

Protección contra descargas eléctricas e incendios eléctricos.



En este capítulo descubrirás:

- los peligros relacionados con **descargas eléctricas** y las medidas de protección definidas por la norma IEC 60364 (protección básica, protección contra fallas y protección adicional). Y cómo implementar estas medidas de protección con sistemas de puesta a tierra TN, TT e IT
- los diferentes riesgos y causas **de incendio eléctrico** , y las soluciones técnicas para mitigar estos riesgos

Capítulo F - Contenidos

[Protección contra descargas eléctricas](#)

[Tipos de protección contra descargas eléctricas.](#)

[Protección adicional: RCD de alta sensibilidad](#)

[Implementación del sistema TT.](#)

- [Sistema TT - Principio](#)
- [Sistema TT - Aspectos prácticos](#)

Implementación del sistema TN.

- [Sistema TN - Principio](#)
- [Sistema TN - Condiciones preliminares](#)
- [Sistema TN - Cálculo de la corriente de defecto a tierra](#)
- [Sistema TN: impedancia de bucle de corriente de falla alta](#)

Implementación del sistema informático.

- [Sistema de TI - Principio](#)
- [Sistema TI - Protección contra fallos](#)
- [Sistema informático - Implementación de protecciones](#)
- [Sistema informático - Aspectos prácticos](#)

Dispositivos de corriente residual (RCD)

- [Descripción de los RCD](#)
- [Factores de forma de los RCD](#)
- [Tipos de RCD](#)
- [Sensibilidad de los RCD a las perturbaciones.](#)
- [Coordinación de dispositivos de protección contra corriente residual.](#)
- [Selección de RCD en presencia de corrientes de fuga a tierra CC](#)

Otras medidas de protección contra descargas eléctricas

- [Voltaje muy bajo \(ELV\)](#)
- [La separación eléctrica de circuitos.](#)
- [Equipo clase II](#)
- [Fuera del alcance del brazo o interposición de obstáculos](#)

Protección contra riesgos de incendio eléctrico

- [Protección contra incendios por falta a tierra](#)

- [Protección contra fallas de arco en cables y conexiones \(AFDD\)](#).
- [Protección contra riesgos de incendio eléctrico - síntesis](#)

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



Protección contra descargas eléctricas

Introducción

Descarga eléctrica

Una descarga eléctrica es el efecto fisiopatológico de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano.

Su paso afecta esencialmente a las funciones musculares, circulatorias y respiratorias y en ocasiones provoca graves quemaduras. El grado de peligro para la víctima es función de la magnitud de la corriente, las partes del cuerpo por las que pasa y la duración del flujo de corriente.

Las medidas de protección se describen en los apartados 1 a 8.

Incendios electricos

Los incendios eléctricos se producen por sobrecargas, cortocircuitos y corrientes de fuga a tierra, pero también por arcos eléctricos en cables y conexiones.

Las medidas de protección se describen en [Protección contra riesgos de incendio eléctrico](#) .

Peligro de descarga eléctrica

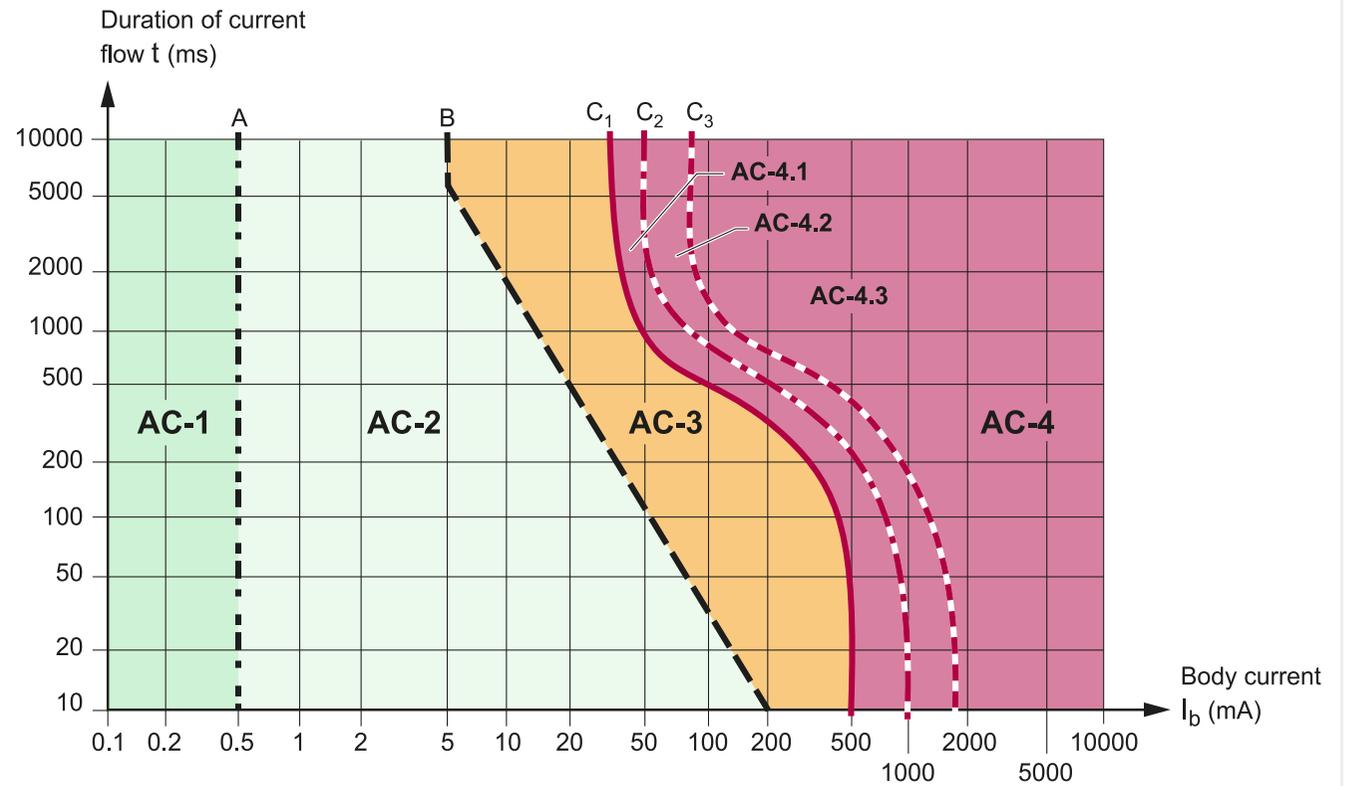
Cuando una corriente superior a 30 mA pasa cerca del corazón de un cuerpo humano, la persona en cuestión corre un grave peligro si la corriente no se interrumpe en muy poco tiempo.

La protección de las personas contra descargas eléctricas en instalaciones de BT debe proporcionarse de conformidad con las normas nacionales apropiadas, reglamentos legales, códigos de práctica, guías y circulares oficiales, etc.

Los estándares IEC relevantes incluyen: IEC 61140, 60364, IEC 60479, IEC 61008, IEC 61009 e IEC 60947.

La publicación IEC 60479-1 actualizada en 2016 define cuatro zonas de magnitud de corriente/duración de tiempo, en cada una de las cuales se describen los efectos fisiopatológicos (ver **Fig. F1**).

La protección de las personas contra descargas eléctricas en instalaciones de BT debe proporcionarse de conformidad con las normas nacionales apropiadas, regulaciones legales, códigos de práctica, guías y circulares oficiales, etc. Las normas IEC relevantes incluyen: IEC 61140, IEC 60364, IEC 60479, IEC 61008, Serie IEC 61009 e IEC 60947.



Zona AC-1 : Imperceptible

Zona AC-2 : Perceptible

Zona AC-3 : Efectos reversibles: contracción muscular

Zona AC-4 : Posibilidad de efectos irreversibles

Zona AC-4-1 : Hasta 5% de probabilidad de fibrilación cardíaca

AC-4- Zona 2 : Hasta 50% de probabilidad de fibrilación cardíaca

Zona AC-4-3 : Más del 50% de probabilidad de fibrilación cardíaca

Curva A : Umbral de percepción de la corriente

Curva B : Umbral de reacciones musculares **Curva**

C₁ : Es poco probable que ocurra fibrilación ventricular **Curva**

C₂ : Umbral del 5% de probabilidad de fibrilación ventricular **Curva**

C₃ : Umbral del 50% de probabilidad de fibrilación ventricular

Fig. F1 – Zonas tiempo/corriente de los efectos de la corriente alterna en el cuerpo humano al pasar de la mano izquierda a los pies

Protección contra descargas eléctricas

Las normas y reglamentos distinguen dos tipos de contacto peligroso:

- contacto con partes vivas
- contacto con piezas conductoras en condiciones de fallo

y medidas de protección correspondientes:

- Protección básica
- Protección contra fallas

La regla fundamental de protección contra descargas eléctricas la proporciona el documento IEC 61140 ("Protección contra descargas eléctricas - Aspectos comunes para instalaciones y equipos") que cubre tanto las instalaciones eléctricas como los equipos eléctricos.

Las piezas vivas peligrosas no serán accesibles y las piezas conductoras accesibles no serán peligrosas.

Este requisito debe aplicarse bajo:

- condiciones normales y
- Bajo una condición de falla única.

Se adoptan varias medidas para proteger contra este peligro, e incluyen:

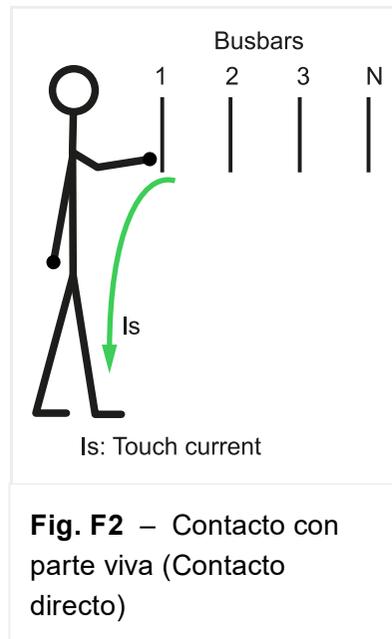
- Desconexión automática del suministro eléctrico a los equipos eléctricos conectados.
- Arreglos especiales como:
 - El uso de materiales aislantes de clase II, o un nivel de aislamiento equivalente.
 - Ubicación no conductora, fuera del alcance del brazo o interposición de barreras

- Compensación de potencial
- Separación eléctrica mediante transformadores de aislamiento.

Contacto con parte viva (Contacto directo)

Esto se refiere a una persona que entra en contacto con un conductor que está bajo tensión en circunstancias normales (ver **Fig. F2**).

La protección a implementar en estas circunstancias se denomina "**Protección Básica**".

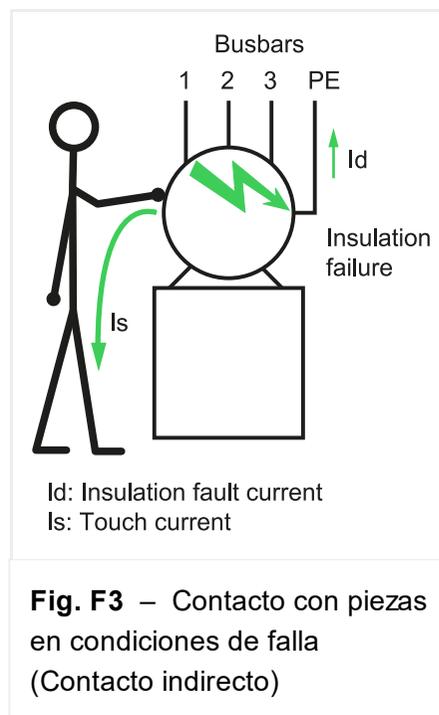


Contacto con piezas conductoras en condiciones de fallo (Contacto indirecto)

Esto se refiere a una persona que entra en contacto con una parte conductora expuesta que normalmente no está activa, pero que se ha activado accidentalmente (debido a una falla de aislamiento o alguna otra causa).

La corriente de falla eleva la parte conductora expuesta a un voltaje que puede ser peligroso ya que genera una corriente de contacto a través de una persona que entra en contacto con esta parte conductora expuesta (ver **Fig. F3**).

La protección a implementar en estas circunstancias se denomina "**Protección contra fallos**".



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

Tipos de protección contra descargas eléctricas.

El objetivo es garantizar que **las piezas vivas peligrosas no sean accesibles y que las piezas conductoras accesibles no sean peligrosas**. Se deben implementar diferentes disposiciones de protección. Las medidas de protección resultan de una combinación adecuada de ellas.

Se deben tener en cuenta diferentes parámetros: temperatura ambiente, condiciones climáticas, presencia de agua, tensiones mecánicas, capacidad de las personas y zona de contacto de las personas.

Protección básica

La protección básica incluye una o más disposiciones que, en condiciones normales, evitan el contacto con piezas vivas. Particularmente:

Protección mediante aislamiento de partes vivas.

Esta protección consiste en un aislamiento que cumple con las normas pertinentes (ver **Fig. F4**). Las pinturas, lacas y barnices no proporcionan una protección adecuada.

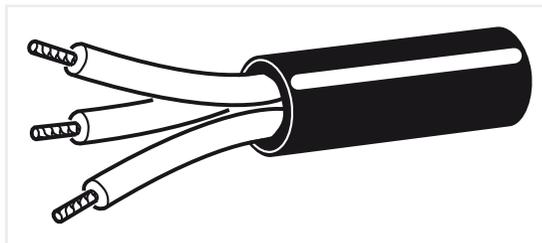


Fig. F4 – Protección inherente contra el contacto directo mediante aislamiento de un cable trifásico con funda exterior

Protección mediante barreras o cerramientos

Esta medida es de uso generalizado, ya que muchos componentes y materiales se instalan en gabinetes, conjuntos, paneles de control y tableros de distribución (ver **Fig. F5**).

Para que se considere que brindan una protección eficaz contra los riesgos de contacto directo, estos equipos deben poseer un grado de protección igual al menos a IP 2X o IP XXB (consulte [Protección proporcionada para equipos cerrados: códigos IP e IK](#)).

Además, una abertura de un armario (puerta, panel frontal, cajón, etc.) sólo podrá ser desmontable, abierta o retraíble:

- Mediante una llave o herramienta prevista al efecto, o
- Después del aislamiento completo de las partes vivas en el recinto, o
- Con la interposición automática de otra pantalla extraíble únicamente con una llave o una herramienta. El cerramiento metálico y toda la pantalla metálica desmontable deberán estar unidos al conductor de puesta a tierra de protección de la instalación.



Fig. F5 – Ejemplo de aislamiento por envolvente

Otras medidas de protección

- Protección mediante obstáculos, o colocándolos fuera del alcance del brazo.
Esta protección está reservada a lugares a los que sólo tienen acceso personas capacitadas o instruidas. La construcción de esta medida de protección se detalla en IEC 60364-4-41. Véase [Fuera del alcance del brazo o interposición de obstáculos](#) .
- Protección mediante uso de Extra-Baja Tensión (ELV) o por limitación de la energía de descarga.
Estas medidas se utilizan únicamente en circuitos de baja potencia y en circunstancias particulares como se describe en [Voltaje extra bajo \(ELV\)](#) .

Protección contra fallas

La protección contra fallas se puede lograr mediante la desconexión automática del suministro si las partes conductoras expuestas del equipo están adecuadamente conectadas a tierra.

Existen dos niveles de medidas de protección:

- La **puesta a tierra** de todas las partes conductoras expuestas de los equipos eléctricos en la instalación y la constitución de una red de conexión equipotencial (ver [Conductor de puesta a tierra de protección \(PE\)](#)).
- **Desconexión automática** de la alimentación de la sección de la instalación en cuestión, de forma que se respeten los requisitos de seguridad de tensión/tiempo de contacto para cualquier nivel de tensión de contacto U_c ^[1] (ver **Fig. F6**)

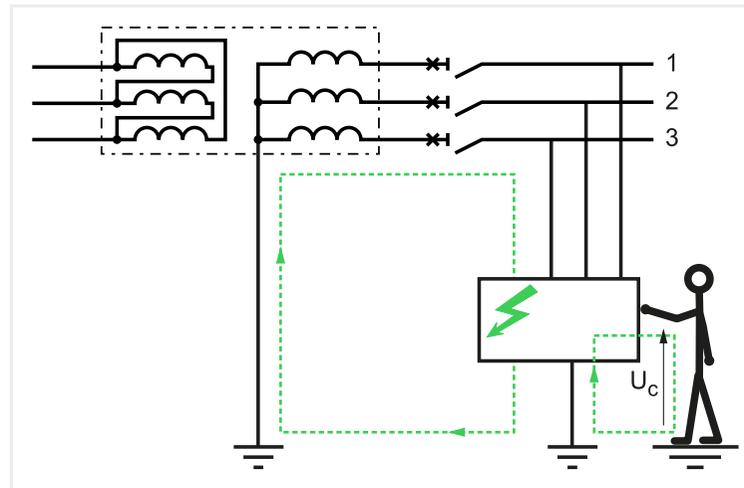


Fig. F6 – Ilustración de la tensión de contacto peligrosa U_c

Cuanto mayor sea el valor de U_c , mayor será la rapidez de desconexión del suministro necesaria para proporcionar protección (ver **Fig. F7**). El valor más alto de U_c que puede tolerarse indefinidamente sin peligro para los seres humanos es 50 V CA.

En CC, el valor más alto de U_c que se puede tolerar indefinidamente sin peligro es 120 V.

Recordatorio de los límites de tiempo teóricos de desconexión (IEC 60364-4-41)

Fig. F7 – Tiempos máximos de desconexión (en segundos) para circuitos finales que no excedan 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A alimentando solo equipos conectados fijamente que utilizan corriente.

U_o (VCA)		$50 < U_o \leq 120$	$120 < U_o \leq 230$	$230 < U_o \leq 400$	$U_o > 400$
Sistema	Tennessee	0,8	0,4	0,2	0,1
	TT	0,3	0,2	0,07	0,04

No un:

- En **los sistemas TN**, se permite un tiempo de desconexión no superior a 5 s para los circuitos de distribución y para los circuitos no cubiertos por la **Fig. F7**.

- En **sistemas TT** , se permite un tiempo de desconexión que no exceda 1 s para los circuitos de distribución y para los circuitos no cubiertos por la **Fig. F7** .

Notas

1. El voltaje de contacto U_c es el voltaje existente (como resultado de una falla de aislamiento) entre una parte conductora expuesta y cualquier elemento conductor al alcance que esté a un potencial diferente (generalmente tierra).

Esta página se editó por última vez el 4 de agosto de 2022 a las 07:32.



Protección adicional: RCD de alta sensibilidad

Una medida adicional de protección contra los peligros del contacto con piezas vivas la proporciona el uso de un dispositivo operativo de corriente residual, que funciona a 30 mA o menos, y se denomina RCD de alta sensibilidad.

Todas las medidas de protección anteriores son preventivas, pero la experiencia ha demostrado que, por diversas razones, no pueden considerarse infalibles. Entre estas razones se pueden citar:

- Falta de mantenimiento adecuado
- Imprudencia, descuido
- Desgaste normal (o anormal) del aislamiento; por ejemplo, flexión y abrasión de los cables de conexión
- Contacto accidental
- Inmersión en agua, etc. Situación en la que el aislamiento ya no es eficaz.

Para proteger a los usuarios en tales circunstancias, se utilizan dispositivos de disparo rápido de alta sensibilidad, basados en la detección de corrientes residuales a tierra (que pueden ser o no a través de un ser humano o animal) para desconectar el suministro eléctrico de forma automática, y con suficiente rapidez para prevenir lesiones o la muerte por electrocución de un ser humano normalmente sano (ver **Fig. F8**).

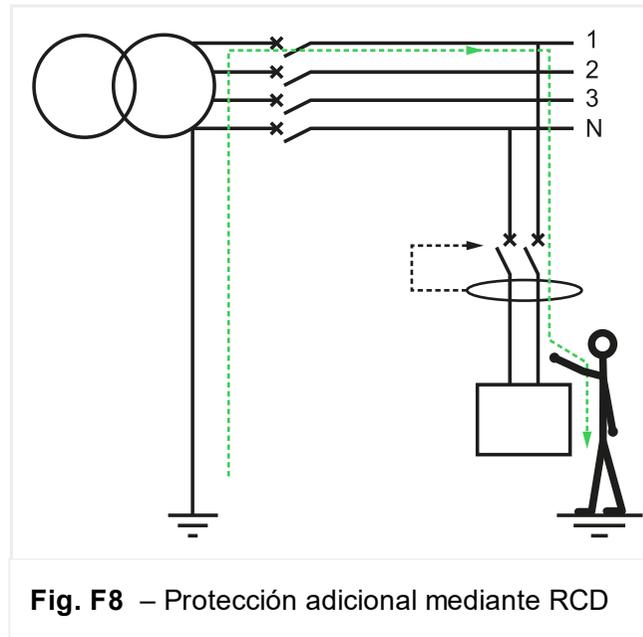


Fig. F8 – Protección adicional mediante RCD

Estos dispositivos funcionan según el principio de medición de corriente residual, en el que cualquier diferencia entre la corriente que ingresa a un circuito y la que sale de él (en un sistema alimentado desde una fuente conectada a tierra) fluye a tierra, ya sea por un aislamiento defectuoso o por el contacto de una parte, como una persona, con un conductor en vivo.

