes se desarrollan a partir de una prominencia natural o artificial. Las descargas más frecuentes en llano son las descendentes negativas. Una primera descarga (precursora) parte de la nube y avanza hacia el suelo. Cerca de éste, se encuentra con un «líder ascendente» formado a partir de un punto conectado a tierra (árbol, pararrayos, o el propio suelo). Al encontrarse el precursor con el líder, se produce la descarga propiamente dicha, con emisión luminosa (rayo), sonora (trueno) y descarga de una intensa corriente que puede alcanzar los 50 kA.

Aspecto típico de la corriente de descarga de una caída de rayo negativa (valor en el 90% de los casos).



Las Normas Tecnológicas de la Edificación proporcionan información para el diseño y realización de sistemas de protección con pararrayos. El REBT en su ITC-BT 23, trata de la protección de las instalaciones eléctricas contra sobretensiones transitorias.



Las instalaciones de protección contra el rayo nunca garantizan una protección absoluta de los bienes y las personas. Las disposiciones que se toman están encaminadas a la reducción estadística de los riesgos para los elementos a proteger.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

2 — Sobretensiones de maniobra

Prácticamente todas las conmutaciones en las redes industriales, y particularmente las de elevada potencia, producen sobretensiones.

Éstas son provocadas por la interrupción brusca de la corriente. Las líneas y los transformadores se comportan entonces como "self-inductions" (auto-inducciones).

La energía aplicada en forma de transitorios depende de las características del circuito conmutado. El tiempo de subida es del orden de unas decenas de microsegundos, con un valor de varios kV.

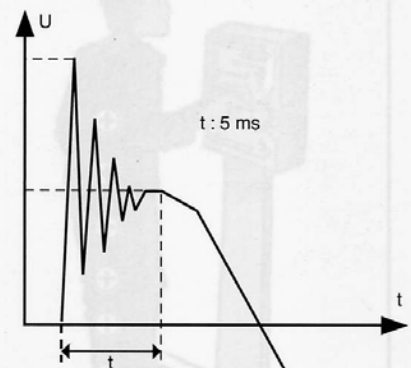
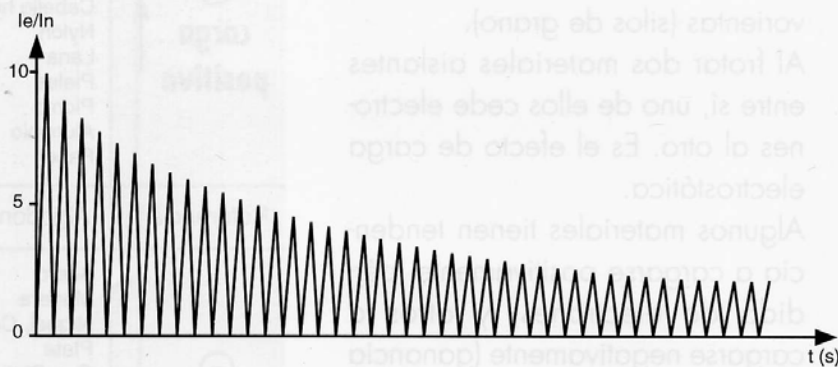


 **La instalación de pararrayos destinados a la protección contra sobretensiones de origen atmosférico (rayo) permite generalmente prevenir las sobretensiones de maniobra.**

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

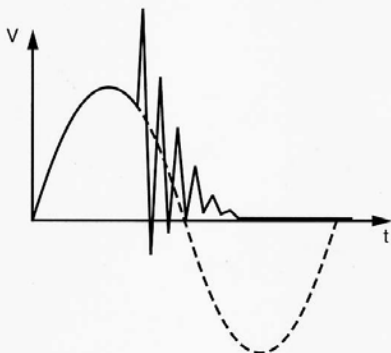
Seguridad de los bienes

Los regímenes transitorios, que pueden constituir fuentes de sobretensiones y de sobreintensidades, pueden generarse como consecuencia de la activación o de la desactivación de cargas. Los transitorios más comunes tienen que ver con transformadores, motores, condensadores y baterías.



La activación de un transformador genera una corriente de llamada de 10 a 20 I_n , con una componente aperiódica amortiguada. Esto provoca una sobretensión en el secundario por acoplamiento capacitivo y efectos oscilatorios como consecuencia de las capacidades y de las inductancias entre espiras.

La desconexión (o la apertura) de un transformador crea una sobretensión transitoria debida a la interrupción de la corriente en un circuito inductivo. Esta sobretensión puede crear recobados de arco en los dispositivos de corte, los cuales deben escogerse en consecuencia.



Sobretensión al desconectarse un transformador

Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

3 — Sobretensiones por fallo del aislamiento con respecto a instalaciones de tensión más elevada

Por regla general, las sobretensiones de este tipo sólo se tienen en cuenta para los fallos entre la alta tensión y la masa del centro de transformación AT/BT. La naturaleza de la conexión entre estas últimas y la alta tensión viene determinada por un esquema particular R, N o S.

4 • Descargas electrostáticas

Aunque no pueda decirse con propiedad que se transmiten por la red eléctrica, ya que su origen es exterior, las descargas electrostáticas pertenecen a la categoría de las sobretensiones.



Son una causa importante de destrucción de componentes o de equipos electrónicos, así como de incendios o explosiones en locales



Si el riesgo de fallo directo entre instalaciones de AT y BT no es despreciable y las tomas de tierra del centro y de la instalación son diferentes (letras N y S: TTN, TTS, ITN, ITS), deberá comprobarse que el valor de la toma de tierra del neutro R_{t1} (de la instalación) es lo bastante bajo como para limitar el aumento de potencial de la instalación de BT.

$$R_{t1} \leq \frac{U_{ta} - U}{I_m}$$

R_n: resistencia de la toma de tierra del neutro

Uta: tensión de rigidez dieléctrica a 50 Hz (generalmente se toma $2U + 1.000$)

U: tensión nominal de la instalación (tensión simple fase/N en TT, tensión compuesta fase/fase en IT)

Im: corriente máxima de fallo entre fase y tierra de la instalación de AT

en los que se manejan materias pulverulentas (harinas), inflamables (disolventes) o en condiciones polvorizadas (silos de grano).

Al frotar dos materiales aislantes entre sí, uno de ellos cede electrones al otro. Es el efecto de carga electrostática.

Algunos materiales tienen tendencia a cargarse positivamente (pérdida de electrones) y otros a cargarse negativamente (ganancia de electrones). Cuanto más alejados se encuentren los materiales en la escala de potenciales, mayor será el intercambio.

Numerosas asociaciones de materiales constituyen fuentes de cargas electrostáticas.