Los dispositivos de corriente residual estandarizados, denominados RCD, suficientemente sensibles para proteger contra el contacto con partes vivas, tienen una potencia nominal de 30 mA de corriente residual. El tiempo de respuesta definido en IEC 61008 y 61009 es lo suficientemente rápido para brindar protección. Consulte **la figura F9** .

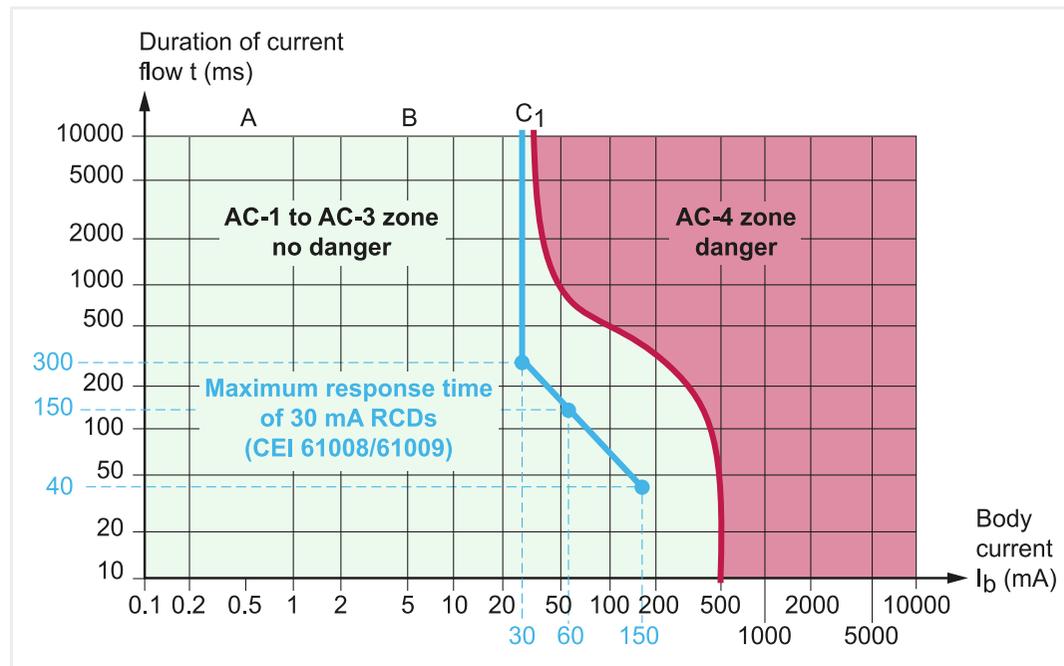


Fig. F9 – Curva de disparo del RCD de 30 mA de alta sensibilidad (en azul) en comparación con las curvas de sensibilidad del cuerpo

Según IEC 60364-4-41, se debe proporcionar protección adicional mediante RCD de alta sensibilidad ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA) para:

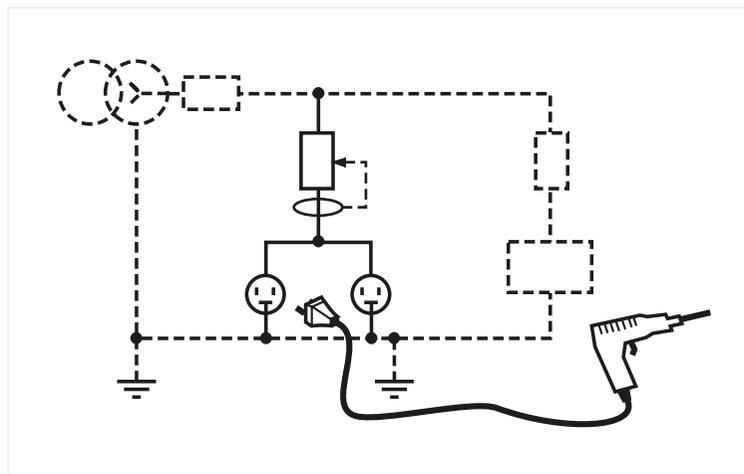
- circuitos que alimentan tomas de corriente de uso general con una corriente nominal ≤ 32 A, susceptibles de ser utilizadas por personas comunes y corrientes,
- para circuitos que alimentan equipos móviles con una corriente nominal ≤ 32 A para uso en exteriores,
- Circuitos finales de CA que alimentan luminarias, en vivienda.

También se recomienda limitar el número de bases de enchufe protegidas por un RCD de alta sensibilidad (por ejemplo, 10 bases de enchufe por un RCD).

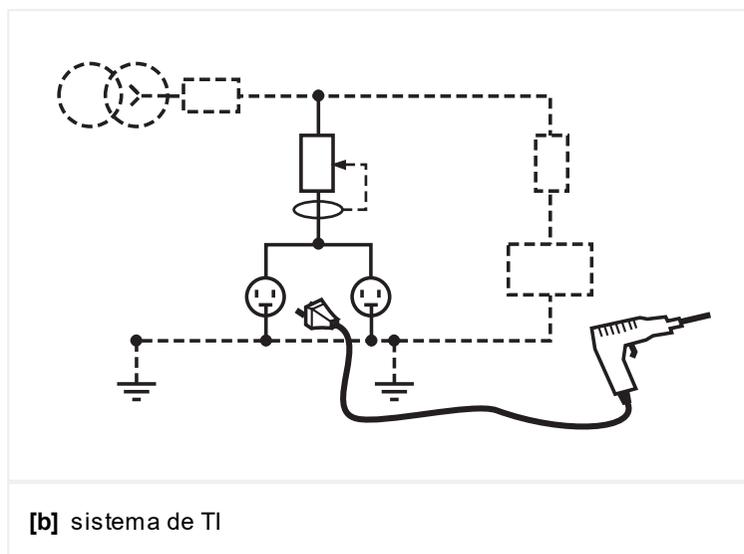
La página [Requisitos aplicables a instalaciones y ubicaciones especiales](#) detalla varias ubicaciones comunes en las que los RCD de alta sensibilidad son obligatorios (en algunos países), pero en cualquier caso, son muy recomendables como protección eficaz tanto contra el contacto con partes vivas como contra el contacto con partes conductoras. en condiciones de falla.

Los RCD de alta sensibilidad son adecuados para todo tipo de sistemas de puesta a tierra. Consulte **la Fig. F10 (a)** para sistemas TT o TN y **(b)** para sistemas IT.

Fig. F10 – Circuito de alimentación de bases de enchufe



[a] Sistema TT o TN



[b] sistema de TI

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

Implementación del sistema TT.

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



Sistema TT - Principio

La desconexión automática del sistema TT se logra mediante un RCD que tiene una sensibilidad de

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_A} \text{ donde } R_A \text{ es la resistencia del electrodo de tierra de la instalación}$$

En este sistema, todas las partes conductoras expuestas y las partes conductoras extrañas de la instalación deben conectarse a un electrodo de tierra común. El punto neutro del sistema de alimentación normalmente está puesto a tierra en un punto fuera del área de influencia del electrodo de tierra de la instalación, aunque no es necesario que así sea. Por lo tanto, la impedancia del circuito de falla a tierra consiste principalmente en los dos electrodos de tierra (es decir, los electrodos de fuente y de instalación) en serie, de modo que la magnitud de la corriente de falla a tierra es generalmente demasiado pequeña para operar relés o fusibles de sobrecorriente, y el uso de Es esencial un dispositivo operado por corriente residual.

Este principio de protección también es válido si se utiliza sólo un electrodo de tierra común, especialmente en el caso de una subestación de tipo consumidor dentro del área de instalación, donde la limitación de espacio puede imponer la adopción de una puesta a tierra del sistema TN, pero donde todas las demás condiciones requeridas por el sistema TN no se pueden cumplir.

La protección por desconexión automática de la alimentación utilizada en el sistema TT es mediante RCD de sensibilidad:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_A}$$

dónde

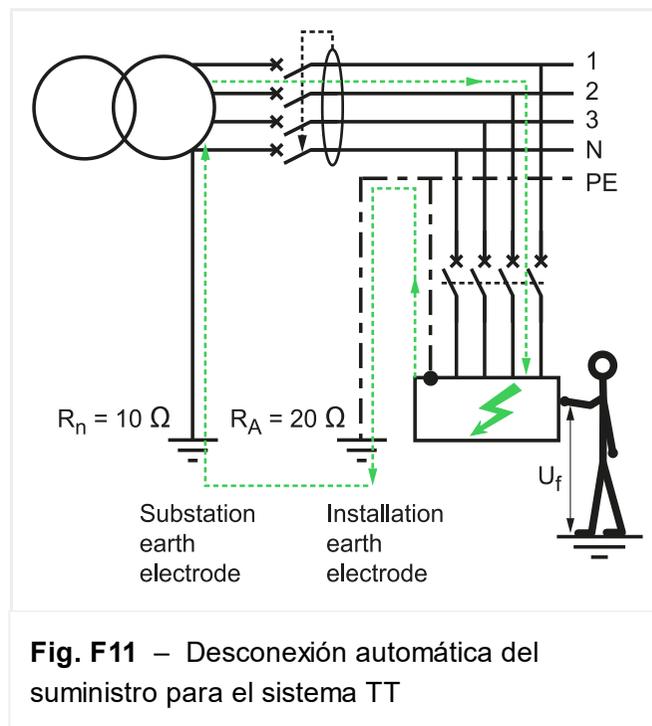
$I_{\Delta n}$ es la corriente operativa residual nominal del RCD

R_A es la resistencia del electrodo de tierra de la instalación.

Para suministros temporales (a obras,...) y locales agrícolas y hortícolas, el valor de 50 V se sustituye por 25 V.

Ejemplo

(ver figura F11)



- La resistencia del electrodo de tierra del neutro de la subestación R_n es de 10Ω .
- La resistencia de la toma de tierra de la instalación R_A es de 20Ω .
- La corriente del circuito de falla a tierra $I_d = 7,7 \text{ A}$.
- La tensión de defecto $U_f = I_d \times R_A = 154 \text{ V}$ y por tanto peligrosa, pero $I_{\Delta n} \leq 50/20 = 2,5 \text{ A}$, de modo que un RCD estándar de 300 mA funcionará en aproximadamente 30 ms sin retraso de tiempo intencional y eliminará la falla cuando aparezca un voltaje de falla excedido en una parte conductora expuesta.

La elección de la sensibilidad del dispositivo de corriente residual es función de la resistencia R_A del electrodo de tierra de la instalación y se muestra en la **Fig. F12** .

Fig. F12 : El límite superior de resistencia para un electrodo de puesta a tierra de instalación que no se debe exceder, para niveles de sensibilidad dados de los RCD en límites de voltaje U_{de} 50 V y 25 V.

$I\Delta n$	Resistencia máxima del electrodo de tierra.	
	(50 voltios)	(25V)
3A	16 Ω	8 Ω
1 un	50 Ω	25 Ω
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30mA	1666 Ω	833 Ω

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

Sistema TT - Aspectos prácticos

Tiempo máximo de desconexión especificado

Los tiempos de actuación de los RCD son generalmente inferiores a los exigidos en la mayoría de las normas nacionales; esta característica facilita su uso y permite la adopción de una protección selectiva eficaz.

IEC 60364-4-41 especifica el tiempo máximo de funcionamiento de los dispositivos de protección utilizados en el sistema TT para la protección contra contacto indirecto:

- Para todos los circuitos finales con una corriente nominal no superior a 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A que alimenten únicamente equipos que utilicen corriente fija y conectada, el tiempo máximo de desconexión no excederá los valores indicados en la **Fig. F13**.
- Para todos los demás circuitos, el tiempo máximo de desconexión se fija en 1 s. Este límite permite la selectividad entre RCD cuando se instalan en circuitos de distribución.

Fig. F13 – Tiempos máximos de desconexión en sistema TT para circuitos finales que no excedan 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A alimentando solo equipos que utilizan corriente conectados fijos

U_o ^[a] (VCA)	T (s)
$50 < U_o \leq 120$	0,3
$120 < U_o \leq 230$	0,2
$230 < U_o \leq 400$	0,07
$U_o > 400$	0,04

a. U_o es la tensión nominal entre fase y tierra.

RCD es un término general para todos los dispositivos que funcionan según el principio de corriente residual.

RCCB (disyuntor de corriente residual), tal como se define en la serie IEC 61008, es una clase específica de RCD.

El tipo general y el tipo S (selectivo) de IEC 61008 tienen características de tiempo/corriente de disparo como se muestra en la **Fig. F14** . Estas características permiten un cierto grado de disparo selectivo entre las diversas combinaciones de calibres y tipos, como se muestra más adelante en [Coordinación de dispositivos de protección de corriente residual](#) . Los RCD de tipo industrial según IEC 60947-2 proporcionan más posibilidades de selectividad debido a su flexibilidad de retardo de tiempo.

Fig. F14 – Tiempo máximo de funcionamiento de los RCD (en segundos)

x y o Δn		1	2	5	> 5
Doméstico	Instantáneo	0,3	0,15	0,04	0,04
	Tipo S	0,5	0,2	0,15	0,15
Industrial	Instantáneo	0,3	0,15	0,04	0,04
	Retardo de tiempo: 0,06 s	0,5	0,2	0,15	0,15
	Retraso de tiempo (otros)	Según fabricante			

Caso de circuitos de distribución.

(ver **figura F15**)

La IEC 60364-4-41 y diversas normas nacionales reconocen un tiempo máximo de disparo de 1 segundo en los circuitos de distribución de las instalaciones (a diferencia de los circuitos finales).

Esto permite alcanzar un cierto grado de selectividad:

- En el nivel A: RCD con retardo de tiempo, por ejemplo, tipo “S”
- En el nivel B: RCD instantáneo.

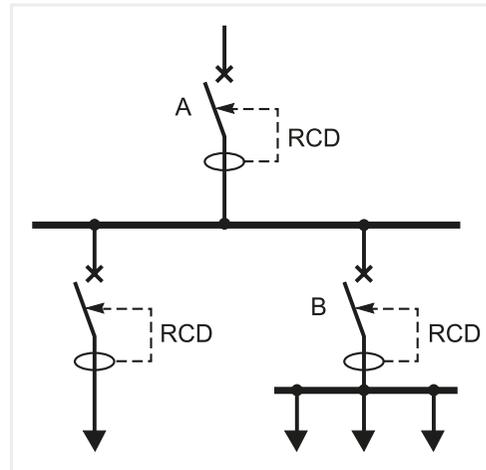


Fig. F15 – Circuitos de distribución

Caso en el que las partes conductoras expuestas de un aparato o grupo de aparatos están conectadas a un electrodo de tierra independiente

(ver **figura F16**)

La protección contra fallas la proporciona un RCD en el nivel del disyuntor que protege cada grupo o aparato individual conectado a tierra por separado.

En cada caso, la sensibilidad debe ser compatible con la resistencia del electrodo de tierra en cuestión.

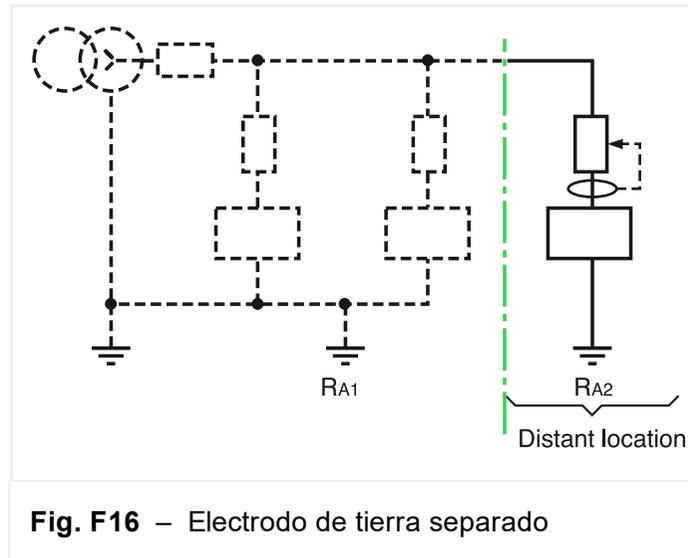


Fig. F16 – Electrodo de tierra separado

Protección cuando las partes conductoras expuestas no están conectadas a tierra

(ver **figura F17**)

(En el caso de una instalación existente donde la ubicación es seca y no es posible proporcionar una conexión a tierra, o en el caso de que se rompa un cable de tierra de protección).

Los RCD de alta sensibilidad (≤ 30 mA) brindarán protección contra fallas (contra riesgos de contacto indirecto) y protección adicional contra los peligros del contacto con partes vivas (contacto directo).

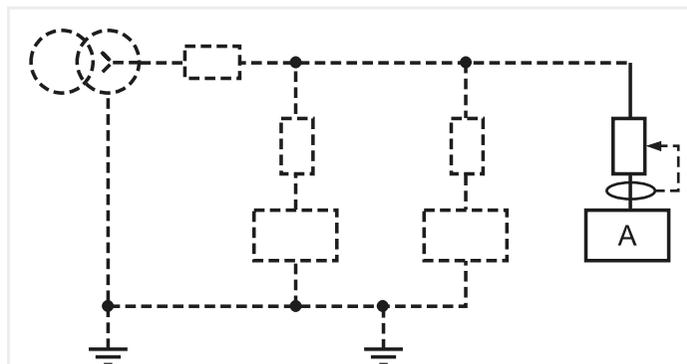


Fig. F17 – Partes conductoras expuestas desenterradas (A)

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



Implementación del sistema TN.

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

Sistema TN - Principio

La desconexión automática del sistema TN se logra mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente o RCD.

En este sistema, todas las partes expuestas y conductoras extrañas de la instalación están conectadas directamente al punto de conexión a tierra de la fuente de alimentación mediante conductores de protección.

Como se señala en [Definición de esquemas normalizados de puesta a tierra](#), la forma en que se realiza esta conexión directa depende de si se utiliza el método TN-C, TN-S o TN-CS de implementación del principio TN. En **la Figura F18** se muestra el método TN-C, en el que el conductor neutro actúa como conductor de protección a tierra y neutro (PEN). En todos los sistemas TN, cualquier fallo de aislamiento a tierra provoca un cortocircuito entre fase y neutro. Los altos niveles de corriente de falla permiten utilizar protección contra sobrecorriente, pero pueden dar lugar a voltajes de contacto que exceden el 50 % del voltaje de fase a neutro en la posición de falla durante el corto tiempo de desconexión.

En la práctica, para la red de distribución de servicios públicos, los electrodos de tierra normalmente se instalan a intervalos regulares a lo largo del conductor de protección (PE o PEN) de la red, mientras que a menudo se requiere que el consumidor instale un electrodo de tierra en la entrada del servicio.

En instalaciones grandes, a menudo se prevén tomas de tierra adicionales dispersas por el local, para reducir al máximo la tensión de contacto. En los bloques de apartamentos de gran altura, todas las partes conductoras extrañas están conectadas en cada nivel al conductor de protección.

Para garantizar una protección adecuada, la corriente de defecto a tierra

$$I_d = \frac{U_o}{Z_s} \geq 0.8 \frac{U_o}{Z_c}$$

debe ser mayor o igual a la, donde:

I_d = corriente de falla

U_o = tensión nominal entre fase y neutro

Z_s = impedancia del bucle de corriente de falla a tierra igual a la suma de la impedancia de la fuente, los conductores de fase a la posición de falla, la protección conductores desde la posición de falla de regreso a la fuente

Z_c = impedancia del bucle del circuito defectuoso (ver [método convencional](#))

I_a = corriente igual al valor requerido para operar el dispositivo de protección en el tiempo especificado

Nota: El camino a través de los electrodos de tierra de regreso a la fuente tendrá (generalmente) valores de impedancia mucho más altos que los enumerados anteriormente y no es necesario considerarlos.

Ejemplo

(ver **figura F18**)

El voltaje de falla $U_f = \frac{230}{2} = 115 \text{ V}$ y es peligroso;

La impedancia del bucle de falla $Z_S = Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{DE} + Z_{EN} + Z_{NA}$.

Si Z_{BC} y Z_{DE} son predominantes, entonces: $Z_s = 2\rho \frac{L}{S} = 64.3 \text{ m}\Omega$, de modo que

$I_d = \frac{230}{64.3 \times 10^{-3}} = 3,576 \text{ A}$ ($\approx 22 \text{ In}$ basado en un interruptor automático NSX 160).

El ajuste "instantáneo" del disparador magnético del interruptor es muchas veces menor que este valor de cortocircuito, de manera que se asegura un funcionamiento positivo en el menor tiempo posible.