Escala de potenciales de algunos materiales

(+) carga positiva	↑ ↑	Aire Mano Vidrio Mica Cabello humano Nylon Lana Pieles Plomo Aluminio Papel
Referencia 0		Algodón (seco)
(-) carga negativa	↓ ↓	Acero Madera Níquel, Cobre Plata Oro, Platino Acrílico Poliéster Polietileno Polipropileno Poliuretano Policloruro de vinilo Silicio Teflón

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN

La desaparición de la tensión de alimentación y su restablecimiento súbito pueden constituir una fuente de peligro. Del mismo modo, determinados materiales pueden ser incapaces de soportar una caída de tensión (por encima de los límites habituales) y su comportamiento verse afectado: calado de motores, reacciones imprevistas de los automatismos...

Las interrupciones de tensión deben analizarse considerando todas sus consecuencias: riesgo de pánico, paro de máquinas, paro de operaciones que puedan hacer peligrar la vida de las personas... Según las exigencias de explotación y/o de seguridad, la alimentación de energía deberá garantizarse con o sin interrupción.

Magnetotérmicos Legrand para motores

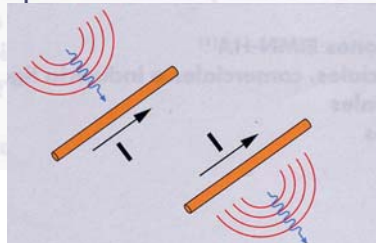
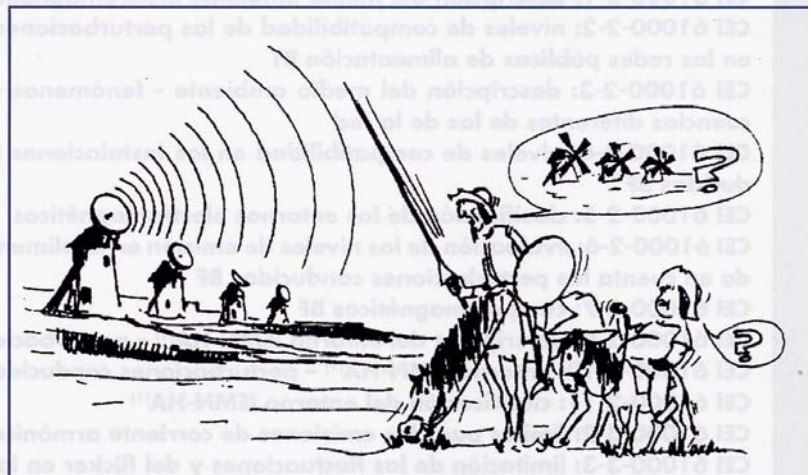


La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

5 PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

El desarrollo acelerado de la energía eléctrica y de sus aplicaciones (electrónica, informática) así como la multiplicación de aparatos, fijos o móviles, y la descentralización de las funciones, han modificado verdaderamente el medio ambiente natural. La compatibilidad electromagnética (o CEM) se define como la aptitud de un material, de un sistema o de una instalación para funcionar correctamente en su entorno, sin generar por sí mismo perturbaciones intolerables para los demás elementos de dicho entorno. Es una exigencia inexcusable que no se puede ignorar en las instalaciones actuales.



Los conductores son antenas que no solo reciben... sino que también emiten

CEM Compatibilidad Electromagnética

 La CEM viene definida por tres parámetros:

Fuente

⇒

Acoplamiento

⇒

Víctima

- La fuente se caracteriza por un nivel de emisión. Las principales fuentes de perturbación son: el rayo, los emisores hertzianos, los generadores de alta frecuencia, los disyuntores e interruptores de potencia, los hornos de arco y de inducción, las alimentaciones de corte, la iluminación fluorescente, los relés, los motores eléctricos, las herramientas, los electrodomésticos, las descargas electrostáticas...
- La víctima se caracteriza por un nivel de inmunidad. Las principales víctimas son: la radio, la televisión, las telecomunicaciones, los modems, la informática, los aparatos provistos de circuitos electrónicos...
- El acoplamiento define la vía de transmisión de la perturbación. Existen dos modos de transmisión:
 - la radiación (en el aire, sin soporte material)
 - la conducción (a través de los elementos conductores: masas, tierra, cables...).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

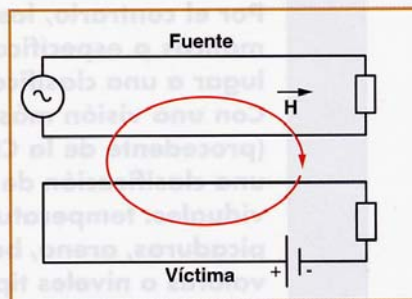
Seguridad de los bienes

Compatibilidad Electromagnética

Los problemas de la CEM provienen de los «acoplamientos» que se establecen entre los diferentes elementos de un sistema o de una instalación. Estos fenómenos son aún más cruciales cuando coexisten aparatos de potencia con aparatos electrónicos, cuando sus líneas de alimentación (corrientes fuertes) y de transmisión (corrientes débiles) están próximas entre sí y cuando el medio ambiente se encuentra perturbado como consecuencia de la propia actividad. El acoplamiento, que transmite la perturbación, puede presentarse de cuatro modos.

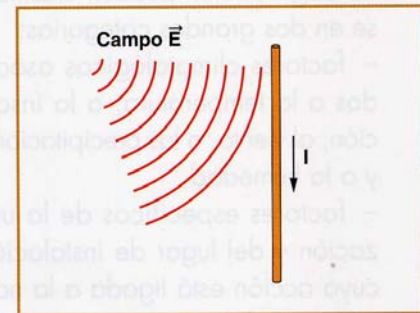
2 → Acoplamiento inductivo

Las perturbaciones se transmiten por la creación de un campo magnético y la inducción de una f.e.m. en el conductor víctima.



4 → Acoplamiento entre campo eléctrico y cable

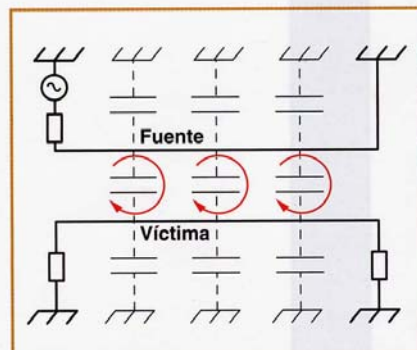
Las variaciones de campo electromagnético (componente eléctrica $\vec{E}$) inducen corrientes en los conductores, que se comportan como antenas.



3 → Acoplamiento capacitivo

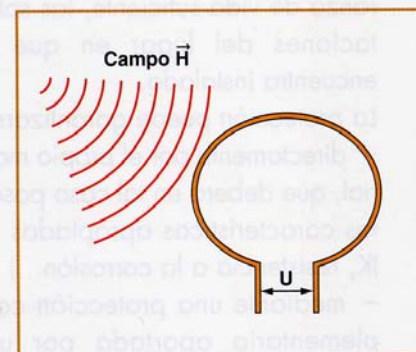
Las perturbaciones se transmiten por efecto capacitivo entre las líneas que discurren próximas entre sí.

Se llama diafonía a los efectos asociados de los acoplamientos inductivos y capacitivos.



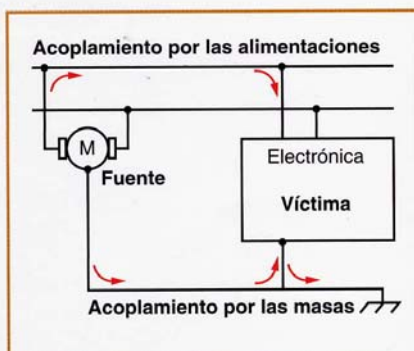
5 → Acoplamiento entre campo magnético y bucle

Las variaciones del campo magnético $\vec{H}$, inducen tensiones (f.e.m.) en los bucles conductores.



1 → Acoplamiento por impedancia común

Las perturbaciones se transmiten por los circuitos comunes a la fuente y a la víctima: alimentación, masas de los circuitos de protección auxiliares... Este modo recibe también el nombre de «acoplamiento galvánico».



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Seguridad de los bienes

Grados de protección eléctrica

El código IP (índice de protección) define el nivel de protección aportado.
La norma CEI 60529 EN-60529 prescribe los ensayos a efectuar para su comprobación

1ª cifra:

protección contra los cuerpos sólidos

IP	Tests	
0		Sin protección
1	 Ø 50 mm	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 50 mm
2	 Ø 12,5 mm	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12,5 mm
3	 Ø 2,5 mm	Protegido contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm (herramientas, tornillos)
4	 Ø 1 mm	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 1 mm (herramientas finas, cables pequeños)
5		Protegido contra el polvo (sin depósitos perjudiciales)
6		Totalmente protegido contra el polvo

2ª cifra:

protección contra los cuerpos líquidos

IP	Tests	
0		Sin protección
1		Protegido contra caída vertical de gotas de agua (condensación)
2	 15°	Protegido contra caída de gotas de agua hasta 15° respecto a la vertical
3	 60°	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° respecto a la vertical
4		Protegido contra proyecciones de agua procedentes de cualquier dirección
5		Protegido contra chorros de agua de manguera procedentes de cualquier dirección
6		Totalmente protegido contra proyecciones de agua asimilables a golpes de mar
7	 1 m 15 min mini	Protegido contra efectos de inmersión
8	 x m	Protegido contra efectos de inmersión prolongada en condiciones específicas

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

3 PROTECCIÓN CONTRA PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

La protección contra la propagación de las perturbaciones electromagnéticas en las instalaciones se apoya en dos reglas esenciales.

- La equipotencialidad, que debe aplicarse necesariamente de manera adecuada a la sensibilidad de la instalación. Se proponen cinco niveles de realización de la red de masa.

- La separación eléctrica y geométrica de los aparatos (y de sus líneas) perturbados y perturbadores puede ser menos crítica, pero no forzosamente más fácil de llevar a la práctica.

Para este caso se proponen también varias soluciones.

En lo que se refiere a los conjuntos y equipos, el capítulo I.B.4 dicta reglas de construcción al respecto.

Equipotencialidad de la instalación

En lo que a la CEM se refiere, es innegable la importancia de la red de masa para la buena marcha de los equipos, si bien su cumplimiento exhaustivo no está exento de problemas técnicos o financieros. Por ello, y la experiencia lo atestigua, la constitución de dicha red debe ser adaptativa. Se contemplan los cinco niveles que se citan a continuación.

- Equipotencialidad de nivel 0

El nivel 0 corresponde realmente a la conexión de los equipos con conductores de protección (cables verde /amarillo) a un punto central único. A menudo se habla de conexión en

estrella. Es obligatorio para la protección de las personas. Si bien esta técnica es apropiada en BF, en alta frecuencia alcanza pronto sus límites, ya que la impedancia de los conductores se hace demasiado grande debido a su longitud.

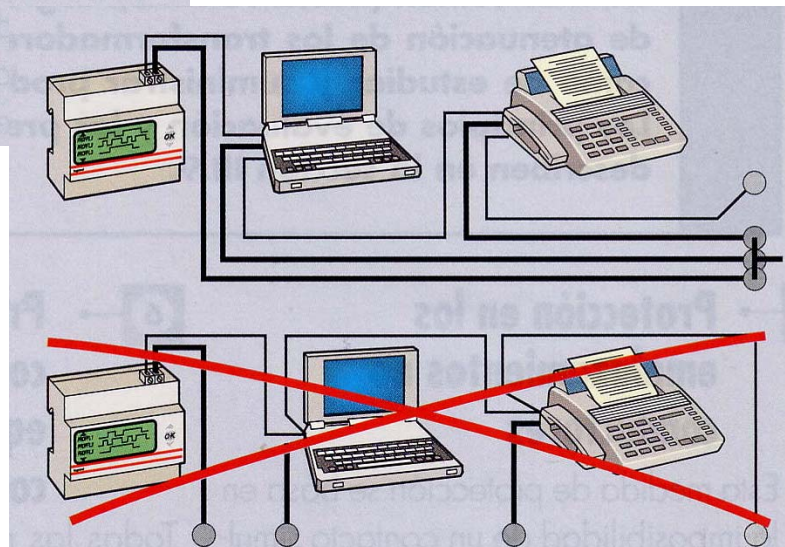
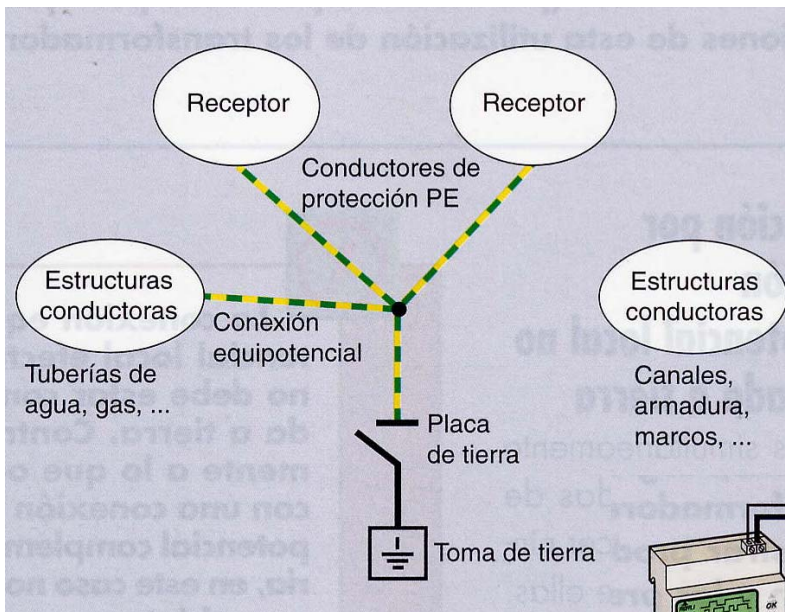
Este nivel de instalación se reserva generalmente para instalaciones domésticas y residenciales, en las que los aparatos conectados funcionan independientemente unos de otros.