Nota : Algunas autoridades basan estos cálculos en el supuesto de que se produce una caída de tensión del 20% en la parte del bucle de impedancia BANE.

Este método, que se recomienda, se explica en el capítulo [Método convencional](#) y en este ejemplo dará una corriente de falla estimada de

$\frac{230 \times 0.8 \times 10^3}{64.3} = 2,816$ (≈ 18 pulgadas)

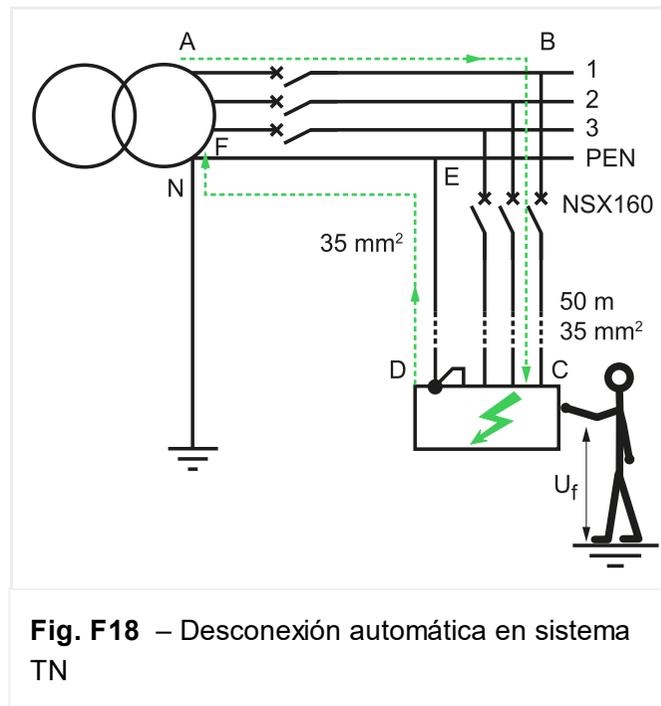


Fig. F18 – Desconexión automática en sistema TN

Tiempo máximo de desconexión especificado

IEC 60364-4-41 especifica el tiempo máximo de funcionamiento de los dispositivos de protección utilizados en el sistema TN para protección contra fallas:

- Para todos los circuitos finales con una corriente nominal no superior a 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A que alimenten únicamente equipos fijos conectados que utilicen corriente, el tiempo máximo de desconexión no excederá los valores indicados en la **Fig. F19**.
- Para el resto de circuitos, el tiempo máximo de desconexión se fija en 5 s. Este límite permite la selectividad entre los dispositivos de protección instalados en los circuitos de distribución.

Nota: Puede ser necesario el uso de RCD en sistemas TN con conexión a tierra. El uso de RCD en sistemas TN-CS significa que el conductor de protección y el conductor neutro deben (evidentemente) estar separados aguas arriba del RCD. Esta separación se realiza habitualmente en la entrada de servicio.

Fig. F19 – Tiempos máximos de desconexión en sistema TN para circuitos finales que no excedan 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A alimentando únicamente equipos que utilizan corriente conectados fijos

U_0 [a] (VCA)	T (s)
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
$U_0 > 400$	0.1

a. U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra.

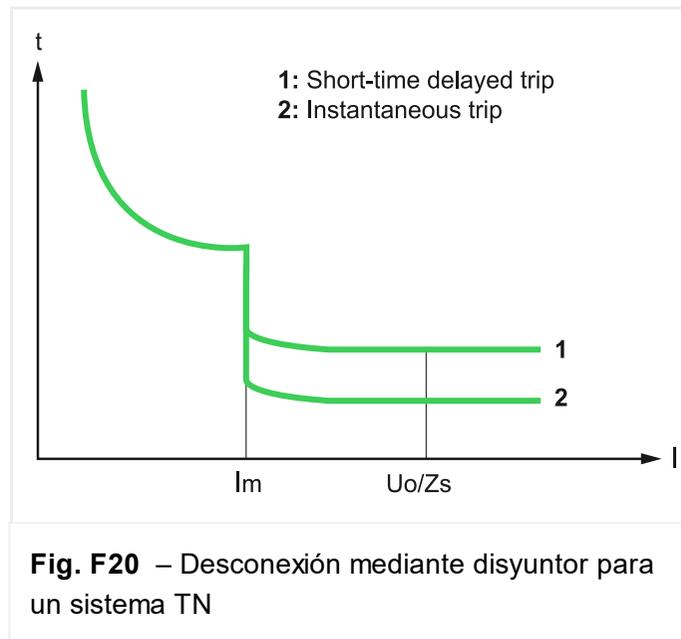
Protección mediante disyuntor

(ver **figura F20**)

Si la protección va a ser proporcionada por un disyuntor, es suficiente verificar que la corriente de falla siempre excederá el nivel de corriente de ajuste del dispositivo de disparo instantáneo o con retardo de corta duración (I_m).

El disparador instantáneo de un disyuntor eliminará un fallo a tierra en menos de 0,1 segundos.

En consecuencia, siempre estará asegurada la desconexión automática en el tiempo máximo permitido, ya que son adecuados todo tipo de relés, magnéticos o electrónicos, instantáneos o ligeramente retardados: $I_a = I_m$. Sin embargo, siempre se debe tener en cuenta la tolerancia máxima autorizada por la norma pertinente. Por tanto, basta con que la corriente de defecto U_0 / Z_s o $0,8 U_0 / Z_c$ determinada mediante cálculo (o estimada in situ) sea superior a la corriente de disparo instantánea I_m , o superior al nivel umbral de disparo de muy corta duración, para estar seguro de disparar dentro del límite de tiempo permitido.



Protección mediante fusibles

(ver **figura F21**)

Se puede determinar a partir de la curva de rendimiento del fusible. En cualquier caso, la protección no se puede lograr si la impedancia del bucle Z_s o Z_c excede un cierto valor.

El valor de corriente que garantiza el correcto funcionamiento de un fusible se puede determinar a partir de un gráfico de rendimiento de corriente/tiempo del fusible en cuestión.

La corriente de falla U_0 / Z_s o $0,8 U_0 / Z_c$, como se determinó anteriormente, debe exceder en gran medida la corriente necesaria para garantizar el funcionamiento positivo del fusible. La condición a observar por lo

tanto es que $I_a < \frac{U_0}{Z_s}$ o $0,8 \frac{U_0}{Z_c}$ como se indica en **la Fig. F21**.

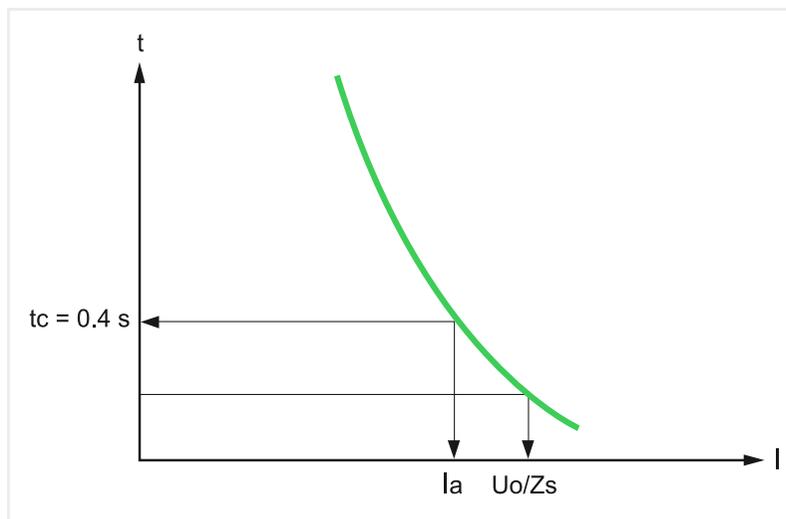


Fig. F21 – Desconexión por fusibles para un sistema TN

Ejemplo: La tensión nominal fase-neutro de la red es 230 V y el tiempo máximo de desconexión indicado en **la Fig. F19** es 0,4 s.

El valor correspondiente de I_a se puede leer en el gráfico. Usando el voltaje (230 V) y la corriente I_a , la impedancia del bucle completo o la impedancia del bucle del circuito se puede calcular a partir de:

$$Z_s = \frac{230}{I_a} \text{ o } Z_c = 0,8 \frac{230}{I_a}$$

Este valor de impedancia nunca debe excederse y preferiblemente debe ser sustancialmente menor para garantizar un funcionamiento satisfactorio del fusible.

Protección mediante Dispositivos de Corriente Residual (no aplicable para TN-C)

Los dispositivos de corriente residual deben usarse donde:

- La impedancia del bucle no se puede determinar con precisión (longitudes difíciles de estimar, presencia de material metálico cerca del cableado)
- La corriente de falla es tan baja que el tiempo de desconexión no se puede cumplir mediante el uso de dispositivos de protección contra sobrecorriente.

La corriente de disparo nominal de los RCD es del orden de unos pocos amperios y está muy por debajo del nivel de corriente de falla. Por tanto, los RCD están bien adaptados a esta situación.

En la práctica, suelen instalarse en la subdistribución de BT y, en muchos países, la desconexión automática de los circuitos finales se debe lograr mediante dispositivos de corriente residual.

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



Sistema TN - Condiciones preliminares

En la etapa de diseño, se deben calcular las longitudes máximas permitidas de cable detrás de un disyuntor de protección (o conjunto de fusibles), mientras que durante los trabajos de instalación se deben respetar íntegramente ciertas reglas.

Se deben observar ciertas condiciones, como se enumeran a continuación y se ilustran en **la Figura F22** .

1. El conductor PE debe conectarse regularmente a tierra tanto como sea posible.
2. El conductor de PE no debe atravesar conductos ferromagnéticos, conductos, etc. ni montarse sobre estructuras de acero, ya que los efectos inductivos y/o de proximidad pueden aumentar la impedancia efectiva del conductor.
3. En el caso de un conductor PEN (un conductor neutro que también se utiliza como conductor de protección), la conexión se debe realizar directamente al terminal de tierra de un aparato (ver 3 en la **Figura F22**) antes de conectarse al terminal neutro de el mismo aparato.
4. Cuando el conductor $\leq 6 \text{ mm}^2$ para cobre o 10 mm^2 para aluminio, o cuando un cable sea móvil, se deberán separar los conductores neutro y de protección (es decir, se deberá adoptar un sistema TN-S dentro de la instalación).
5. Las fallas a tierra pueden eliminarse mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente, es decir, mediante fusibles o disyuntores.

La lista anterior indica las condiciones que deben respetarse en la implementación de un esquema TN para protección contra fallas.

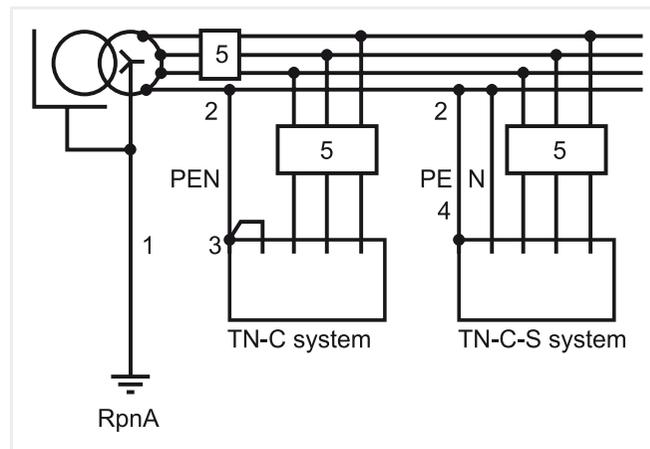


Fig. F22 – Implementación del sistema de puesta a tierra TN

Notas:

- El esquema TN requiere que el neutro BT del transformador MT/BT, las partes conductoras expuestas de la subestación y de la instalación, y las partes conductoras extrañas en la subestación y la instalación, estén todos conectados a tierra a un sistema de puesta a tierra común.
- Para una subestación en la que la medida sea a nivel de baja tensión, se requiere un medio de aislamiento en el origen de la instalación de BT, y el aislamiento debe ser claramente visible.
- Un conductor de PEN nunca debe ser interrumpido bajo ninguna circunstancia.

Los equipos de control y protección para las distintas disposiciones TN serán:

- 3 polos cuando el circuito incluye un conductor PEN,
- Preferiblemente 4 polos (3 fases + neutro) cuando el circuito incluye un neutro con un conductor PE independiente.

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

Sistema TN - Cálculo de la corriente de defecto a tierra

Métodos para determinar los niveles de corriente de falla.

En sistemas TN con conexión a tierra, una falla a tierra proporcionará, en principio, suficiente corriente para operar un dispositivo de sobrecorriente.

Las impedancias de la fuente y de la red de suministro son mucho más bajas que las de los circuitos de instalación, por lo que cualquier restricción en la magnitud de las corrientes de falla a tierra será causada principalmente por los conductores de la instalación (los cables largos y flexibles que van a los electrodomésticos aumentan en gran medida el “bucle de falla” impedancia, con la correspondiente reducción de la corriente de falla).

Las recomendaciones IEC más recientes para la protección de fallas en sistemas de puesta a tierra TN solo relacionan los tiempos de disparo máximos permitidos con la tensión nominal del sistema (consulte la **Figura F13**).

El razonamiento detrás de estas recomendaciones es que, para los sistemas TN, la corriente que debe fluir para elevar el potencial de una parte conductora expuesta a 50 V o más es tan alta que ocurrirá una de dos posibilidades:

- O la ruta de la falla se eliminará por sí sola, prácticamente instantáneamente, o
- El conductor se soldará a sí mismo en una falla sólida y proporcionará la corriente adecuada para operar dispositivos de sobrecorriente.

Para garantizar el funcionamiento correcto de los dispositivos de sobrecorriente en este último caso, se debe determinar una evaluación razonablemente precisa de los niveles de corriente de falla a tierra en la etapa de diseño de un proyecto.

Un análisis riguroso requiere el uso de técnicas de componentes de secuencia de fases aplicadas a cada circuito por turno. El principio es sencillo, pero la cantidad de cálculos no se considera justificable, especialmente porque las impedancias de secuencia de fase cero son extremadamente difíciles de determinar con un grado razonable de precisión en una instalación de BT promedio.

Se prefieren otros métodos más simples de precisión adecuada.

Tres métodos prácticos son:

- El "**método de impedancias**", basado en la suma de todas las impedancias (solo secuencia de fase positiva) alrededor del bucle de falla, para cada circuito.
- El "**método de composición**", que es una estimación de la corriente de cortocircuito en el extremo remoto de un bucle, cuando se conoce el nivel de corriente de cortocircuito en el extremo cercano del bucle.
- El "**método convencional**" de cálculo de los niveles mínimos de corrientes de defecto a tierra, junto con el uso de tablas de valores para la obtención de resultados rápidos.

Estos métodos sólo son confiables para el caso en que los cables que forman el bucle de corriente de falla a tierra están muy próximos (entre sí) y no separados por materiales ferromagnéticos.

Nota: El software Ecodial de Schneider Electric se basa en el "método de las impedancias".

Método de impedancias

Este método suma las impedancias de secuencia positiva de cada elemento (cable, conductor PE, transformador, etc.) incluido en el circuito de bucle de falla a tierra a partir del cual se calcula la corriente de falla a tierra, usando la fórmula:

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}$$

donde

U_0 = tensión nominal fase-neutro del sistema.

$(\sum R)^2$ = (la suma de todas las resistencias en el bucle)² en la etapa de diseño de un proyecto.

$(\sum X)^2$ = (la suma de todas las reactancias inductivas en el bucle)²

La aplicación del método no siempre es fácil, porque supone el conocimiento de todos los valores de los parámetros y características de los elementos del bucle.

En muchos casos, una guía nacional puede proporcionar valores típicos para fines de estimación.

Método de composición

Este método permite determinar la corriente de cortocircuito al final de un bucle a partir del valor conocido de cortocircuito en el extremo emisor, mediante la fórmula aproximada:

$$I_{sc} = \frac{I \cdot U_0}{U_0 + Z_s \cdot I}$$

dónde

I_{sc} = corriente de cortocircuito aguas arriba

I = corriente de cortocircuito de final de bucle

U_0 = tensión de fase nominal del sistema

Z_s = impedancia del bucle

Nota : En este método las impedancias individuales se suman aritméticamente ^[1] a diferencia del procedimiento anterior del “método de impedancias”.

Método convencional

Generalmente se considera que este método es suficientemente preciso para fijar el límite superior de longitudes de cable.

Principio

El cálculo de la corriente de cortocircuito se basa en el supuesto de que la tensión en el origen del circuito en cuestión (es decir, en el punto en el que se encuentra el dispositivo de protección del circuito) permanece en el 80 % o más de la tensión nominal de fase a neutro.

El valor del 80% se utiliza, junto con la impedancia del circuito, para calcular la corriente de cortocircuito.

Este coeficiente toma todas las caídas de tensión aguas arriba del punto considerado. En los cables de baja tensión, cuando todos los conductores de un circuito trifásico de 4 hilos están muy cerca (que es el caso normal), la reactancia inductiva interna y entre los conductores es insignificante en comparación con la resistencia del cable.

Esta aproximación se considera válida para tamaños de cable de hasta 120 mm².

Por encima de ese tamaño, el valor de resistencia R aumenta de la siguiente manera:

Tamaño del núcleo (mm ²)	Valor de resistencia
S = 150 mm ²	R+15%
S = 185mm ²	R+20%
S = 240 mm ²	R+25%

La longitud máxima de un circuito en una instalación TN puesta a tierra viene dada por la fórmula:

$$L_{\max} = \frac{0.8 U_0 S_{\text{ph}}}{\rho(1 + m)I_a}$$

dónde:

L_{max} = longitud máxima en metros

U₀ = voltios de fase = 230 V para un sistema de 230/400 V

ρ = resistividad a temperatura normal de trabajo en ohm-mm²/metro (= 23,7 10⁻³ para cobre; = 37,6 10⁻³ para aluminio)

I_a = ajuste de la corriente de disparo para el funcionamiento instantáneo de un interruptor automático,

o:

I_a = la corriente que asegura el funcionamiento del fusible de protección en cuestión, en el tiempo especificado.

S_{ph} = sección transversal de los conductores de fase del circuito en cuestión en mm²

S_{PE} = sección transversal del conductor de protección en cuestión en mm².

$$m = \frac{S_{\text{ph}}}{S_{\text{PE}}}$$

(ver **figura F23**)

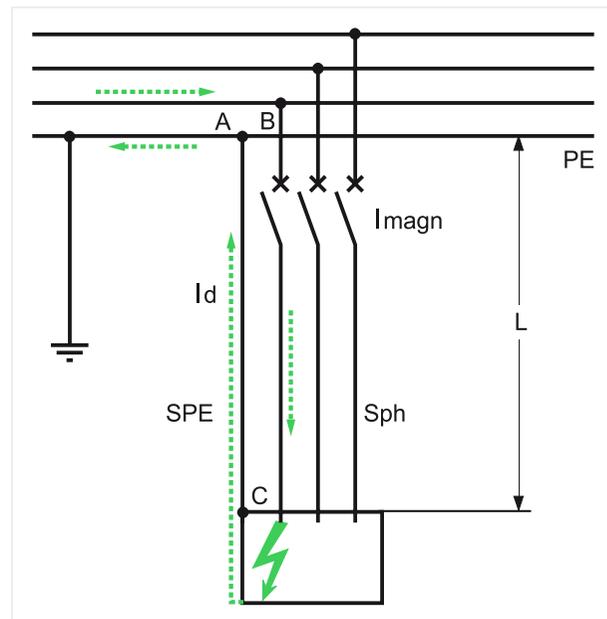


Fig. F23 – Cálculo de L máx. para un sistema TN con puesta a tierra, utilizando el método convencional

Mesas

Las siguientes tablas, aplicables a los sistemas TN, han sido establecidas según el “método convencional” descrito anteriormente.

Las tablas proporcionan longitudes máximas de circuito, más allá de las cuales la resistencia óhmica de los conductores limitará la magnitud de la corriente de cortocircuito a un nivel inferior al requerido para disparar el disyuntor (o fundir el fusible) que protege el circuito, con suficiente rapidez para garantizar la protección contra fallas.

Nota: para los disyuntores industriales (IEC 60947-2), se toma una tolerancia del 20% con respecto a la corriente de disparo magnético, es decir, el nivel de disparo real puede ser un 20% mayor (o menor) que el ajuste de disparo magnético I_{magn} del disyuntor. La tabla **Fig. F25** incluye esta tolerancia del 20% y calcula la longitud máxima del circuito para el peor de los casos, que es para la $L = I_m \times 1,2$. **Para los disyuntores**

domésticos (IEC 60898) , el valor de disparo se indica sin tolerancia (por ejemplo, $I_a = I_m = 10 I_n$ para la curva C), por lo que las tablas **Fig. F26 a Fig. F28** se calculan con un valor de cortocircuito exactamente igual a I_{sc} , sin tolerancia.

Factor de corrección m

La **Fig. F24** indica el factor de corrección a aplicar a los valores dados en **la Fig. F25 a la Fig. F28** , según la relación Sph/SPE, el tipo de circuito y los materiales del conductor.

Las tablas tienen en cuenta:

- El tipo de protección: disyuntores o fusibles.
- Configuración de corriente de funcionamiento
- Área de sección transversal de conductores de fase y conductores de protección.
- Tipo de sistema de puesta a tierra (ver **Fig. F16**)
- Tipo de disyuntor (es decir, B, C o D) ^[2]

Las mesas se pueden utilizar para sistemas de 230/400 V.

En los catálogos correspondientes se incluyen tablas similares para la protección de los disyuntores Schneider Electric Compact y Acti 9.

Fig. F24 – Factor de corrección a aplicar a las longitudes dadas en las tablas **Fig. F25 a Fig. F28** para sistemas TN

Circuito	Material conductor	m = Sph/SPE (o PEN)			
		metro = 1	metro = 2	metro = 3	metro = 4
3P+N o P+N	Cobre	1	0,67	0,50	0,40
	Aluminio	0,62	0,42	0,31	0,25

Fig. F25a – Longitudes máximas de circuito (en metros) para diferentes tamaños de conductores de cobre y configuraciones de corriente de disparo instantáneo para disyuntores industriales (IEC 60947-2) en un sistema TN de 230/400 V con $m = 1$

Área de sección transversal nominal de los conductores.	Ajuste de corriente de disparo del CB instantáneo o retardado de corto tiempo Im (amperios)															
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800	875
mm2 -																
1.5	100	79	63	50	40	31	25	20	dieciséis	13	10	9	8	7	6	6
2.5	167	133	104	83	67	52	42	33	26	21	17	15	13	12	10	10
4	267	212	167	133	107	83	67	53	42	33	27	24	21	19	17	15
6	400	317	250	200	160	125	100	80	63	50	40	36	32	29	25	23
10			417	333	267	208	167	133	104	83	67	60	53	48	42	38
dieciséis					427	333	267	213	167	133	107	95	85	76	67	61
25							417	333	260	208	167	149	132	119	104	95
35								467	365	292	233	208	185	167	146	133
50									495	396	317	283	251	226	198	181
70												417	370	333	292	267
95														452	396	362
120																457

Nota: esta tabla se calcula de acuerdo con IEC60947-2, por lo tanto incluye una tolerancia del 20% en la corriente de disparo real en comparación con el ajuste de disparo del interruptor (ver nota superior)

Fig. F25b – Longitudes máximas de circuito (en metros) para diferentes tamaños de conductores de cobre y configuraciones de corriente de disparo instantáneo para disyuntores industriales (IEC 60947-2) en un sistema TN de 230/400 V con $m = 1$

Área de sección transversal nominal de los conductores.	Ajuste de corriente de disparo del CB instantáneo o retardado de corto tiempo Im (amperios)												
	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500
mm2 -													
1.5	5	4	4										
2.5	8	7	7	5	4								
4	13	12	11	8	7	5	4						

6	20	18	dieciséis	13	10	8	6	5	4				
10	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
dieciséis	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	5	4
25	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	8	7
35	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	12	9
50	158	141	127	99	79	63	49	40	32	25	20	dieciséis	13
70	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	23	19
95	317	283	263	198	158	127	99	79	63	50	40	32	25
120	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
150	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	43	35
185		459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	51	41
240				400	320	256	200	160	128	102	80	64	51

Nota: esta tabla se calcula de acuerdo con IEC60947-2, por lo tanto incluye una tolerancia del 20% en la corriente de disparo real en comparación con el ajuste de disparo del interruptor (ver nota superior)

Fig. F26 – Longitudes máximas de circuito (en metros) para diferentes tamaños de conductor de cobre y corrientes nominales para disyuntores domésticos tipo B ^[2] (IEC 60898) en un sistema TN monofásico o trifásico de 230/400 V con $m = 1$

esf	Corriente nominal (A)															
	1	2	3	4	6	10	dieciséis	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1.5	1200	600	400	300	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
2.5		1000	666	500	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	dieciséis
4			1066	800	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
6				1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48	38
10						800	500	400	320	250	200	160	127	100	80	64
dieciséis							800	640	512	400	320	256	203	160	128	102
25									800	625	500	400	317	250	200	160
35										875	700	560	444	350	280	224
50												760	603	475	380	304

Fig. F27 – Longitudes máximas de circuito (en metros) para diferentes tamaños de conductor de cobre y corrientes nominales para disyuntores domésticos tipo C ^[2] (IEC 60898) en un sistema TN monofásico o trifásico 230/400 V con m = 1

esf	Corriente nominal (A)															
	1	2	3	4	6	10	dieciséis	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1.5	600	300	200	150	100	60	37	30	24	18	15	12	9	7	6	5
2.5		500	333	250	167	100	62	50	40	31	25	20	dieciséis	12	10	8
4			533	400	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	dieciséis	13
6				600	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10					677	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
dieciséis						640	400	320	256	200	160	128	101	80	64	51
25							625	500	400	312	250	200	159	125	100	80
35							875	700	560	437	350	280	222	175	140	112
50									760	594	475	380	301	237	190	152

Fig. F28 – Longitudes máximas de circuito (en metros) para diferentes tamaños de conductor de cobre y corrientes nominales para disyuntores domésticos tipo D ^[2] (IEC 60898) en un sistema TN monofásico o trifásico de 230/400 V con m = 1

esf	Corriente nominal (A)															
	1	2	3	4	6	10	dieciséis	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1.5	429	214	143	107	71	43	27	21	17	13	11	9	7	5	4	3
2.5	714	357	238	179	119	71	45	36	29	22	18	14	11	9	7	6
4		571	381	286	190	114	71	57	46	36	29	23	18	14	11	9
6		857	571	429	286	171	107	86	69	54	43	34	27	21	17	14
10			952	714	476	286	179	143	114	89	71	57	45	36	29	23
dieciséis					762	457	286	229	183	143	114	91	73	57	46	37
25						714	446	357	286	223	179	143	113	89	71	57
35							625	500	400	313	250	200	159	125	100	80

50									679	543	424	339	271	215	170	136	109
----	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ejemplo

Una instalación trifásica de 4 hilos (230/400 V) está conectada a tierra TN-C. Un circuito está protegido por un disyuntor tipo B de 63 A y consta de un cable con núcleo de aluminio con conductores de fase de 50 mm² y un conductor neutro (PEN) de 25 mm².

¿Cuál es la longitud máxima del circuito por debajo de la cual la protección contra fallas está asegurada por el relé de disparo magnético instantáneo del disyuntor?

La **Figura F26** da, para un interruptor automático de 50 mm² y 63 A tipo B, 603 metros, a los que se debe aplicar un factor de

$$0,42 \left(\text{Figura F24 param} = \frac{S_{ph}}{SPE} = 2 \right).$$

La longitud máxima del circuito es por tanto:

$$603 \times 0,42 = 253 \text{ metros.}$$

Caso particular en el que una (o más) partes conductoras expuestas están conectadas a tierra a un electrodo de tierra separado

La protección contra fallas debe ser proporcionada por un RCD en el origen de cualquier circuito que alimente un aparato o grupo de aparatos, cuyas partes conductoras expuestas estén conectadas a un electrodo de tierra independiente.

La sensibilidad del RCD debe adaptarse a la resistencia del electrodo de tierra (R_{A2} en la **Figura F16**). Ver especificaciones aplicables al sistema TT.

Notas

1. Esto da como resultado un valor actual calculado que es menor de lo que realmente fluiría. Si los ajustes de sobrecorriente se basan en este valor calculado, entonces se garantiza el funcionamiento del relé o fusible.
2. Para la definición de interruptores automáticos de tipo B, C, D, consulte [Características fundamentales de un interruptor automático](#).

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

Sistema TN: impedancia de bucle de corriente de falla alta

Cuando la corriente de falla a tierra está limitada debido a una impedancia inevitablemente alta del bucle de falla, de modo que no se puede confiar en que la protección contra sobrecorriente dispare el circuito dentro del tiempo prescrito, se deben considerar las siguientes posibilidades:

Sugerencia 1

(ver **figura F29**)

- Instale un disyuntor que tenga un nivel de disparo magnético instantáneo más bajo, por ejemplo: $2I_n \leq I_{rm} \leq 4I_n$
 Esto proporciona protección a las personas en circuitos que son anormalmente largos. Sin embargo, se debe comprobar que las corrientes transitorias elevadas, como las corrientes de arranque de los motores, no provoquen desconexiones molestas.
- Soluciones eléctricas de Schneider
 - Tipo G Compacto ($2I_n \leq I_{rm} \leq 4I_n$)
 - Disyuntor tipo B Acti 9

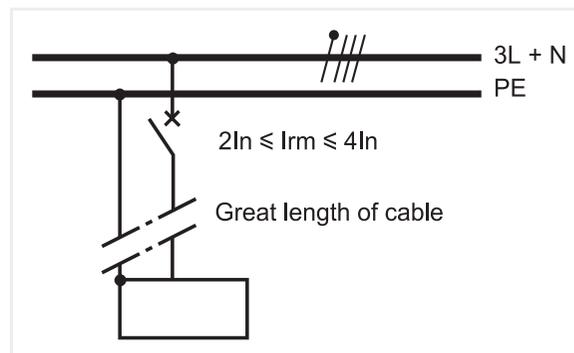


Fig. F29 – Disyuntor con disparo magnético instantáneo de ajuste bajo

Sugerencia 2

(ver **figura F30**)

- Instale un RCD en el circuito. No es necesario que el dispositivo sea de alta sensibilidad (HS) (desde varios amperios hasta algunas decenas de amperios). Cuando se trate de tomas de corriente, los circuitos específicos deberán, en cualquier caso, estar protegidos por RCD HS (≤ 30 mA); generalmente un RCD para varias tomas de corriente en un circuito común.
- Soluciones eléctricas de Schneider
 - RCD Vigi NG125 : $I_{\Delta n} = 1$ o 3 A
 - Vigicompact REH o REM: $I_{\Delta n} = 3$ a 30 A
 - Disyuntor tipo B Acti 9

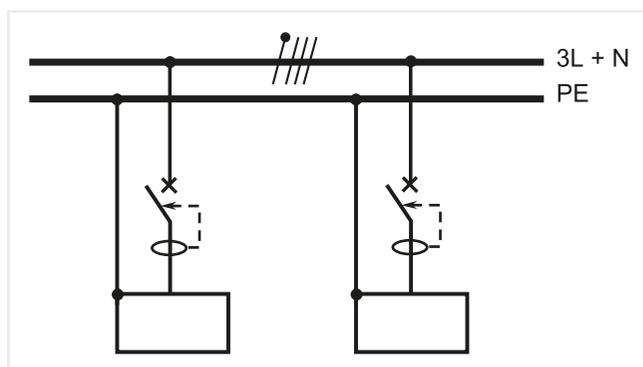


Fig. F30 – Protección RCD en sistemas TN con alta impedancia de bucle de falla a tierra

Sugerencia 3

Aumente el tamaño de los conductores PE o PEN y/o de los conductores de fase, para reducir la impedancia del bucle.

Sugerencia 4

Añadir conductores equipotenciales suplementarios. Esto tendrá un efecto similar al de la sugerencia 3, es decir, una reducción en la resistencia del bucle de falla a tierra, mientras que al mismo tiempo mejorará las medidas de protección de voltaje de contacto existentes. La eficacia de esta mejora puede comprobarse mediante una prueba de resistencia entre cada parte conductora expuesta y el conductor protector principal local.

Para instalaciones TN-C, no se permite la unión como se muestra en **la Fig. F31** y se debe adoptar la **sugerencia 3**.

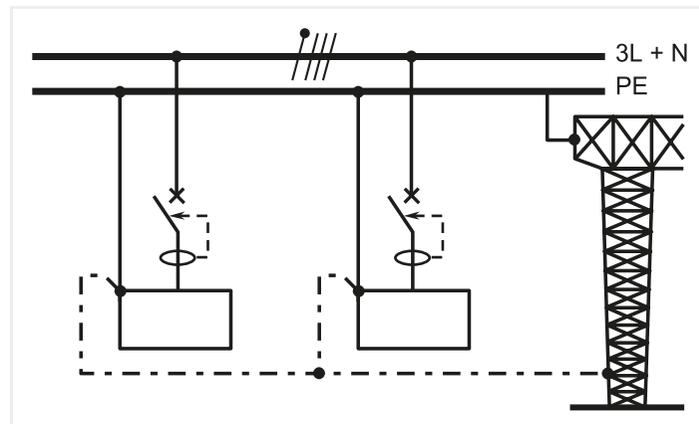


Fig. F31 – Conexión equipotencial mejorada

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



Implementación del sistema informático.

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

Sistema de TI - Principio

En este tipo de sistema:

- La instalación está aislada de tierra, o el punto neutro de su fuente de alimentación está conectado a tierra mediante una alta impedancia (comúnmente 1500 Ω o más)
- Todas las piezas conductoras expuestas y extrañas se conectan a tierra mediante un electrodo de tierra de instalación.

La característica básica del sistema de puesta a tierra IT es que, en caso de fallo entre fases y tierra, el sistema puede seguir funcionando sin interrupción. Esta falta se denomina “primera falta”.

El primer valor de corriente de defecto depende de la impedancia del neutro (si la hay) y de las capacidades de la red aguas abajo (cables, filtrado, fugas...). La primera corriente de falla I_d debe ser lo suficientemente baja para cumplir con la regla $I_d \cdot R_A \leq 50 \text{ V}$, para que no puedan producirse tensiones de fallo peligrosas.

Se puede permitir que el sistema funcione normalmente hasta que sea conveniente aislar la sección defectuosa para realizar trabajos de reparación. Esto mejora la continuidad del servicio.

En la práctica, un sistema informático requiere ciertas medidas específicas para su satisfactorio funcionamiento:

- Vigilancia permanente del aislamiento respecto a tierra, que debe señalar (audiblemente o visualmente) la aparición del primer fallo.
- Dispositivo para limitar la tensión que puede alcanzar el punto neutro del transformador de alimentación con respecto a tierra.
- Una rutina de localización de “primer fallo” realizada por un eficiente personal de mantenimiento. La localización de averías se ve facilitada en gran medida por los dispositivos automáticos disponibles actualmente.
- El disparo automático de alta velocidad de los disyuntores apropiados debe realizarse en caso de que ocurra una “segunda falla” antes de que se repare la primera falla. La segunda falla (por definición) es una falla a tierra que afecta a un conductor activo diferente al de la primera falla (puede ser un conductor de fase o neutro en sistemas donde el neutro está distribuido, consulte la **Figura F39**).

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

Sistema TI - Protección contra fallos

Primera situación de fallo

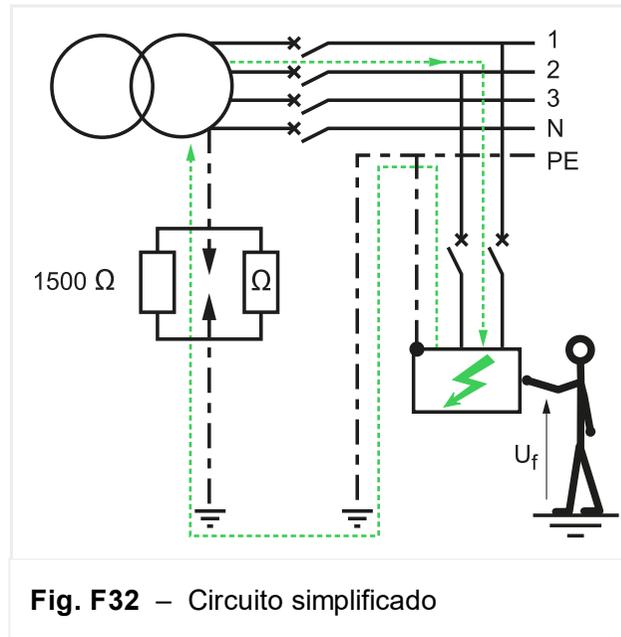
En un sistema informático, el primer fallo a tierra no debería provocar ninguna desconexión.

La corriente de falla a tierra que fluye en una condición de primera falla se mide en mA.

A continuación se presentan dos ejemplos diferentes de cálculo de corriente de falla a tierra.

Ejemplo 1

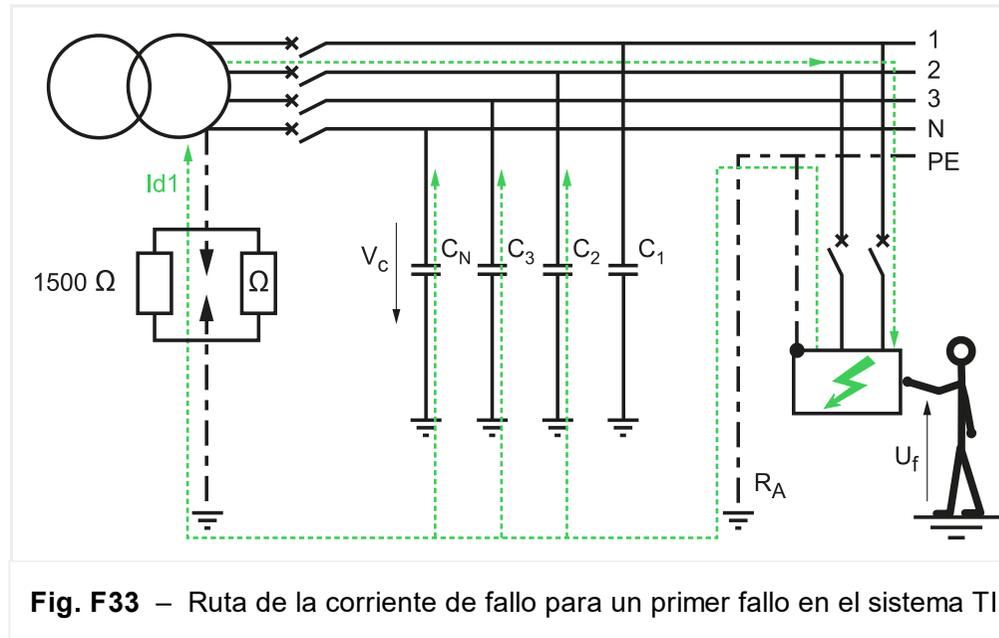
En el circuito simplificado presentado en **la Fig. F32**, el punto neutro de la fuente de alimentación está conectado a tierra a través de una resistencia de 1500Ω . La corriente a través de la resistencia de tierra será de 153 mA en caso de fallo (en un sistema trifásico de 230/400 V). La tensión de fallo con respecto a tierra debida a esta corriente es el producto de esta corriente y la resistencia del conductor PE más la resistencia de tierra (desde el componente defectuoso hasta el electrodo), que es despreciable.



Ejemplo 2

Para una red formada por 1 km de conductores como se representa en **la Fig. F33**, la impedancia de fuga a tierra ($\approx 1 \mu\text{F}/\text{km}$) está representada por los condensadores C_1 a C_N . La impedancia capacitiva Z_C es del orden de 3500Ω por fase. Por lo tanto, en funcionamiento normal, la corriente capacitiva ^[1] a tierra es:

$$I_c = \frac{U_0}{Z_c} = \frac{230}{3500} = 66 \text{ mA por fase.}$$



Durante una falla entre la fase 1 y tierra como en la Fig. F33 , los vectores de voltaje y corriente se pueden representar como se muestra en la Fig. F34 .

La corriente de falla que pasa a través de la resistencia del electrodo R_A es la suma vectorial de las corrientes:

- Corrientes capacitivas en las dos fases sanas I_{C2} y I_{C3} ,
- Corriente capacitiva en el neutro I_{CN} ,
- Corriente en la impedancia del neutro, I_{d1} .

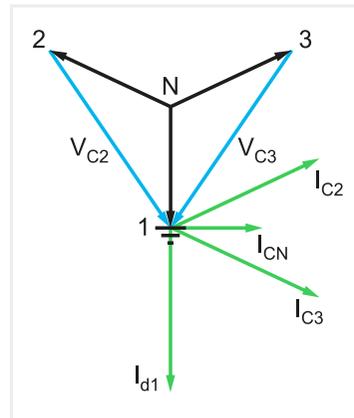


Fig. F34 –
Representación
vectorial de tensiones y
corrientes en caso de
fallo entre la fase 1 y
tierra

Las tensiones de las fases sanas han aumentado (debido a la falla) a $\sqrt{3}$ veces la tensión de la fase normal, de modo que las corrientes capacitivas aumentan en la misma cantidad: $I_{C2} = I_{C3} = I_C \cdot \sqrt{3} = 66 \times \sqrt{3} = 114$ mA

La tensión del neutro es 230 V, por lo que la corriente del neutro capacitivo es: $I_{CN} = I_C = 66$ mA

Estas corrientes están desplazadas una de otra 30° , de modo que la suma vectorial total I_{d2} asciende a:

$$2(I_C \cdot \sqrt{3}) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + I_C = 3 \cdot I_C + I_C = 4 \cdot I_C = 4 \times 66 = 264 \text{ mA}$$

por ejemplo, para circuitos 3L+N, el valor de corriente capacitiva a tierra aumenta en un factor de 4 durante una falla fase a tierra, en comparación con su valor en funcionamiento normal I_C

La corriente I_{d1} a través de la resistencia neutra es de 153 mA (ver ejemplo simplificado arriba)

La corriente a través de la falla a tierra está dada por la suma vectorial de la corriente de la resistencia neutra I_{d1} (= 153 mA) y la corriente capacitiva I_{d2} (= 264 mA).