Esta práctica mínima tiene también como inconveniente el hecho de crear bucles de grandes dimensiones en los que pueden inducirse sobretensiones considerables, especialmente a causa del rayo.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 0



Cuando existen aparatos que deben comunicarse conjuntamente, es muy recomendable conectarlos a un punto de alimentación único (y por lo tanto al mismo conductor de protección). De este modo, mejora su equipotencialidad y se reducen las superficies de bucle.

Protección de los bienes

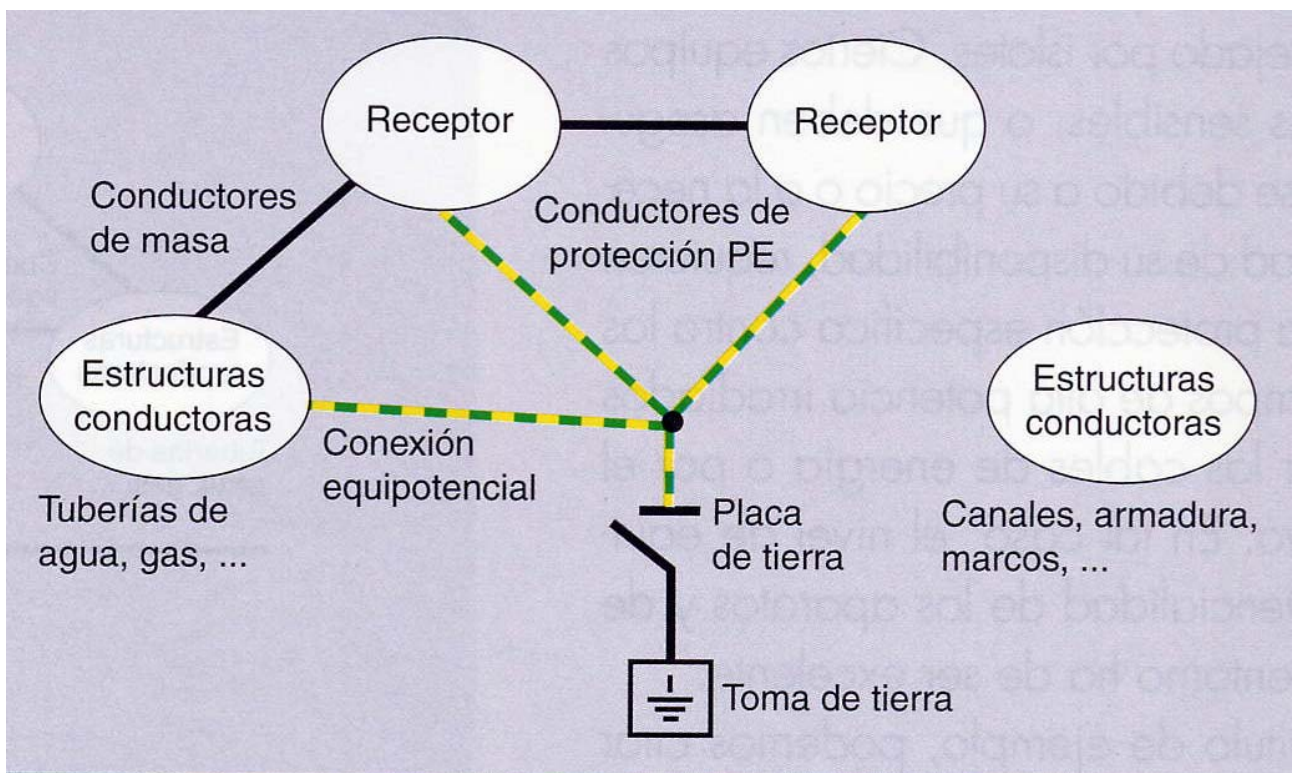
Equipotencialidad de nivel 1

El nivel 1, sencillo de aplicar, económico y a menudo suficiente, responde a la evolución de los usos. Basta con añadir una conexión equipotencial entre las masas de los aparatos que se comunican entre sí. Esta conexión puede estar constituida por un conductor corto o, mejor aún, por una estructura metálica común. Igualmente, en este caso la conexión será más eficaz cuanto más cerca se haga de los conductores sensibles, sobre los que tendrá un efecto reductor.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 1