Entonces es igual a:

$$\sqrt{153^2 + 263^2} = 304\text{mA}$$

Considerando por ejemplo una resistencia de tierra R_A igual a 50Ω , la tensión de defecto U_f es por tanto igual a: $50 \times 304 \times 10^{-3} = 15,2 \text{ V}$, lo que evidentemente es inofensivo.

Recomendación

Para aprovechar al máximo la continuidad del servicio en caso de primer fallo proporcionada por el sistema informático:

- Se debe prever una monitorización permanente del aislamiento a tierra, junto con una señal de alarma (audio y/o luces intermitentes, etc.) que funcione en caso de un primer defecto a tierra (ver **Fig. F35**).
- La localización y reparación de una primera falla es imperativa si se quieren aprovechar todos los beneficios del sistema de TI. La continuidad del servicio es la gran ventaja que ofrece el sistema. Como se proporciona continuidad del servicio, no es obligatorio reparar la falla inmediatamente, evitando operar bajo estrés y urgencia.



Fig. F35 – Ejemplo de dispositivo de monitoreo de

aislamiento de fase a tierra
utilizado en un sistema de TI

Segunda situación de falla

La segunda falla resulta en un cortocircuito entre conductores activos (fases o neutro) a través de tierra y/o a través de conductores de unión PE (a menos que ocurra en el mismo conductor que la primera falla). Los dispositivos de protección contra sobrecorriente (fusibles o disyuntores) normalmente operarían una eliminación automática de fallas.

Las particularidades y limitaciones específicas del sistema de TI se dan en [Sistema de TI - Implementación de protecciones](#).

La eliminación de fallos se realiza de forma diferente en cada uno de los siguientes casos (ver **Fig. F36**):

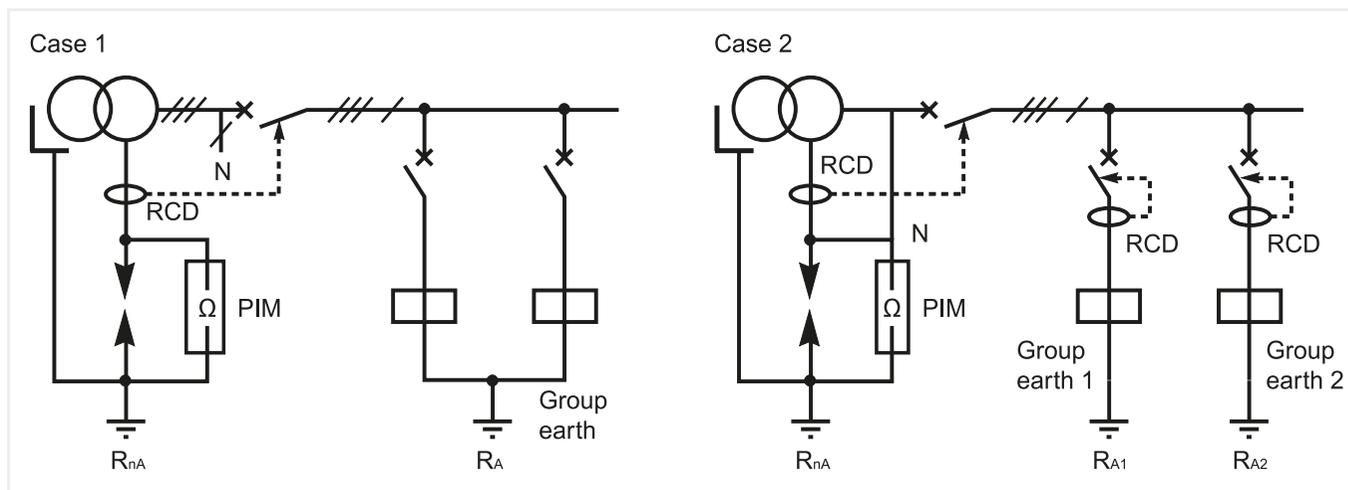
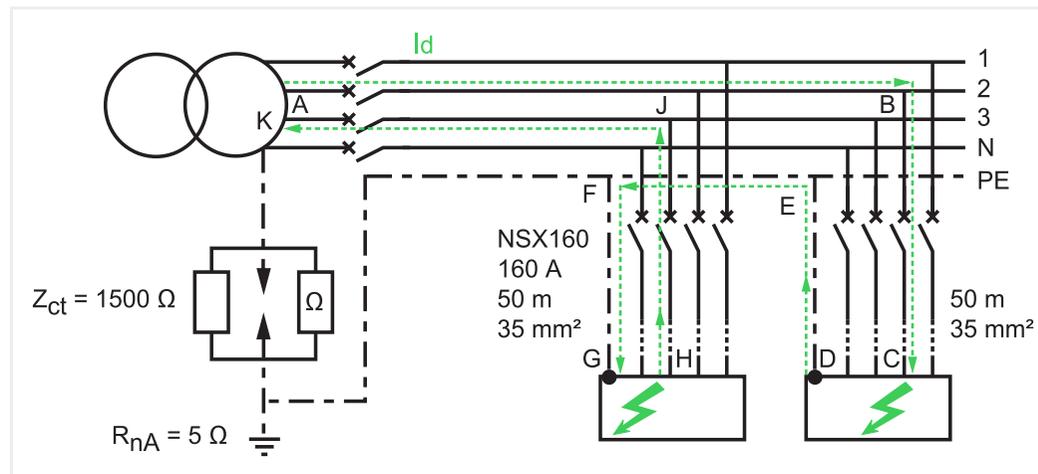


Fig. F36 – Dos situaciones diferentes a considerar**1er caso –**

Se trata de una instalación en la que todas las partes conductoras expuestas están unidas a un conductor PE común, como se muestra en la **Fig. F37**.

**Fig. F37** – Disparo del disyuntor en situación de doble falla cuando las partes conductoras expuestas están conectadas a un conductor de protección común

En este caso, no se incluyen electrodos de tierra en el camino de la corriente de falla, de modo que se garantiza un alto nivel de corriente de falla, y se utilizan dispositivos de protección contra sobrecorriente convencionales, es decir, disyuntores y fusibles.

Para ajustar los dispositivos de protección, se debe calcular la corriente de cortocircuito, utilizando uno de los diferentes métodos aplicables al sistema TN, como ya se presentó en [el sistema TN - Cálculo de la corriente de falla a tierra](#).

- Métodos de impedancia
- Método de composición
- Método convencional

La primera falla podría ocurrir al final de un circuito en una parte remota de la instalación, mientras que la segunda falla podría ubicarse en el extremo opuesto de la instalación.

Por esta razón, es convencional duplicar la impedancia de bucle de un circuito al calcular el nivel de configuración de falla anticipado para su(s) dispositivo(s) de protección contra sobrecorriente.

Cuando el sistema incluye un conductor neutro además de los conductores trifásicos, se producirán las corrientes de falla de cortocircuito más bajas si una de las (dos) fallas es del conductor neutro a tierra (los cuatro conductores están aislados de tierra en un sistema de TI). esquema). Por lo tanto, en instalaciones TI de cuatro hilos, se debe utilizar la tensión fase-neutro para calcular los niveles de protección contra cortocircuitos, es decir:

$$0.8 \frac{U_0}{2Z_c} \geq I_a^{[2]}$$

dónde

U_0 = tensión fase-neutro

Z_c = impedancia del circuito de corriente de falla del circuito (ver [sistema TN - Principio](#))

I_a = nivel de corriente para el ajuste de disparo

Si no hay ningún conductor neutro distribuido, entonces el voltaje a utilizar para el cálculo de la corriente de falla es el valor fase a fase, es decir

$$0.8 \frac{\sqrt{3}U_0}{2Z_c} \geq I_a^{[2]}$$

Los ajustes de los relés de disparo por sobrecorriente y las clasificaciones de los fusibles son los parámetros básicos que deciden la longitud máxima práctica del circuito que se puede proteger satisfactoriamente, como se analiza en [Sistema TN: cálculo de corriente de falla a tierra](#) .

Nota: En circunstancias normales, la ruta de la corriente de falla es a través de conductores PE comunes, uniendo todas las partes conductoras expuestas de una instalación, por lo que la impedancia del bucle de falla es suficientemente baja para garantizar un nivel adecuado de corriente de falla.

2do caso –

Se trata de **piezas conductoras expuestas que están conectadas a tierra individualmente** (cada pieza tiene su propio electrodo de tierra) **o en grupos separados** (un electrodo para cada grupo). Si todas las partes conductoras expuestas no están conectadas a un sistema de electrodos común, entonces es

posible que la segunda falla a tierra ocurra en un grupo diferente o en un aparato individual conectado a tierra por separado.

Se aplican las reglas del sistema TT.

Se requiere protección adicional a la descrita anteriormente para el caso 1, y consiste en un RCD asociado al disyuntor que controla cada grupo y cada aparato puesto a tierra individualmente.

La razón de este requisito es que los electrodos de grupo separado están "unidos" a través de la tierra, de modo que la corriente de cortocircuito entre fases generalmente estará limitada al pasar a través de la conexión a tierra por las resistencias de contacto del electrodo con la tierra, haciendo así protección por dispositivos de sobrecorriente poco confiable.

Por lo tanto, los RCD más sensibles son necesarios, pero la corriente de funcionamiento de los RCD debe exceder evidentemente la que se produce en un primer fallo (ver **Fig. F38**).

Fig. F38 – Correspondencia entre la capacitancia diferencial y la primera corriente de falla

Capacitancia de fuga (μF)	Primera corriente de falla (A)
1	0,07
5	0,36
30	2.17

Nota: 1 μF es la capacitancia de fuga típica de 1 km para un cable de 4 conductores.

Nota 1: Ver también: [Protección del conductor neutro](#) .

Nota 2: En instalaciones trifásicas de 4 hilos, la protección contra sobrecorriente en el conductor neutro a veces se logra más convenientemente utilizando un transformador de corriente tipo anillo sobre el conductor neutro de un solo núcleo (consulte la [Fig. F36](#)).

Notas

1. En el ejemplo se supone que la corriente de fuga resistiva a tierra a través del aislamiento es insignificante.
2. Basado en el "método convencional" señalado en el primer ejemplo de la sección [Método convencional](#)

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

Sistema informático - Implementación de protecciones

Protección por disyuntor

En el caso que se muestra en **la Fig. F37**, se deben decidir los ajustes de la unidad de disparo por sobrecorriente de retardo instantáneo y de corto tiempo. La protección contra cortocircuitos proporcionada por el disyuntor NSX160 es adecuada para eliminar un cortocircuito entre fases que se produce en los extremos de carga de los circuitos en cuestión.

Recordatorio: En un sistema IT, se supone que los dos circuitos involucrados en un cortocircuito entre fases tienen la misma longitud, con conductores de la misma sección transversal, siendo los conductores PE la misma sección transversal que los conductores de fase. En tal caso, la impedancia del bucle del circuito cuando se utiliza el método convencional será el doble de la calculada para uno de los circuitos en el caso TN.

La resistencia del bucle del circuito. $FGHJ = 2RJH = 2\rho \frac{L}{a}$ en $m\Omega$

dónde:

ρ = resistencia de una varilla de cobre de 1 metro de largo con una sección transversal de 1 mm^2 , en $m\Omega$

L = longitud del circuito en metros

a = sección transversal del conductor en mm^2

$FGHJ = 2 \times 23,7 \times 50/35 = 67,7 \text{ m}\Omega$ y la resistencia del bucle B, C, D, E, F, G, H, J será $2 \times 67,7 = 135 \text{ m}\Omega$.

Por lo tanto, la corriente de falla será

$$0.8 \times \sqrt{3} \times 230 \times 103 / 135 = 2361A.$$

Protección por fusibles

La corriente la para la cual se debe garantizar el funcionamiento del fusible en un tiempo especificado según lo anterior se puede encontrar en las curvas de funcionamiento del fusible, como se describe en la **Fig. F21**.

La corriente indicada debe ser significativamente menor que las corrientes de falla calculadas para el circuito en cuestión.

Protección por dispositivos de corriente residual (RCD)

Cuando las longitudes de los circuitos son inevitablemente largas, y especialmente si los aparatos de un circuito están conectados a tierra por separado (de modo que la corriente de falla pasa a través de dos electrodos de tierra), es posible que no sea posible un disparo confiable por sobrecorriente.

En este caso se recomienda un RCD en cada circuito de la instalación.

Sin embargo, cuando un sistema de TI está conectado a tierra mediante resistencia, se debe tener cuidado para garantizar que el RCD no sea demasiado sensible, o una primera falla puede causar un disparo no deseado.

El disparo de dispositivos de corriente residual que cumplen con los estándares IEC puede ocurrir en valores de $0,5 I_{\Delta n}$ a $I_{\Delta n}$, donde $I_{\Delta n}$ es el nivel de ajuste de corriente residual nominal.

Longitud máxima del circuito

El principio es el mismo para un sistema IT que para un sistema TN: el cálculo de las longitudes máximas de los circuitos que no deben superarse después de un disyuntor o de fusibles, para garantizar la protección mediante dispositivos de sobrecorriente.

Es claramente imposible verificar las longitudes de los circuitos para cada combinación factible de dos fallas concurrentes.

Sin embargo, todos los casos están cubiertos si el ajuste del disparo por sobrecorriente se basa en el supuesto de que ocurre una primera falla en el extremo remoto del circuito en cuestión, mientras que la segunda falla ocurre en el extremo remoto de un circuito idéntico, como ya se mencionó. Esto puede dar como resultado, en general, que solo se produzca un disparo (en el circuito con el nivel de ajuste de disparo más bajo), dejando así al sistema en una situación de primera falla, pero con un circuito defectuoso fuera de servicio.

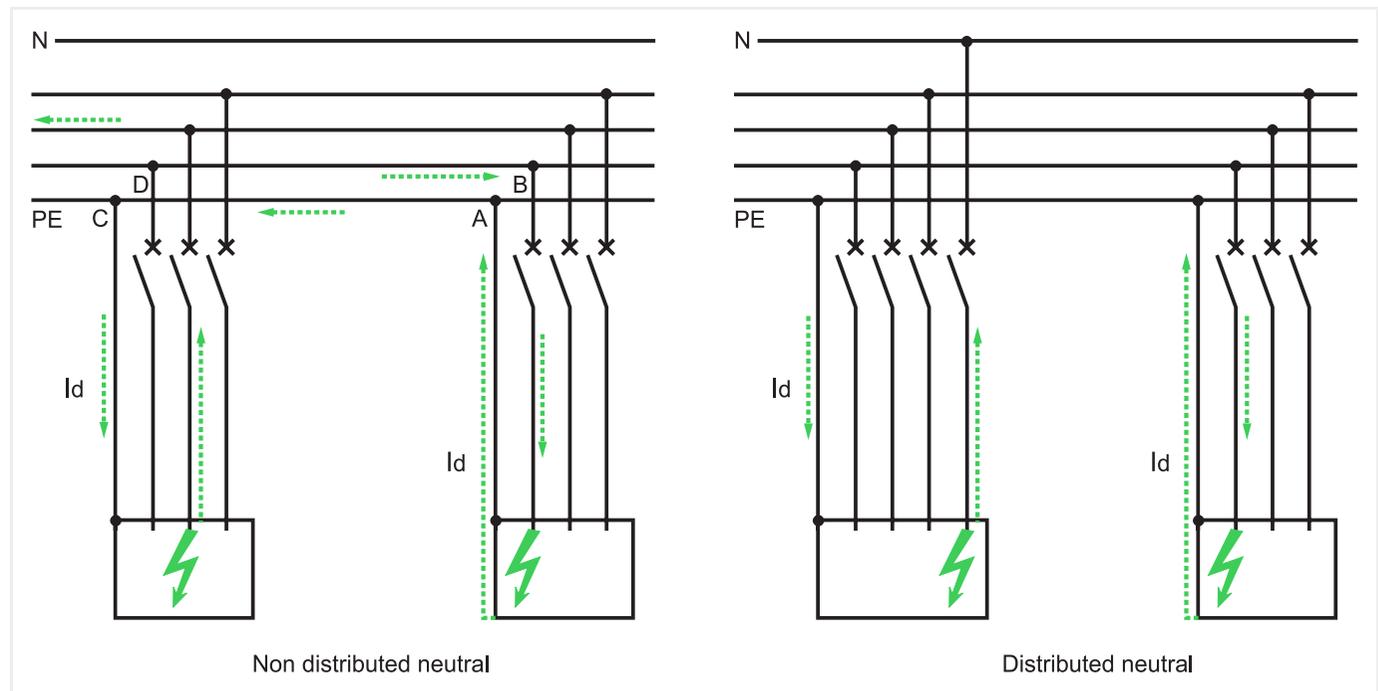


Fig. F39 – Cálculo de L_{max} para un sistema con conexión a tierra de TI, que muestra la ruta de corriente de falla para una condición de falla doble

- Para el caso de una instalación trifásica de 3 hilos el segundo fallo sólo puede provocar un cortocircuito fase/fase, por lo que la tensión a utilizar en la fórmula para la longitud máxima del circuito es $\sqrt{3}U_0$. La longitud máxima del circuito viene dada por:

$$L_{\max} = \frac{0.8 U_0 \sqrt{3} S_{ph}}{2 \rho I_a (1 + m)} \text{ metros}$$

- Para el caso de una instalación trifásica de 4 hilos, el valor más bajo de corriente de falla se producirá si una de las fallas está en un conductor neutro. En este caso, U_0 es el valor a utilizar para calcular la longitud máxima del cable, y

$$L_{\max} = \frac{0.8 U_0 S_1}{2 \rho I_a (1 + m)} \text{ metros}$$

es decir, sólo el 50% de la longitud permitida para un esquema TN ^[1]

En las fórmulas anteriores:

L_{max} = circuito más largo en metros

U₀ = tensión fase-neutro (230 V en un sistema de 230/400 V)

ρ = resistividad a temperatura de funcionamiento normal (23,7 x 10⁻³ Ω·mm²/m para cobre, 37,6 x 10⁻³ Ω·mm²/m para aluminio)

I_a = nivel de ajuste de disparo por sobrecorriente en amperios, o: **I_a** = corriente en amperios necesaria para limpiar el fusible en el tiempo especificado

m = S_{ph} / S_{PE}

S_{ph} = cross- área de sección de los conductores de fase del circuito en cuestión en mm²

S_{PE} = área de sección transversal del conductor PE en mm²

S₁ = S neutro si el circuito incluye un conductor neutro

S₁ = S_{ph} si el circuito no incluye un conductor neutro

Mesas

Las tablas que se muestran en **la Fig. F25 a la Fig. F28** se han establecido según el [“método convencional”](#)

.

Las tablas proporcionan longitudes máximas de circuito, más allá de las cuales la resistencia óhmica de los conductores limitará la magnitud de la corriente de cortocircuito a un nivel inferior al requerido para disparar el disyuntor (o fundir el fusible) que protege el circuito, con suficiente rapidez. para garantizar la seguridad contra el contacto indirecto. Las tablas consideran:

- El tipo de protección: disyuntores o fusibles, ajustes de corriente de funcionamiento.

- Área de sección transversal de conductores de fase y conductores de protección.
- Tipo de esquema de puesta a tierra
- Factor de corrección: **Fig. F40** indica el factor de corrección a aplicar a las longitudes dadas en las tablas **Fig. F25** a **Fig. F28** , cuando se considera un sistema IT.

Fig. F40 – Factor de corrección a aplicar a las longitudes indicadas en las tablas **Fig. F25** a **Fig. F28** para sistemas IT

Circuito	Material conductor	m = Sph/SPE (o PEN)			
		metro = 1	metro = 2	metro = 3	metro = 4
3 fases	Cobre	0,86	0,57	0,43	0,34
	Aluminio	0,54	0,36	0,27	0,21
Trifásico + N o Monofásico + N	Cobre	0,50	0,33	0,25	0,20
	Aluminio	0,31	0,21	0,16	0,12

Ejemplo

Una instalación trifásica de 3 hilos de 230/400 V está conectada a tierra informática.