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

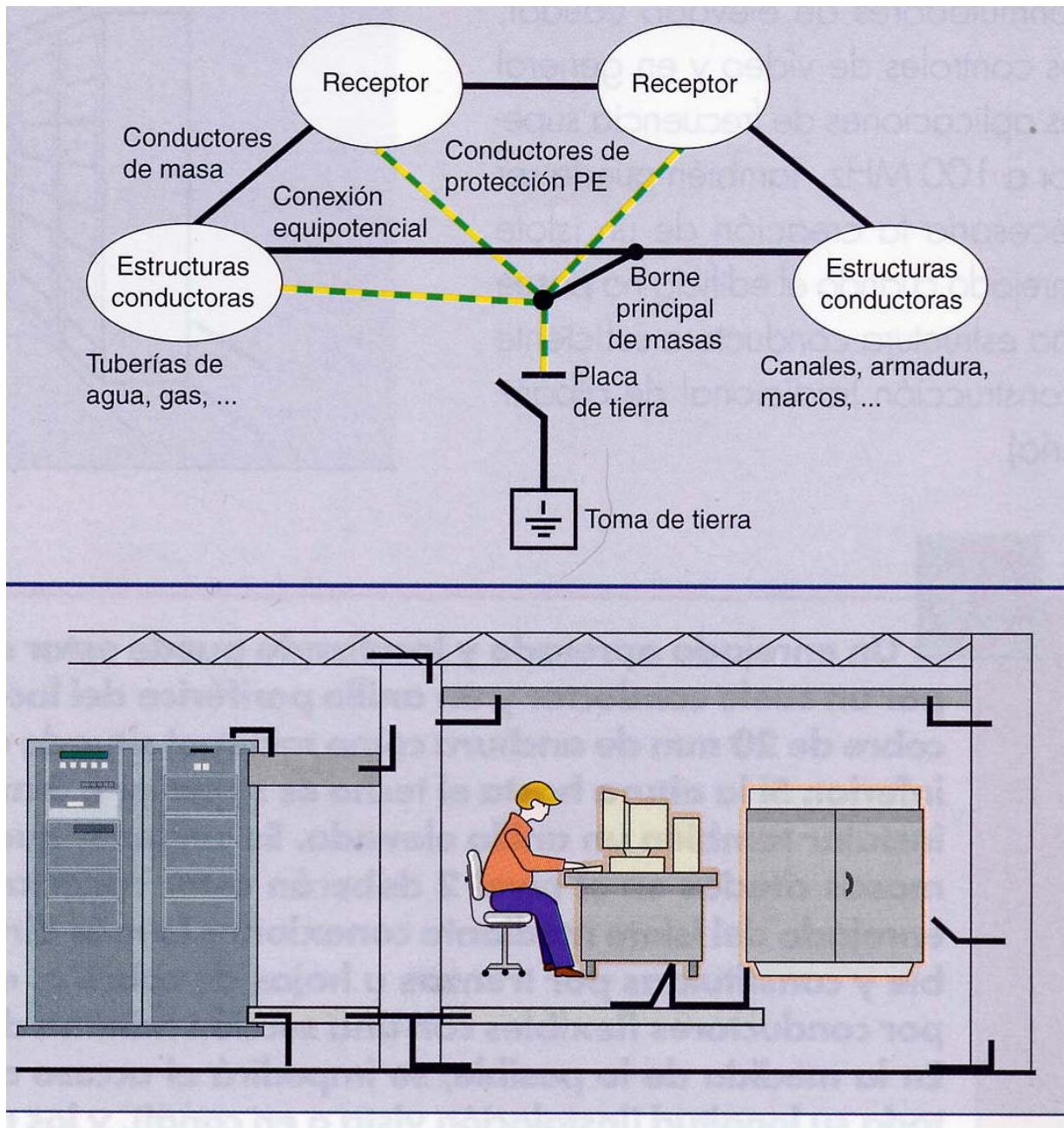
Equipotencialidad de nivel 2

El nivel 2 se aplicará a instalaciones más sensibles, o cuando existan fuentes importantes de contaminación electromagnética: aplicaciones de automatismos y de conducción de procedimientos, redes informáticas locales de categoría 5 (hasta 100 MHz), en cuyo caso interesa sobremanera interconectar todos los elementos metálicos accesibles: pilares, armaduras, canales, repisas, canales, marcos de puertas y ventanas, los cuales constituyen un entramado, ciertamente imperfecto, pero que reduce notablemente las impedancias comunes y las superficies de bucle.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 2



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

 **¡Atención! Los cables de conexión de señales no siempre garantizan una buena equipotencialidad: los contactos y alvéolos a 0 V (o masa) han de estar efectivamente conectados a un conductor específico que garantice la conexión de las masas. El blindaje constituido por una trenza de cobre no ofrece excelentes prestaciones en BF y las pantallas suelen estar constituidas por una sencilla hoja de poliéster metalizado. ¡Solamente los cables de energía con chapa metálica garantizan en efecto una conexión equipotencial, siempre que la continuidad al nivel de los extremos esté plenamente garantizada! Las aplicaciones locales de ofimática (ordenadores, impresoras...), los terminales telefónicos analógicos o digitales, los aparatos de radio, los terminales de Internet, los buses de mando y control y globalmente todos los sistemas de poca amplitud y de frecuencia no superior a 1 MHz funcionan generalmente con el nivel 1 de red de masa.**

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 3

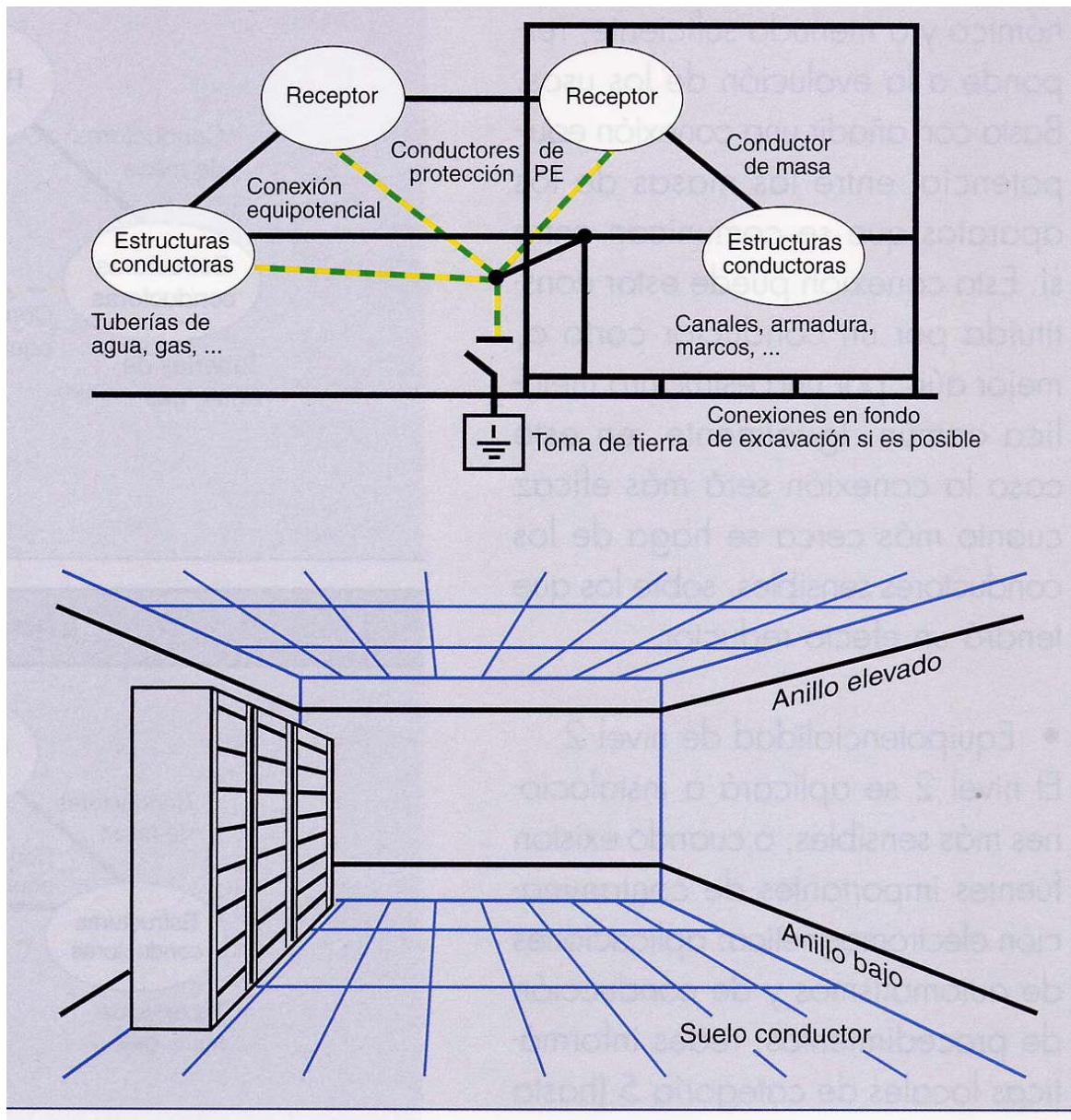
El nivel 3 contempla el concepto de enrejado por islotes. Ciertos equipos más sensibles, o que deben asegurarse debido a su precio o a la necesidad de su disponibilidad, requieren una protección específica contra los campos de alta potencia irradiados por los cables de energía o por el rayo. En tal caso, el nivel de equipotencialidad de los aparatos y de su entorno ha de ser excelente.

A título de ejemplo, podemos citar las salas informáticas y los servidores, los chasis de distribución, los conmutadores de elevado caudal, los controles de vídeo y en general las aplicaciones de frecuencia superior a 100 MHz. También puede ser necesaria la creación de un islote enrejado cuando el edificio no posee una estructura conductora suficiente (construcción tradicional de albañilería).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 3



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

 Un enrejado apretado y localizado puede estar constituido por un suelo conductor y un anillo periférico del local (hoja de cobre de 20 mm de anchura como mínimo) situado en la parte inferior. Si la altura hasta el techo es superior a 3 m, se podrá instalar también un anillo elevado. Es evidente que todas las masas citadas en el nivel 2 deberán estar conectadas a este enrejado del islote mediante conexiones lo más directas posible y constituidas por trenzas u hojas de cobre o, en su caso, por conductores flexibles con una sección mínima de 25 mm². En la medida de lo posible, se impedirá el acceso al anillo en toda su longitud (instalación vista o en canal), y los pasamuros deberán estar aislados a fin de protegerlos contra la corrosión. Si existen dos islotes yuxtapuestos, las redes enrejadas de cada uno de ellos se interconectarán en varios puntos. Los enrejados de islotes se conectarán a las estructuras accesibles del edificio.

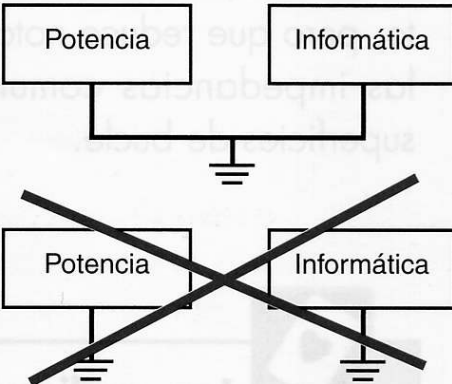
En cualquier caso, la eficacia de la protección contra el rayo exige una buena conexión de la red de masa con el suelo a través de una toma de tierra de buena calidad ($< 10 \Omega$), constituida en la medida de lo posible por un anillo en fondo de excavación.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Una sola tierra

Un edificio debe tener una sola toma de tierra.



Debe prohibirse formalmente cualquier prescripción de tomas de tierra separadas en términos de tierra propia, de tierra informática. La tierra única constituye una referencia de potencial. Multiplicar el número de tierras es arriesgarse a que existan diferencias de potencial entre los diferentes circuitos (por ejemplo, en caso de rayo).

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 4

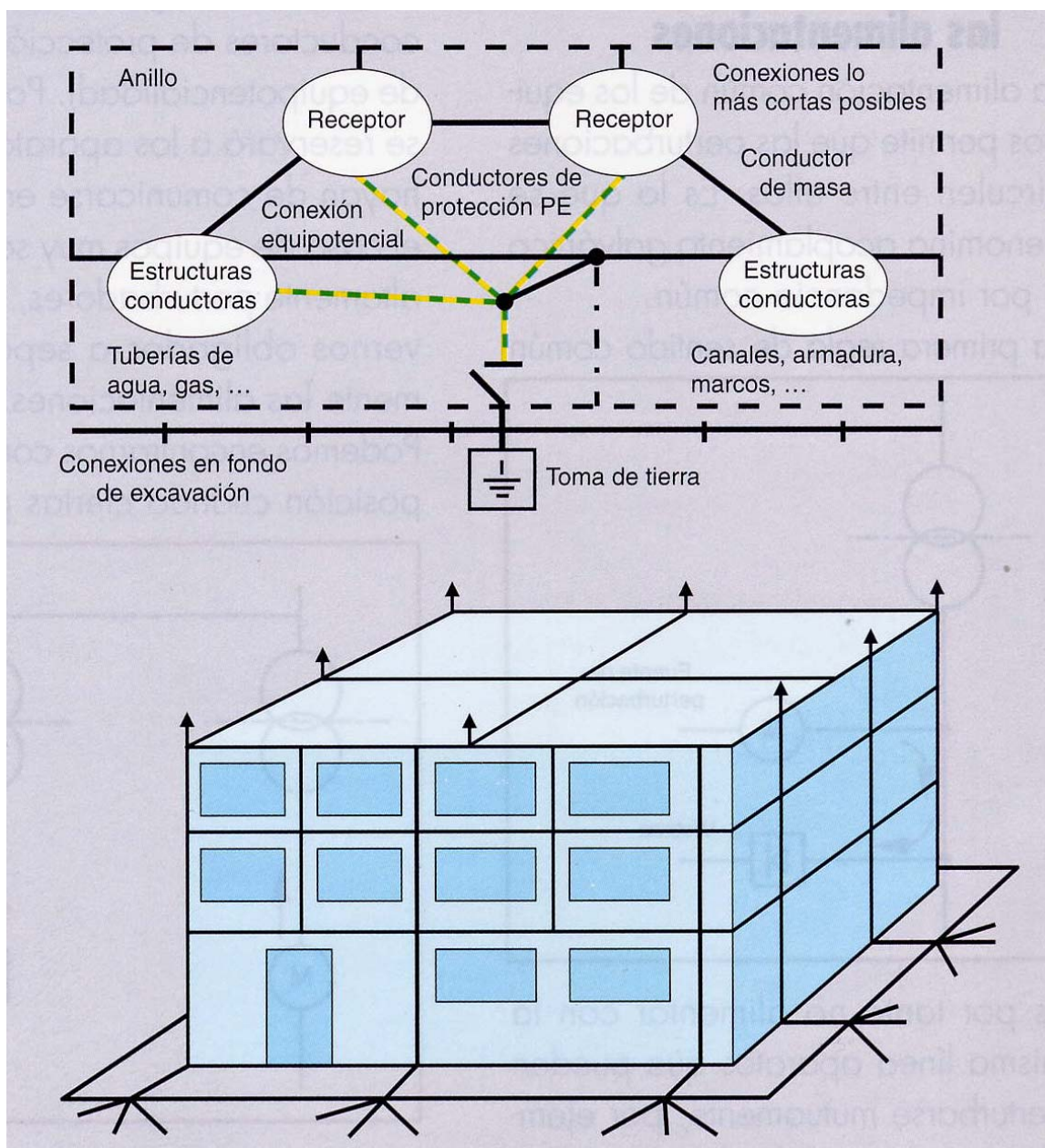
En el nivel 4, los dispositivos para el enrejado de islote (nivel 3) se extienden a todo el edificio.