Uno de sus circuitos está protegido por un disyuntor de 63 A y consta de un cable con núcleo de aluminio y conductores de fase de 50 mm². El conductor PE de 25 mm² también es de aluminio. ¿Cuál es la longitud máxima del circuito por debajo de la cual el relé de disparo magnético instantáneo del disyuntor garantiza la protección de las personas contra los riesgos de contacto indirecto?

La Fig. F26 indica 603 metros, a los que se les debe aplicar un factor de corrección de 0,36 (m = 2 para cable de aluminio).

Por tanto, la longitud máxima es de 217 metros.

Tiempos máximos de disparo

Los tiempos de desconexión del sistema IT dependen de cómo se interconecten las diferentes tomas de tierra de la instalación y de la subestación.

Para los circuitos finales (= circuitos con una corriente nominal no superior a 63 A con una o más bases de enchufe, y 32 A que alimentan únicamente equipos que utilizan corriente conectados fijos), el tiempo máximo de disparo es el mismo que en el sistema TN (ver **Fig. F19**).

Para los demás circuitos dentro del mismo grupo de partes conductoras expuestas interconectadas, el tiempo máximo de desconexión es de 5 segundos. Esto se debe a que cualquier situación de doble falla dentro de este grupo resultará en una corriente de cortocircuito como en el sistema TN.

Para circuitos finales (= circuitos con una corriente nominal no superior a 63 A con una o más tomas de corriente, y 32 A que suministran únicamente equipos fijos conectados que utilizan corriente) que tienen sus partes conductoras expuestas conectadas a un electrodo de tierra independiente eléctricamente separado de el electrodo de tierra de la subestación, el tiempo máximo de disparo se indica en **la Fig. F13** . Para los demás circuitos dentro del mismo grupo de partes conductoras expuestas no interconectadas, el tiempo máximo de desconexión es de 1 segundo. Esto se debe a que cualquier situación de falla doble resultante de una falla de aislamiento dentro de este grupo y otra falla de aislamiento de otro grupo generará una corriente de falla limitada por las diferentes resistencias del electrodo de tierra como en el sistema TT.

Notas

1. Recordatorio: No existe límite de longitud para la protección de falla a tierra en un esquema TT, ya que la protección la brindan RCD de alta sensibilidad.

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

Sistema informático - Aspectos prácticos

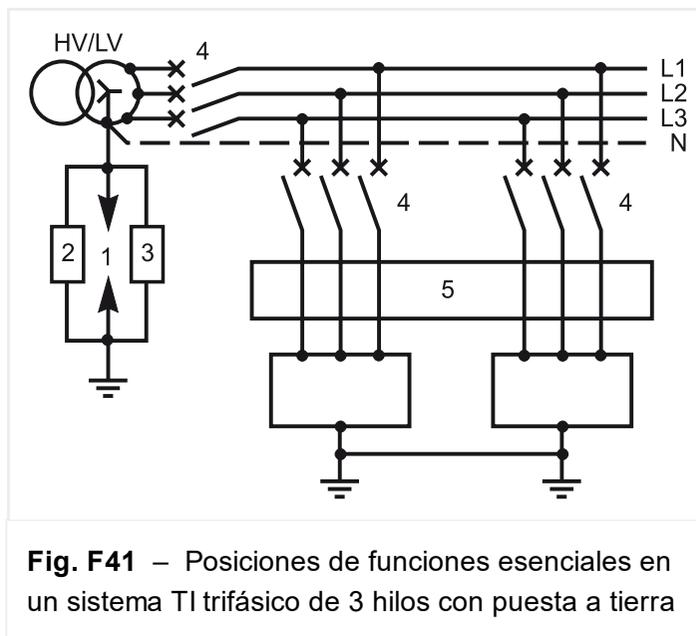


Fig. F42 – Funciones esenciales en esquemas de TI y ejemplos con productos Schneider Electric

Funciones mínimas requeridas	Componentes y dispositivos	Ejemplos
Protección contra sobretensiones a frecuencia industrial.	(1) Limitador de voltaje	Cardew C
Resistencia de tierra neutra (para variación de impedancia de tierra)	(2) Resistencia	Impedancia Zx
Monitor de falla a tierra general con alarma para la primera condición de falla	(3) Monitor de aislamiento permanente PIM con función de alarma	Vigilohm IM10 o IM400

Eliminación automática de faltas en caso de segunda falta y protección del conductor neutro contra sobrecorriente	(4) Disyuntores tetrapolares (si el neutro está distribuido) se disparan los 4 polos	Disyuntor compacto o RCD-MS
Ubicación de la primera falla	(5) Con dispositivo de localización de fallos en sistema bajo tensión, o por apertura sucesiva de circuitos	Vigilohm XGR+XRM o XD312 o XL308

Principio de la vigilancia de fallos a tierra.

Un generador de corriente alterna de muy baja frecuencia, o de corriente continua (para reducir los efectos de la capacitancia del cable a niveles insignificantes) aplica un voltaje entre el punto neutro del transformador de suministro y tierra. Esta tensión hace que circule una pequeña corriente en función de la resistencia de aislamiento a tierra de toda la instalación, más la de cualquier aparato conectado.

Los instrumentos de baja frecuencia se pueden utilizar en sistemas de CA que generan componentes de CC transitorios en condiciones de falla. Algunas versiones pueden distinguir entre componentes resistivos y capacitivos de la corriente de fuga.

Los equipos modernos permiten medir la evolución de la corriente de fuga, de modo que se puede lograr la prevención de una primera falla.

Ejemplos de equipos

Localización manual de fallos

(ver **Figura F43**)

El generador puede ser fijo (ejemplo: IM400) o portátil (ejemplo: XGR que permite comprobar circuitos muertos) y el receptor, junto con el sensor de captación de tipo pinza magnética, son portátiles.

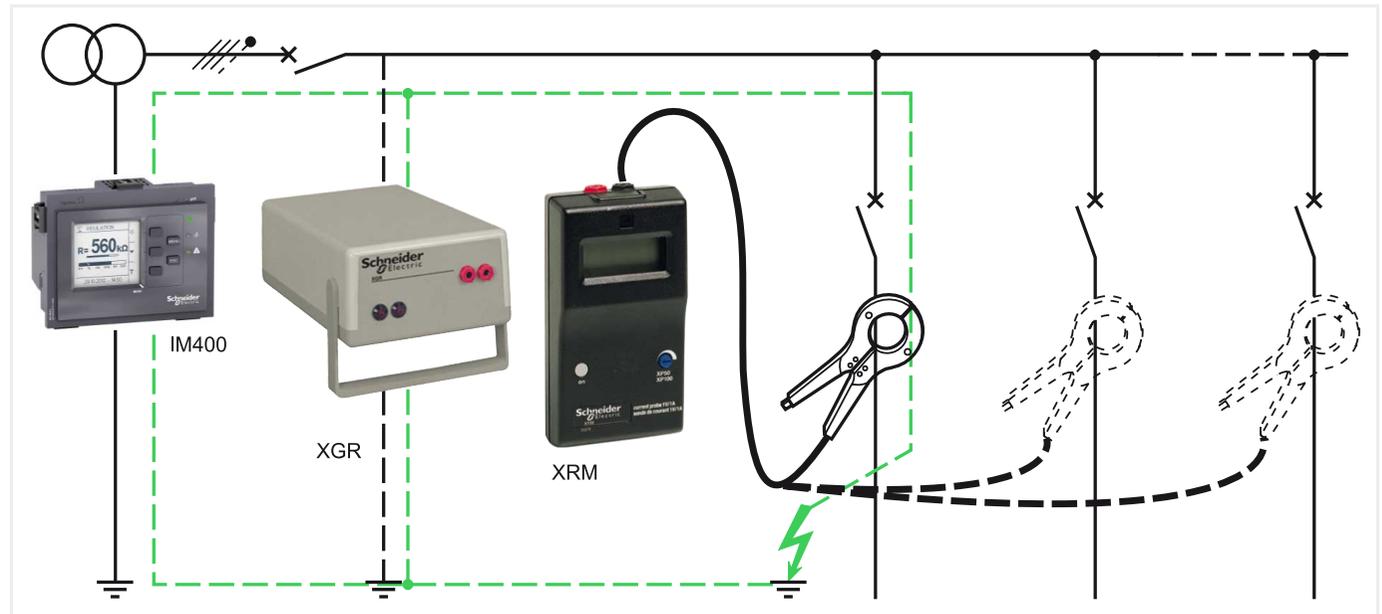


Fig. F43 – Localización de fallas no automática (manual)

Localización automática de fallos fija.

(ver Figura F44)

El PIM IM400, junto con los detectores fijos XD301 o XD312 (cada uno de ellos conectado a un TC toroidal que abraza los conductores del circuito en cuestión) proporcionan un sistema de localización automática de fallos en una instalación bajo tensión.

Además, se indica el nivel de aislamiento para cada circuito monitoreado y se verifican dos niveles: el primer nivel advierte de una resistencia de aislamiento inusualmente baja para que se puedan tomar medidas preventivas, mientras que el segundo nivel indica una condición de falla y emite una alarma.

La supervisión aguas arriba puede centralizar los niveles de aislamiento y capacitancia gracias a la comunicación modbus integrada IM400.

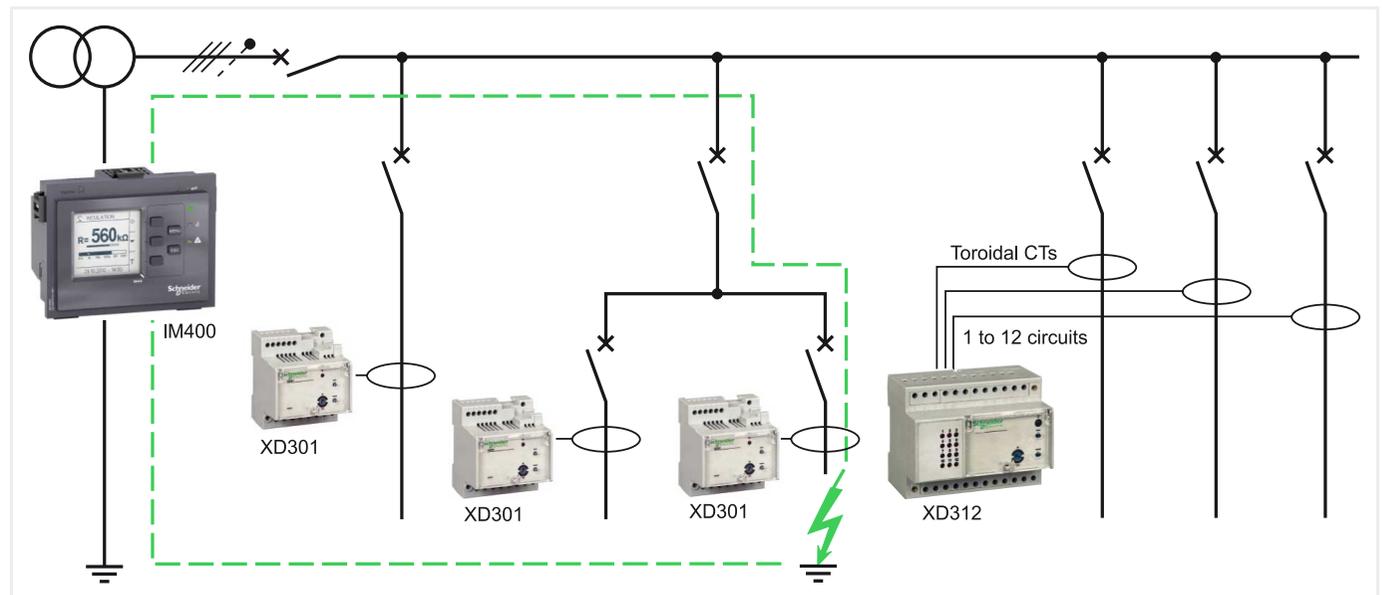


Fig. F44 – Localización de fallos automáticos fijos

Monitoreo, registro y localización de fallas automáticos

(ver **Figura F45**)

Con el sistema VigiloHM conectado a un sistema de supervisión a través de la comunicación Modbus RS485, es posible que un sistema de supervisión centralizado monitoree el nivel y el estado del aislamiento a nivel global, así como para cada alimentador.

El monitor central XM300, junto con los detectores de localización XL308 y XL316, asociados a TC toroidales de varios circuitos, como se muestra en la **Figura F45** , proporcionan los medios para esta explotación automática.

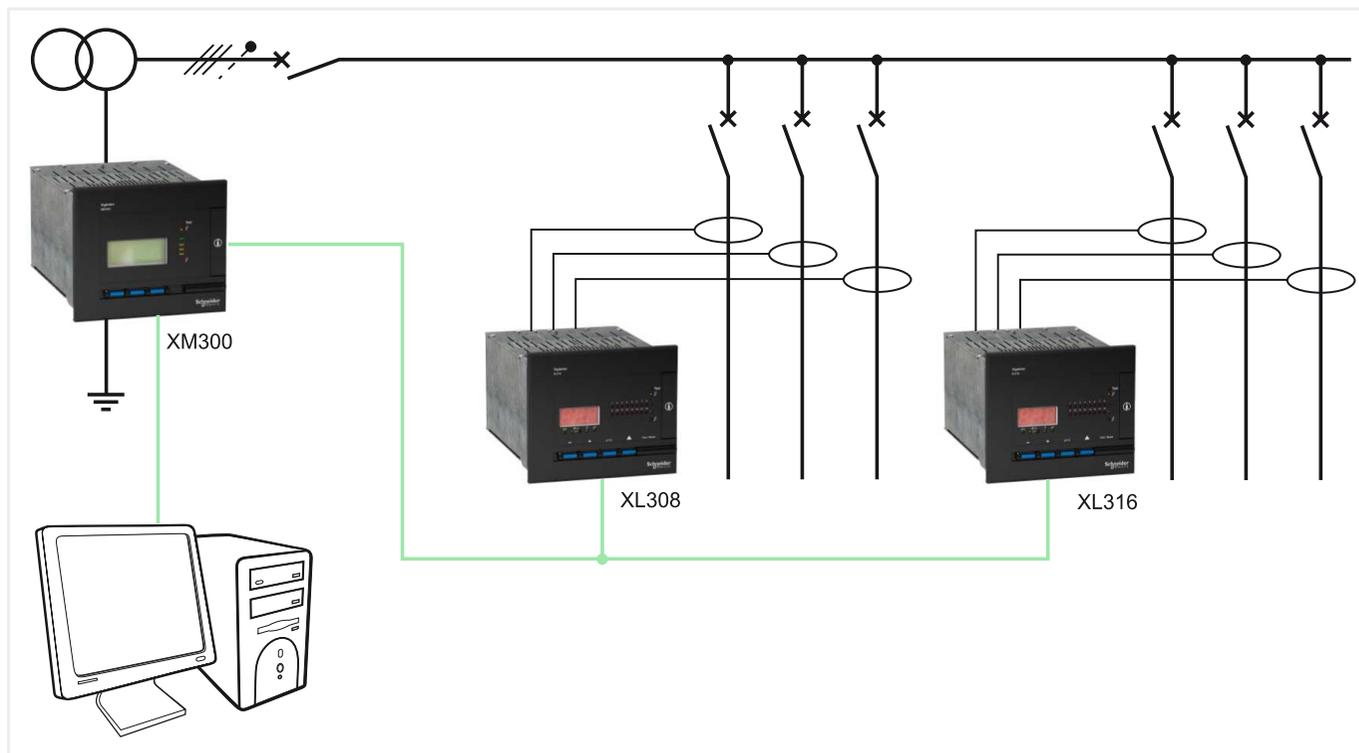


Fig. F45 – Localización automática de fallos y registro de datos de resistencia de aislamiento

Implementación de dispositivos permanentes de monitoreo de aislamiento (PIM)

Conexión

El dispositivo PIM normalmente se conecta entre el punto neutro (o neutro artificial) del transformador de alimentación y su electrodo de tierra.

Suministrar

El suministro de energía al dispositivo PIM debe provenir de una fuente altamente confiable. En la práctica, esto generalmente se realiza directamente desde la instalación que se está monitoreando, a través de dispositivos de protección contra sobrecorriente con una clasificación de corriente de cortocircuito adecuada.

Configuraciones de nivel

Algunas normas nacionales recomiendan un primer ajuste un 20% por debajo del nivel de aislamiento de la nueva instalación. Este valor permite detectar una reducción de la calidad del aislamiento, siendo necesario adoptar medidas de mantenimiento preventivo en una situación de fallo incipiente.

El nivel de detección de alarma de fallo a tierra se establecerá en un nivel mucho más bajo.

A modo de ejemplo, los dos niveles podrían ser:

- Nivel de aislamiento de nueva instalación: 100 k Ω
- Corriente de fuga sin peligro: 300 mA (riesgo de incendio en $I > 300$ mA)
- Niveles de indicación fijados por el consumidor:
 - Umbral para mantenimiento preventivo: $0,8 \times 100 = 80$ k Ω

- Umbral de alarma de cortocircuito: 500 Ω

Notas

- Tras un largo período de parada, durante el cual toda o parte de la instalación permanece sin tensión, la humedad puede reducir el nivel general de resistencia del aislamiento.
- Esta situación, que se debe principalmente a una fuga de corriente sobre la superficie húmeda de un aislamiento sano, no constituye una condición de falla y mejorará rápidamente a medida que el aumento normal de temperatura de los conductores portadores de corriente reduzca la humedad de la superficie.
- Algunos dispositivos PIM (IM20, IM400 y XM300) pueden medir por separado los componentes resistivos y capacitivos de la corriente de fuga a tierra, derivando así la verdadera resistencia de aislamiento a partir de la corriente de fuga permanente total.

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



Dispositivos de corriente residual (RCD)

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

Descripción de los RCD

Las características esenciales se muestran esquemáticamente en **la Figura F46** .

Un núcleo magnético engloba a todos los conductores portadores de corriente de un circuito eléctrico y el flujo magnético generado en el núcleo dependerá en cada instante de la suma vectorial de las corrientes; las corrientes que pasen en una dirección se considerarán positivas (I_1), mientras que las que pasen en la dirección opuesta serán negativas (I_2).

En un circuito normalmente sano $I_1 + I_2 = 0$ y no habrá flujo en el núcleo magnético y cero fem en su bobina.

Una corriente de falla a tierra I_d pasará a través del núcleo hasta la falla, pero regresará a la fuente a través de tierra o mediante conductores de protección en un sistema TN con conexión a tierra.

Por lo tanto, el equilibrio de corriente en los conductores que pasan a través del núcleo magnético ya no existe y la diferencia da lugar a un flujo magnético en el núcleo.

La corriente diferencial se conoce como corriente "residual" y el principio se conoce como principio de "corriente residual".

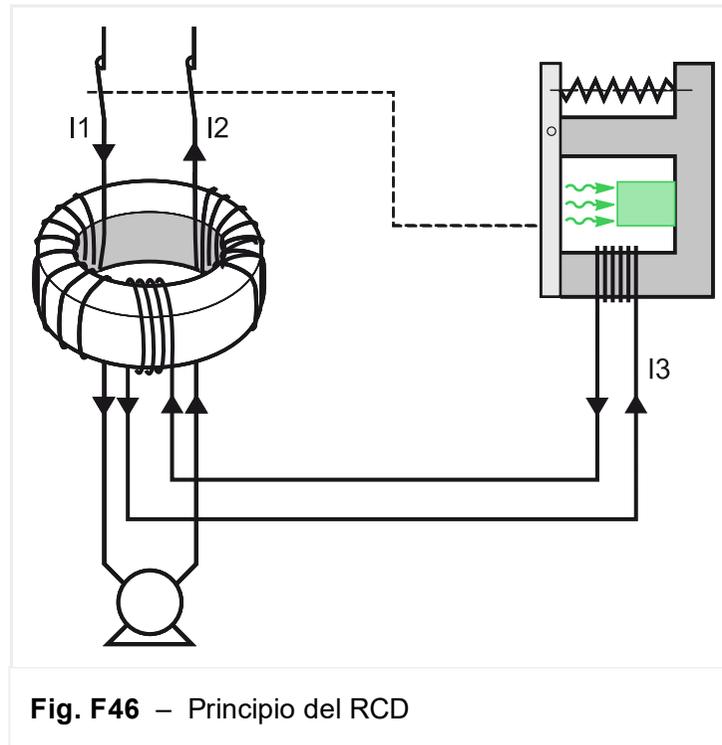


Fig. F46 – Principio del RCD

En la tecnología **Independiente de Voltaje (VI)** (**Figura F47a**), el flujo alterno resultante en el núcleo induce una fem en su bobina, de modo que fluye una corriente I3 en la bobina operativa del dispositivo de disparo. Si la corriente residual excede el valor requerido para operar el dispositivo de disparo, ya sea directamente o mediante un relé electrónico, entonces se disparará el disyuntor asociado. La energía necesaria para disparar el mecanismo proviene directamente de la corriente residual, independientemente del voltaje de la línea.

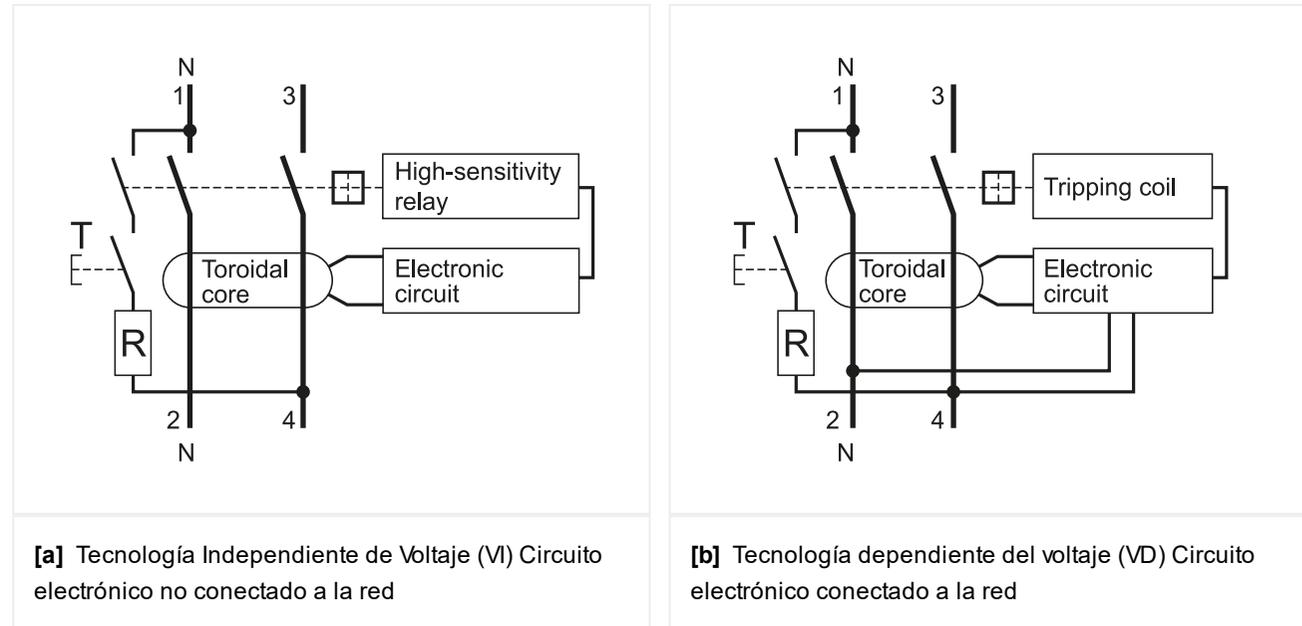
Con esta tecnología, cualquiera que sea la tensión de línea (es decir, incluso en caso de ruptura del neutro o caída de tensión < 50 V), el RCD puede dispararse en caso de que la corriente residual supere el valor requerido para funcionar.

Con la tecnología **Dependiente del Voltaje (VD)** (**Figura F47b**), el transformador sumador de corriente mide la corriente residual, un circuito electrónico detecta el nivel de disparo y luego envía una orden a la unidad de disparo para abrir el circuito protegido. En este caso, la alimentación del circuito electrónico y la energía para la unidad de disparo provienen de la tensión de línea.

Con esta tecnología, el RCD podrá detectar pero no disparar si el voltaje de la línea es demasiado bajo, porque el circuito electrónico y las unidades de disparo necesitan ser alimentados.

La tensión mínima de la línea de alimentación es de 50 V para permitir el disparo.

Fig. F47 – Las 2 tecnologías de RCD



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

Factores de forma de los RCD

Los dispositivos de corriente residual (RCD) comúnmente se incorporan o asocian con los siguientes componentes:

- Disyuntores de caja moldeada de tipo industrial (MCCB) y disyuntores de aire (ACB) conformes a IEC 60947-2 y anexo B o M
- Disyuntores miniatura de tipo industrial (MCB) conformes a IEC 60947-2 y su anexo B o M
- Disyuntores miniatura (MCB) para uso doméstico y similares que cumplen con IEC 60898, IEC 61008, IEC 61009, IEC 62423
- Interruptor de carga residual conforme a normas nacionales particulares
- Relés con transformadores de corriente toroidales (tipo anillo) separados, conformes a IEC 60947-2 anexo M

Los RCD se utilizan obligatoriamente en el origen de instalaciones TT puestas a tierra, donde su capacidad de coordinación con otros RCD permite un disparo selectivo, asegurando así el nivel de continuidad del servicio requerido.

Disyuntores de tipo industrial con módulo RCD integrado o adaptable

(ver **figura F48**)

Los disyuntores industriales con un RCD integrado están cubiertos en IEC 60947-2 y su anexo B.

Fig. F48 – CB de tipo industrial con módulo RCD



Se encuentran disponibles disyuntores de corriente residual adaptables, incluidas unidades montadas en carril DIN (por ejemplo, Compact o Acti 9), a las que se les puede asociar un módulo RCD auxiliar (por ejemplo, Vigi).

El conjunto proporciona una amplia gama de funciones de protección (aislamiento, protección contra cortocircuitos, sobrecargas y fallas a tierra).

Disyuntores miniatura domésticos y similares con RCD

(ver **figura F49**)

Los disyuntores domésticos o domésticos con un RCD integrado están cubiertos en IEC 60898, IEC 61008 e IEC 61009.

Fig. F49 – Disyuntores de corriente residual (RCCB) domésticos para protección contra fugas a tierra

RCD con transformador de corriente toroidal independiente

(ver **figura F50**)

Los RCD con transformadores de corriente toroidales separados están estandarizados en IEC 60947-2 anexo M

Los RCD con CT toroidales separados se pueden utilizar en asociación con disyuntores

Fig. F50 – RCD con transformadores de corriente toroidales separados (Vigirex)



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

Tipos de RCD

La corriente residual de falla podría tomar varias formas de onda dependiendo de las características de la carga. Los siguientes tipos de RCD se definen en IEC 60755, para una protección adecuada de diferentes formas de corriente residual:

Tipo CA

Los RCD de tipo AC detectan corrientes alternas sinusoidales residuales. Los RCD de tipo AC son adecuados para uso general y cubren la mayoría de las aplicaciones en la práctica.

Escribe un

Además de las características de detección de los RCD de tipo CA, los RCD de tipo A detectan corriente residual de CC pulsante. Estas formas de onda pueden ser causadas por un circuito rectificador de diodos o tiristores en cargas electrónicas. Los RCD tipo A están diseñados específicamente para usarse con cargas electrónicas monofásicas de clase 1.

Tipo F

Los RCD tipo F son un nuevo tipo de RCD introducido recientemente en IEC 62423 y IEC60755. Además de las características de detección de los RCD tipo A, los RCD tipo F están especialmente diseñados para la protección de circuitos donde se pueden utilizar variadores de velocidad monofásicos. En estos circuitos, la forma de onda de la corriente residual podría ser una combinación de múltiples frecuencias, incluida la frecuencia del motor, la frecuencia de conmutación del convertidor y la frecuencia de línea. Por motivos de eficiencia energética, el uso de convertidores de frecuencia en determinadas cargas (lavadora, aire acondicionado,...) está aumentando, y los RCD tipo F cubrirán esas nuevas aplicaciones.

El tipo F también tiene características mejoradas de resistencia a perturbaciones (sin disparo ante sobrecorriente). Son capaces de disparar incluso si se superpone una corriente continua pura de 10 mA a una corriente diferencial CC sinusoidal o pulsada.

Tipo B

Los RCD tipo B pueden detectar corrientes alternas sinusoidales, CC pulsantes, compuestas de multifrecuencia y corrientes residuales CC suaves. Además, se definen condiciones de disparo con diferentes frecuencias desde 50Hz hasta 1kHz. En una red de distribución eléctrica de CA, una corriente residual de CC pura se puede generar principalmente a partir de circuitos rectificadores trifásicos, pero también a partir de algunos rectificadores monofásicos específicos.

Los RCD de tipo B están destinados a cargas con rectificador trifásico, como variadores de velocidad, sistemas fotovoltaicos, estaciones de carga de vehículos eléctricos y equipos médicos.

La Fig. F51 resume la definición de diferentes tipos de RCD, con su principal aplicación y formas de onda. Cabe señalar que los diferentes tipos de RCD (AC, A, F y B) están encajados unos dentro de otros como muñecas rusas: el tipo B, por ejemplo, también cumple con los requisitos del tipo F, el tipo A y el tipo AC. .

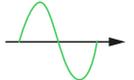
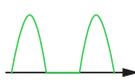
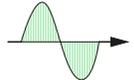
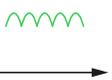
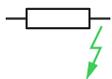
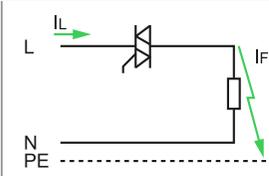
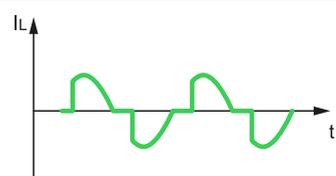
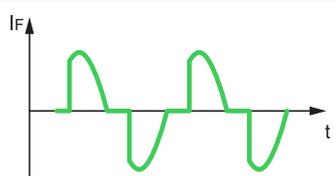
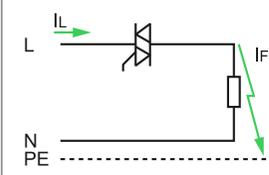
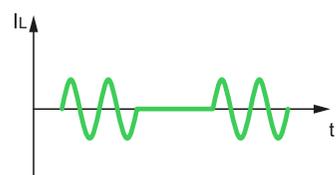
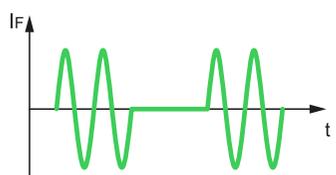
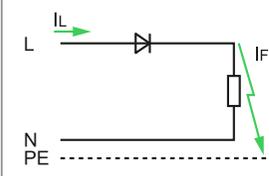
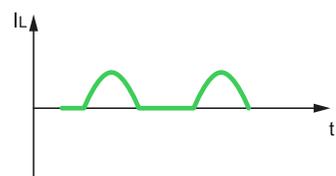
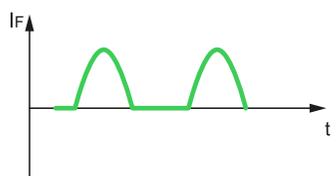
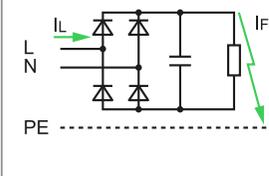
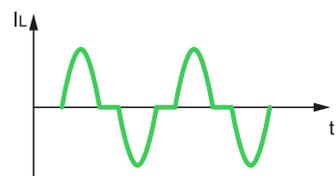
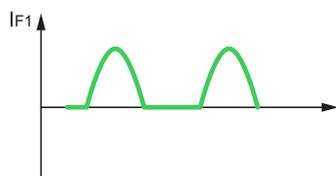
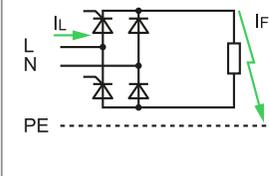
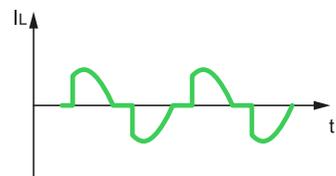
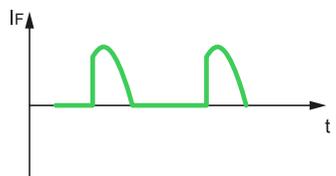
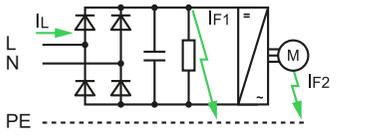
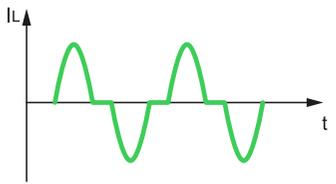
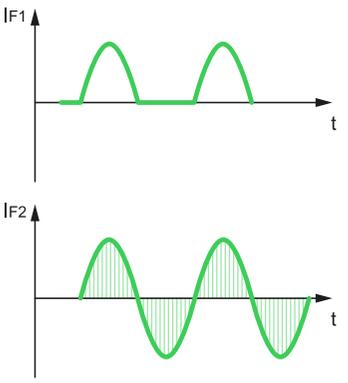
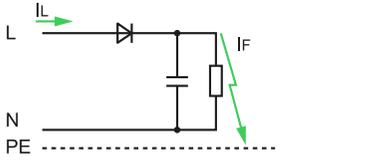
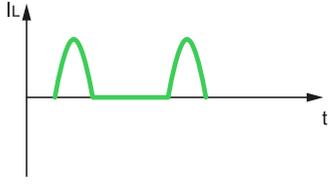
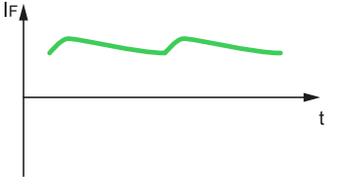
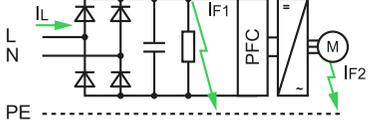
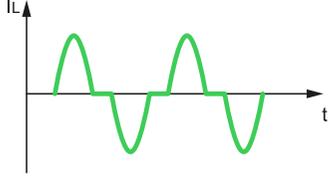
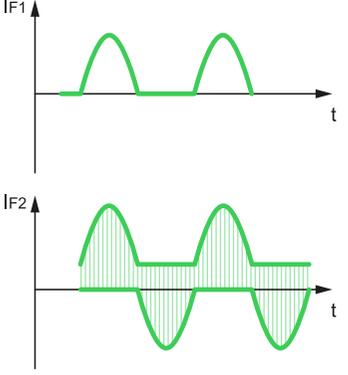
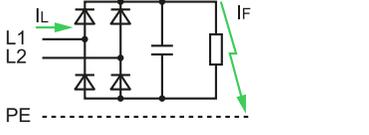
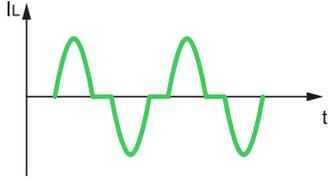
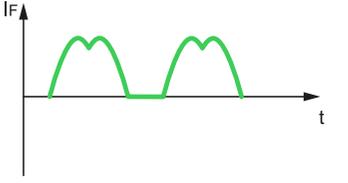
Type	Type			
	AC 	A 	F 	B 
I fault				
Load				
	linear	single phase rectifier	single phase frequency converter	3 phase rectifier

Fig. F51 –Diferentes tipos de RCD

El anexo B de IEC 60755 proporciona, para diferentes arquitecturas de carga electrónica, las posibles formas de onda de carga y corriente residual, y propone los tipos de RCD adecuados para cada caso. (ver **figura F52**)

Fig. F52 – Posibles corrientes de falla en cargas electrónicas y tipos de RCD adecuados - IEC 60755

	Diagrama de circuito con localización de fallos.	Forma de la corriente de línea I_L	Forma de la corriente de defecto a tierra I_F	Característica de disparo RCD
1	control de fase 			CA, A, F, B
2	Control de ráfagas 			CA, A, F, B
3	Fase única 			A, F, B
4	Puente de dos pulsos 			A, F, B
5	Puente de dos pulsos, medio controlado. 			A, F, B

6	<p>Convertidor de frecuencia con puente de dos pulsos</p>				<p>F, B</p>
7	<p>Monofásico con alisado</p>				<p>B</p>
8	<p>Convertidor de frecuencia con puente de dos pulsos y PFC</p>				<p>B</p>
9	<p>Puente de dos pulsos entre fases.</p>				<p>B</p>

10	<p>Convertidor de frecuencia con puente de dos pulsos entre fases.</p>				B
11	<p>Estrella trifásica</p>				B
12	<p>Puente de seis pulsos</p>				B
13	<p>Convertidor de frecuencia con puente de seis pulsos</p>				B

Esta página se editó por última vez el 4 de agosto de 2022 a las 07:35.

Sensibilidad de los RCD a las perturbaciones.

En determinados casos, aspectos del entorno pueden perturbar el correcto funcionamiento de los RCD:

- **Disparo “molesto”** : Interrupción del suministro eléctrico sin que la situación sea realmente peligrosa. Este tipo de disparos suele ser repetitivo, provocando grandes molestias y perjudicando la calidad del suministro eléctrico del usuario.
- **sin tropiezo** , en caso de peligro. Aunque son menos perceptibles que los disparos bruscos, estos fallos deben examinarse atentamente, ya que perjudican la seguridad del usuario.

Principales tipos de perturbaciones eléctricas

Corrientes de fuga a tierra permanentes

Toda instalación de BT tiene una corriente de fuga permanente a tierra, que se debe a:

- Desequilibrio de la capacitancia intrínseca entre conductores activos y tierra para circuitos trifásicos o
- Capacitancia entre conductores activos y tierra para circuitos monofásicos.

Cuanto mayor sea la instalación, mayor será su capacitancia con el consiguiente aumento de la corriente de fuga.

La corriente capacitiva a tierra a veces aumenta significativamente mediante el filtrado de condensadores asociados a equipos electrónicos (automatización, sistemas informáticos e informáticos, etc.).

A falta de datos más precisos, la corriente de fuga permanente en una determinada instalación puede estimarse a partir de los siguientes valores, medidos a 230 V 50 Hz:

- Línea monofásica o trifásica: 1,5 mA/100m
- Suelo radiante: 1mA/kW
- Terminal de fax, impresora: 1 mA
- Microcomputadora, estación de trabajo: 2 mA
- Fotocopiadora: 1,5 mA

Dado que los RCD que cumplen con IEC y muchas normas nacionales pueden disparar entre $0,5 I_{\Delta n}$ e $I_{\Delta n}$, para corrientes residuales superiores a $0,5 I_{\Delta n}$ se recomienda dividir la instalación subdivisión de circuitos para evitar disparos no deseados.

Para casos muy particulares, como la ampliación o renovación parcial de instalaciones TI ampliadas con puesta a tierra, se deberá consultar a los fabricantes.

Los componentes de alta frecuencia (armónicos, transitorios, etc.), son generados por fuentes de alimentación de equipos informáticos, convertidores, motores con reguladores de velocidad, sistemas de iluminación fluorescente y en las proximidades de dispositivos de conmutación de alta potencia y bancos de compensación de energía reactiva.

Parte de estas corrientes de alta frecuencia pueden fluir a tierra a través de capacitancias parásitas. Aunque no son peligrosas para el usuario, estas corrientes aún pueden causar disparos molestos de los dispositivos diferenciales.

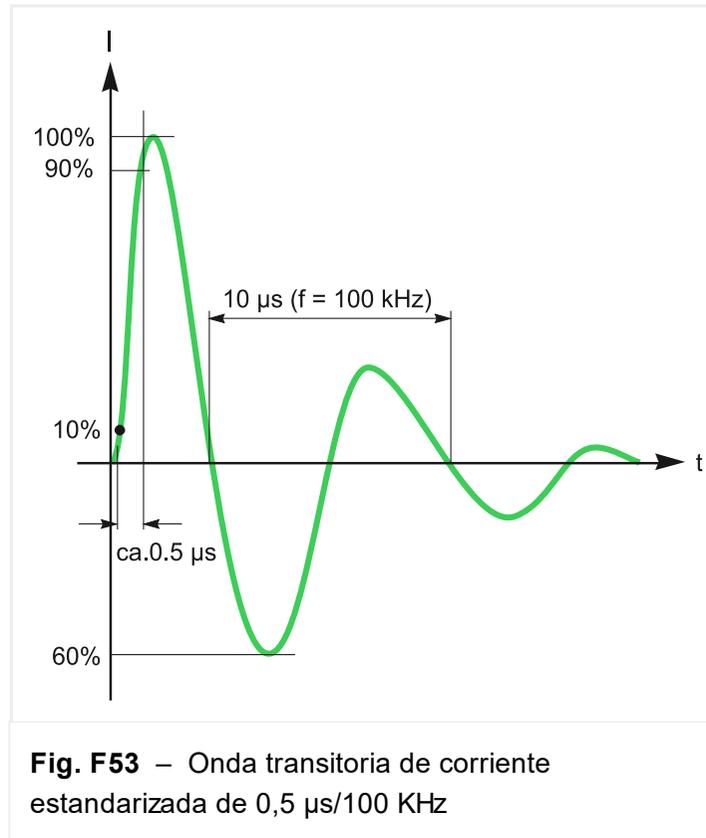
Los RCD de tipo SI tienen una curva de respuesta de frecuencia específica diseñada para evitar disparos molestos cuando hay presentes corrientes residuales de alta frecuencia no peligrosas.