En cada piso se deberán constituir anillos periféricos; todas las estructuras conductoras, las armaduras del hormigón, las bajadas de pararrayos (en caso de protección por caja enrejada y varillas de captura), se conectarán entre sí, al igual que los conductores de tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones, los de conexión a tierra de las antenas y todos los conductores de conexión equipotencial. El conjunto del enrejado realizado se conectará al anillo de fondo de excavación en toda la periferia. La resistencia de la toma de tierra será la menor posible ($< 1 \Omega$). Estas disposiciones se aplican en zonas con riesgo de caída de rayos y/o cuando los equipos a proteger son especialmente sensibles.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Equipotencialidad de nivel 4



La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

 Los conductores de protección (verde / amarillo) deben estar dimensionados y conectados de forma que garanticen la protección de las personas. Nunca deben sustituirse por conexiones de la red de masa, cuya misión es mejorar la inmunidad CEM. En estas últimas conexiones no debe utilizarse la doble coloración verde / amarillo. Actualmente, el marcaje de las conexiones de masa todavía no está normalizado pero, a priori, tiende a generalizarse el uso del color negro.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

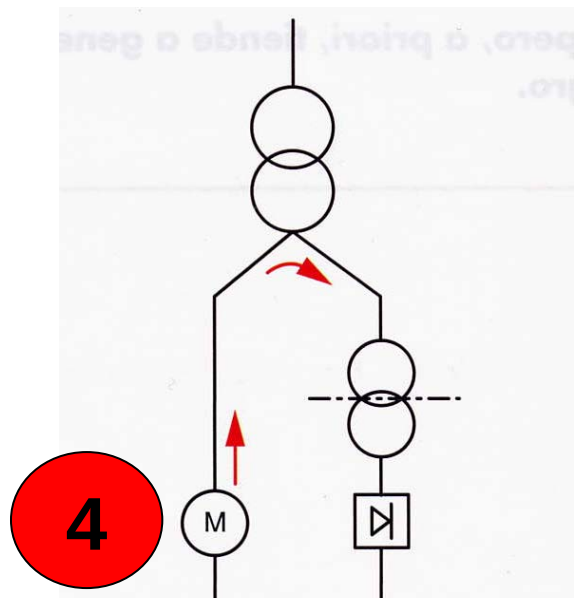
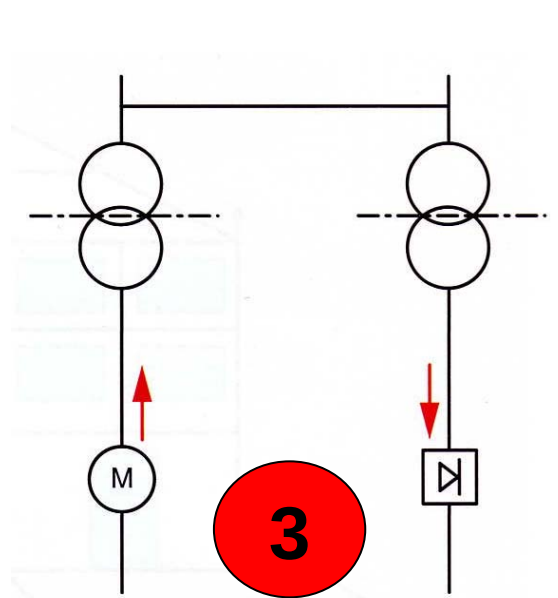
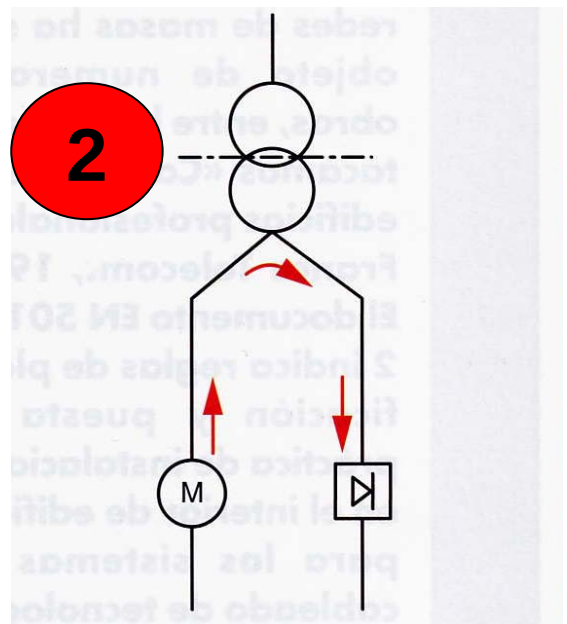
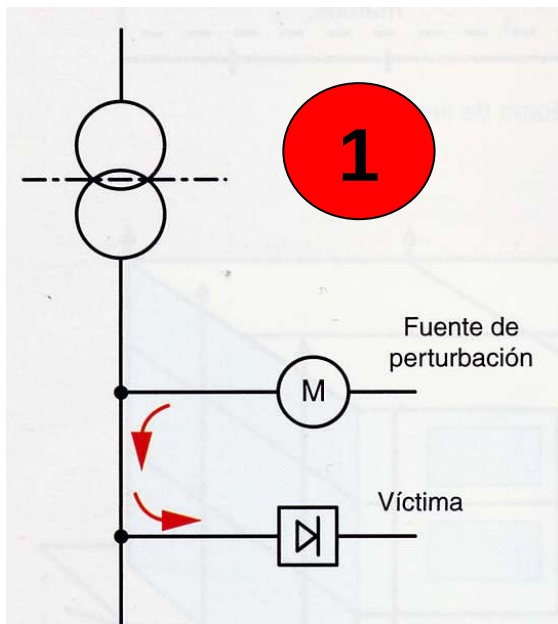
Protección de los bienes

 Los conductores de protección (verde / amarillo) deben estar dimensionados y conectados de forma que garanticen la protección de las personas. Nunca deben sustituirse por conexiones de la red de masa, cuya misión es mejorar la inmunidad CEM. En estas últimas conexiones no debe utilizarse la doble coloración verde / amarillo. Actualmente, el marcaje de las conexiones de masa todavía no está normalizado pero, a priori, tiende a generalizarse el uso del color negro.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Separación eléctrica de alimentaciones



Protección de los bienes

3 — Separación geométrica

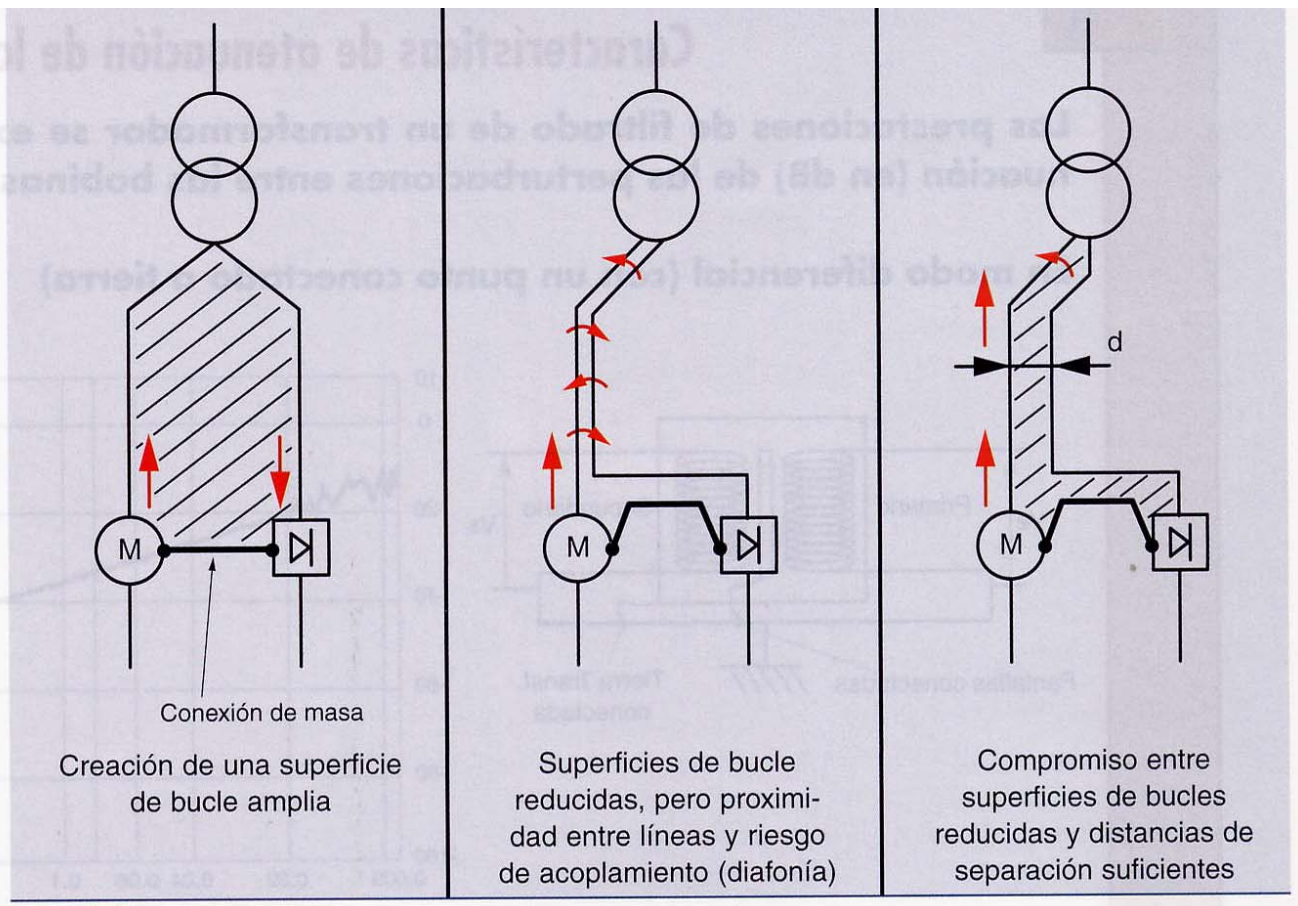
Del mismo modo que la separación eléctrica de las alimentaciones forma parte de las soluciones básicas, es necesario que esta separación sea geométrica a fin de limitar los acoplamientos entre las líneas perturbadoras y las perturbadas. En la práctica, la separación de líneas plantea el problema de la creación de bucles de gran superficie que pueden constituir a su vez fuentes de tensiones inducidas bajo el efecto de campos magnéticos.

Por otro lado, hay que evitar que al tratar de reducir la superficie de los bucles las líneas queden demasiado cerca unas de otras.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Separación geométrica de las líneas

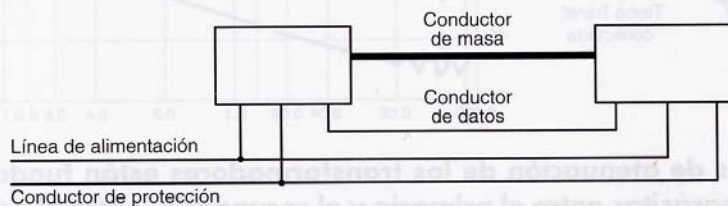


La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

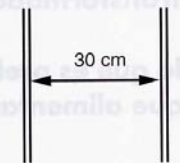
Protección de los bienes

Separación geométrica de las líneas

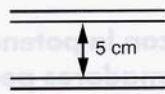
Debemos ser prudentes para evitar un alejamiento excesivo (varios metros) de los conductores de un mismo sistema. Siempre es preferible que todos los conductores (masa, datos, alimentaciones) discurren con «una cierta proximidad».



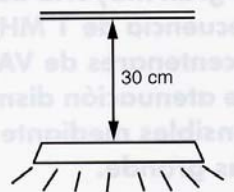
Fundamentalmente, deberán tomarse precauciones para contrarrestar la proximidad entre las corrientes fuertes (alimentación) y las débiles (datos). Con ese fin, se prescribe el respeto de distancias mínimas (véanse los esquemas adjuntos) o la utilización de conductores blindados.



Circulación vertical



Circulación horizontal



Proximidad a una fuente de perturbaciones (motor, fluorescentes,...)



Cruce de conductores

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Separación geométrica de las líneas

 El acoplamiento entre conductores depende de varios factores:

- la frecuencia de la señal perturbadora
- la longitud del recorrido común
- la distancia entre conductores.

La naturaleza de los conductores influye directamente en el acoplamiento:

- par trenzado para limitar la componente inductiva
- pantalla o blindaje para limitar la componente capacitiva.

Los conductores apantallados o blindados (tipo FTP o SFTP) no requieren distancias mínimas de separación. Es muy conveniente colocar los conductores no blindados (tipo UTP) lo más cerca posible de las masas para aprovechar el efecto reductor.

La instalación eléctrica de Baja Tensión. Aparamenta. Normativa

Protección de los bienes

Separación geométrica de las líneas