Energización

La energización inicial de las capacitancias mencionadas anteriormente da lugar a corrientes transitorias de alta frecuencia de muy corta duración, similar a la que se muestra en la **Figura F53**.

La aparición repentina de un primer fallo en un sistema TI puesto a tierra también provoca corrientes de fuga a tierra transitorias de alta frecuencia, debido al aumento repentino de las dos fases sanas a la tensión fase/fase sobre tierra.

Los RCD de tipo SI presentan un pequeño retardo de disparo, lo que permite dejar pasar esta corriente transitoria sin disparos molestos.



Sobretensiones en modo común

Las redes eléctricas están sujetas a sobretensiones debido a la caída de rayos o a cambios bruscos en las condiciones de funcionamiento del sistema (fallos, funcionamiento de fusibles, maniobras, etc.).

Estos cambios repentinos a menudo causan grandes voltajes y corrientes transitorias en circuitos inductivos y capacitivos. Los registros han establecido que, en los sistemas de BT, las sobretensiones generalmente permanecen por debajo de 6 kV y que pueden representarse adecuadamente mediante la onda de impulso convencional de 1,2/50 μ s (consulte la **Figura F54**).

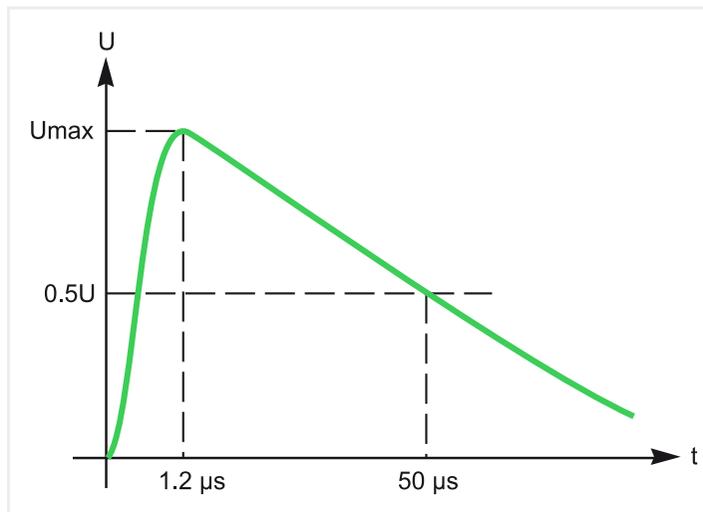


Fig. F54 – Onda transitoria de voltaje estandarizada de 1,2/50 μs

Estas sobretensiones dan lugar a corrientes transitorias representadas por una onda de impulso de corriente de la forma convencional de 8/20 μs , que tiene un valor máximo de varias decenas de amperios (consulte la **Figura F55**).

Las corrientes transitorias fluyen a tierra a través de las capacidades de la instalación.

Los RCD de tipo SI ofrecen una alta capacidad de sobretensión y pueden soportar un impulso de corriente de 8/20 μs superior a 3 kA.

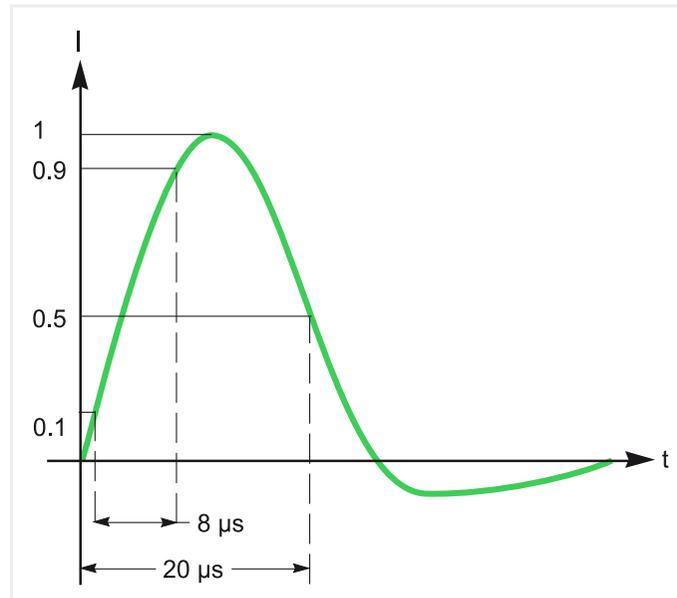


Fig. F55 – Onda de impulso de corriente estandarizada 8/20 µs

Principales tipos de perturbaciones climáticas

Frío

En los casos de temperaturas inferiores a -5°C , los relés electromecánicos de muy alta sensibilidad en el RCD pueden ser "soldados" por la acción de condensación-congelación.

Los dispositivos del tipo "SI" pueden funcionar a temperaturas de hasta -25°C .

Atmósferas con altas concentraciones de productos químicos o polvo.

Las aleaciones especiales utilizadas para fabricar los RCD pueden resultar especialmente dañadas por la corrosión. El polvo también puede bloquear el movimiento de las piezas mecánicas.

Ver las medidas a tomar según los niveles de severidad definidos por las normas en **la Figura F56**.

La normativa define la elección de la protección diferencial y su implementación.

El texto de referencia principal es [IEC 60364-5-51](#) :

- Da una clasificación (AFx) para influencias externas en presencia de sustancias corrosivas o contaminantes,
- Define la elección de los materiales a utilizar en función de las influencias extremas.

Fig. F56 – Clasificación de influencias externas según norma IEC 60364-5-51

Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes (IEC 60364-5-51)		Influencia de la red eléctrica		Características requeridas para la selección y montaje de equipos.
		Red limpia	Red perturbada	
AF1	Presencia insignificante	Protecciones de corriente residual inmunizadas estándar Tipo CA: 	Protecciones de corriente residual superinmunizadas Tipo ASI: 	Normal
AF2	Presencia significativa de origen atmosférico	Protecciones de corriente residual superinmunizadas Tipo ASI: 		Según la naturaleza de las sustancias (por ejemplo, cumplimiento de la prueba de niebla salina según IEC 60068-2-11)
AF3	Exposición intermitente o accidental a sustancias químicas corrosivas o contaminantes	Protecciones de corriente residual superinmunizadas Tipo ASI: + Protección adicional adecuada (gabinete o unidad sellados) 		Protección contra la corrosión según especificación del equipo.
AF4	Sometimiento continuo a sustancias químicas corrosivas o contaminantes	Protecciones de corriente residual superinmunizadas Tipo ASI: + Protección adicional adecuada (armario o unidad sellada + sobrepresión) 		Equipos especialmente diseñados según la naturaleza de las sustancias.

Ejemplos de sitios expuestos	Influencias externas
Trabajos siderúrgicos.	Presencia de azufre, vapores de azufre, sulfuro de hidrógeno.
Puertos deportivos, puertos comerciales, embarcaciones, orillas del mar, astilleros navales.	Ambientes salinos, exterior húmedo, temperaturas bajas.
Piscinas, hospitales, alimentos y bebidas.	Compuestos clorados.
Petroquímicos.	Hidrógeno, gases de combustión, óxidos de nitrógeno.
Instalaciones de cría, propinas.	Sulfuro de hidrógeno.

Inmunidad de los RCD tipo SI a disparos intempestivos

Los RCD tipo SI han sido diseñados para evitar disparos molestos o no disparos en caso de red contaminada, efecto de rayos, corrientes de alta frecuencia, ondas de RF, etc.

La **figura F57** a continuación indica los niveles de pruebas a las que se someten este tipo de RCD.

Fig. F57 – Pruebas de inmunidad a disparos bruscos realizadas por los RCD de Schneider Electric

Tipo de perturbación	Onda de prueba nominal	Inmunidad Acti 9, ID-RCCB, DPN Vigi, Vigi iC60, Vigi C120, Vigi NG125 tipo SI
Perturbaciones continuas		
Armónicos	1kHz	Corriente de fuga a tierra = $8 \times I_{\Delta n}$
perturbaciones transitorias		
Sobretensión inducida por rayos	Pulso de 1,2 / 50 μ s (IEC/EN 61000-4-5)	4,5 kV entre conductores 5,5 kV / tierra
Corriente inducida por el rayo	Pulso de 8/20 μ s (IEC/EN 61008)	pico de 5kA

Conmutación de corrientes de rayo indirectas y transitorias	0,5 μ s / 100 kHz "onda anular" (IEC/EN 61008)	400 Apico
Operación de descargador de sobretensiones aguas abajo, carga de capacitancia	pulso de 10 ms	500 A
Compatibilidad electromagnética		
Conmutación de carga inductiva, luces fluorescentes, motores, etc.)	ráfagas repetidas (IEC 61000-4-4)	5 kV / 2,5 kHz 4 kV / 400 kHz
Luces fluorescentes, circuitos controlados por tiristores, etc.	ondas conducidas por RF (nivel 4 IEC 61000-4-6) (nivel 4 IEC 61000-4-16)	30 V (150 kHz a 230 MHz) 250 mA (de 15 kHz a 150 kHz)
Ondas de RF (TV y radio, radiodifusión, telecomunicaciones, etc.)	Ondas radiadas de RF de 80 MHz a 1 GHz (IEC 61000-4-3)	30 V/m

Recomendaciones relativas a la instalación de RCD con transformadores de corriente toroidales separados

El detector de corriente residual es un circuito magnético cerrado (generalmente circular) de muy alta permeabilidad magnética, sobre el cual está enrollada una bobina de alambre, constituyendo el conjunto un transformador de corriente toroidal (o de tipo anillo).

Debido a su alta permeabilidad, cualquier pequeña desviación de la simetría perfecta de los conductores comprendidos por el núcleo y la proximidad de material ferroso (recinto de acero, miembros del chasis, etc.) pueden afectar suficientemente el equilibrio de fuerzas magnéticas, en momentos de gran carga. corrientes (corriente de arranque del motor, sobretensión de corriente de activación del transformador, etc.) que provoquen un disparo no deseado del RCD.

A menos que se tomen medidas especiales, la relación entre la corriente de funcionamiento $I_{\Delta n}$ y la corriente de fase máxima I_{ph} (máx.) es generalmente inferior a 1/1000.

Este límite se puede aumentar sustancialmente (es decir, la respuesta se puede desensibilizar) adoptando las medidas que se muestran en **la Figura F58** y se resumen en **la Figura F59**.

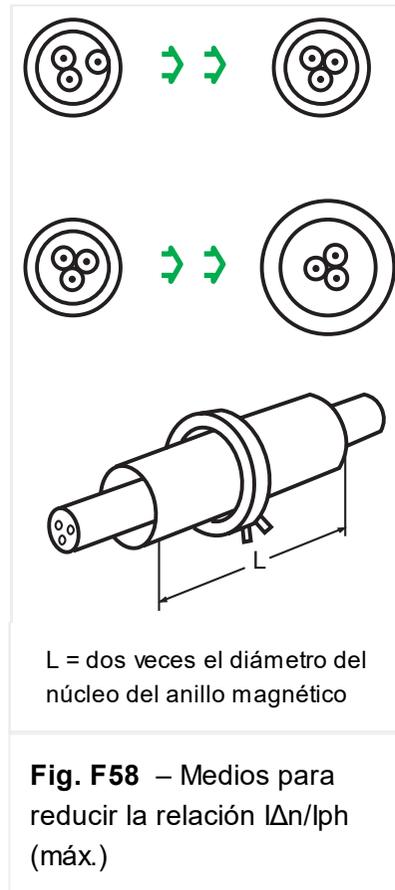


Fig. F59 – Medios para reducir la relación $\Delta n/lph$ (máx.)

Medidas	Diámetro (mm)	Factor de disminución de la sensibilidad
Centralización cuidadosa de los cables a través del núcleo del anillo.		3
Sobredimensionamiento del núcleo del anillo	$\varnothing 50 \rightarrow \varnothing 100$	2
	$\varnothing 80 \rightarrow \varnothing 200$	2
	$\varnothing 120 \rightarrow \varnothing 300$	6
Uso de una funda protectora de acero o hierro dulce	$\varnothing 50$	4
• De espesor de pared 0,5 mm	$\varnothing 80$	3

• De longitud 2 x diámetro interior del núcleo del anillo	∅120	3
• Rodeando completamente los conductores y superponiendo el núcleo circular por igual en ambos extremos.	∅200	2

Estas medidas se pueden combinar. Centralizando cuidadosamente los cables en un núcleo anular de 200 mm de diámetro, donde un núcleo de 50 mm sería suficiente, y utilizando un manguito, la relación 1/1000 podría convertirse en 1/30000.

Elección de las características de un disyuntor diferencial (RCCB - IEC 61008)

Corriente nominal

La corriente nominal de un RCCB se elige en función de la corriente de carga máxima sostenida que transportará.

- Si el RCCB está conectado en serie y aguas abajo de un disyuntor, la corriente nominal de ambos elementos será la misma, es decir, $I_n \geq I_{n1}$ (consulte (a) de la **Figura F60**).
- Si el RCCB está ubicado aguas arriba de un grupo de circuitos, protegido por disyuntores, como se muestra en (b) de la **Figura F60** , entonces la corriente nominal del RCCB vendrá dada por: $I_n \geq k_u \times k_s (I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} + I_{n4})$

Requisitos de resistencia electrodinámica

La protección contra cortocircuitos debe ser proporcionada por un SCPD (dispositivo de protección contra cortocircuitos) aguas arriba. La coordinación entre el RCCB y los SCPD es necesaria, y los fabricantes generalmente proporcionan tablas que asocian los RCCB y los disyuntores o fusibles.

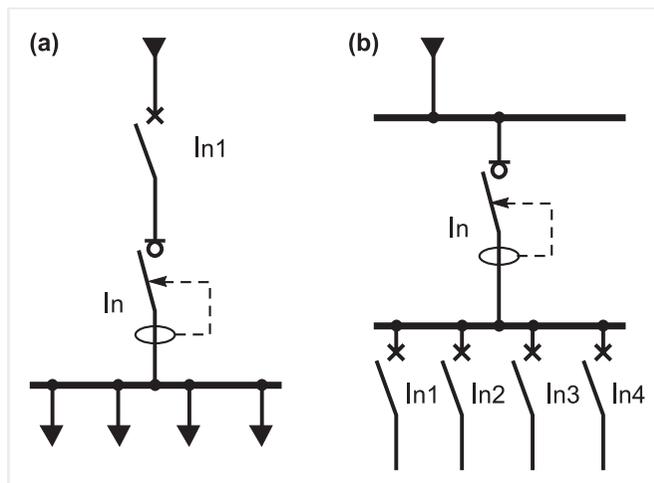


Fig. F60 – Disyuntores de corriente residual (RCCB)

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

Coordinación de dispositivos de protección contra corriente residual.

La selectividad entre RCD se logra mediante retardo de tiempo o mediante la subdivisión de circuitos, que luego se protegen individualmente o por grupos, o mediante una combinación de ambos métodos.

Esta selectividad evita el disparo de cualquier RCD, excepto el inmediatamente anterior a una posición de fallo.

La selectividad debe verificarse en todos los niveles de la distribución, normalmente:

- En el tablero de distribución general principal
- En los tableros de distribución general locales
- En los tableros de subdistribución
- En las tomas de corriente para la protección individual de los aparatos

Los párrafos siguientes explican cómo lograr la selectividad entre RCD. Pero tenga en cuenta que la sensibilidad de la protección contra fallas, si es por RCD, también debe ser consistente con la resistencia máxima de puesta a tierra de las partes expuestas y conductoras extrañas del equipo aguas abajo de este RCD.

Selectividad entre RCD

Los dispositivos de corriente residual son, por diseño, muy sensibles a fallas y deben coordinarse adecuadamente para lograr una selectividad total, además de la selectividad de protección contra sobrecorriente.

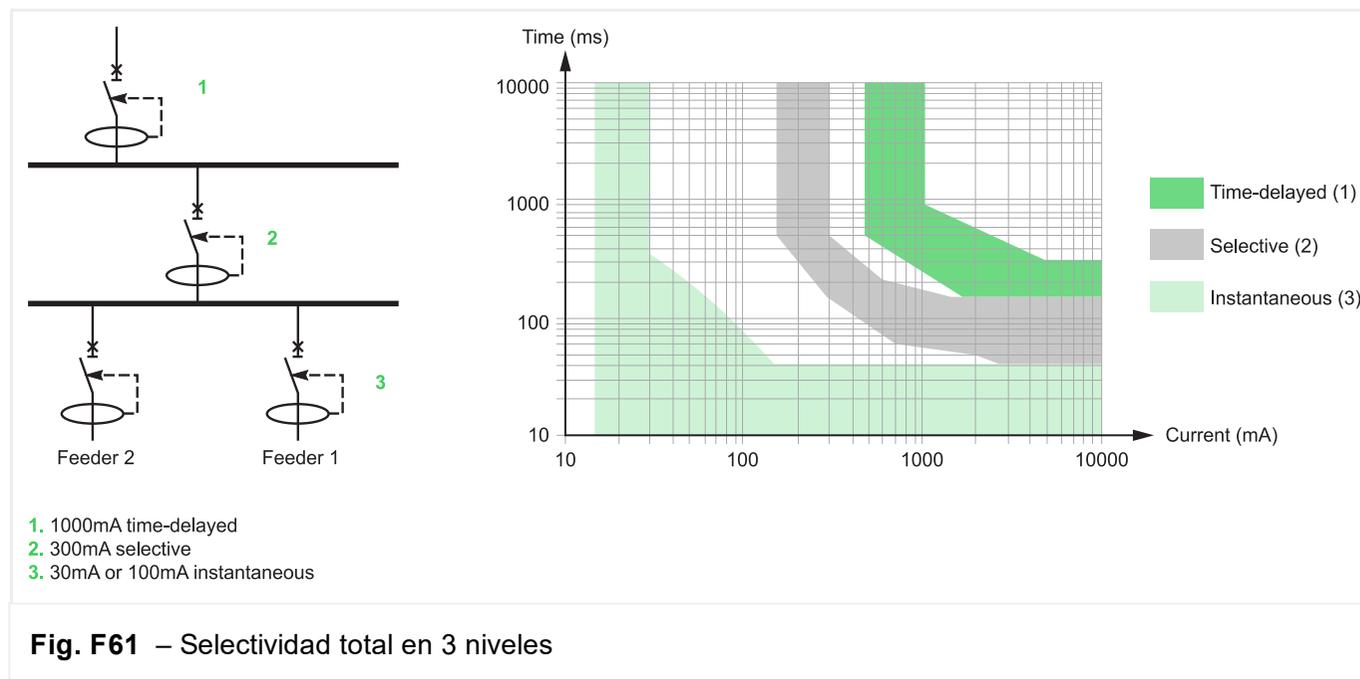
Los diferentes tipos de RCD están cubiertos por diferentes normas (IEC/EN 61009-1, IEC/EN 60947-2 Anexo B o Anexo M, IEC 61008). De todos modos, sea cual sea el tipo de RCD, se aplican las siguientes reglas para lograr la selectividad entre RCD, según las normas IEC:

- la sensibilidad del dispositivo de corriente residual aguas arriba debe ser al menos igual a tres veces la sensibilidad del dispositivo de corriente residual aguas abajo, y

- el dispositivo de corriente residual aguas arriba debe ser:
 - del tipo (o ajuste) selectivo (S) si el dispositivo de corriente residual aguas abajo es de tipo instantáneo,
 - del tipo retardado (R) (o ajuste) si el dispositivo de corriente residual aguas abajo es de tipo selectivo.

El tiempo mínimo de no disparo del dispositivo aguas arriba será, por tanto, superior al tiempo máximo de disparo del dispositivo aguas abajo para todos los valores de corriente.

La **Figura F61** es un ejemplo de aplicación de estas reglas para lograr la selectividad de RCD con 3 niveles.



Algunos fabricantes proponen ofertas de RCD con una precisión de medición de la corriente de fuga a tierra mejor que el mínimo requerido por las normas. En ese caso, la relación de sensibilidad para lograr la selectividad entre los RCD ascendentes y descendentes puede ser inferior a 3.

Como ejemplo, Schneider Electric ofrece VigiPacT y MicroLogic Vigi que pueden ser selectivos con relaciones que van de 1,25 a 2, dependiendo de los otros RCD aguas arriba/aguas abajo. Para conocer los valores exactos de las relaciones aplicables a las ofertas de RCD de Schneider Electric, consulte la sección

"Selectividad de los RCD" en la última ["Información técnica complementaria - Guía de selectividad, conexión en cascada y coordinación"](#) ^[1]

Ejemplo de selectividad hasta 4 niveles.

Ejemplo de instalación con 4 niveles de selectividad RCD (**Figura F62**).

Proteccion

- Nivel 1: RCD retardado (configuración III)
- Nivel 2: RCD retardado (configuración II)
- Nivel 3: RCD selectivo o retardado (estado I)
- Nivel 4: RCD instantáneo

Nota: La configuración del interruptor diferencial aguas arriba debe respetar las reglas de selectividad y tener en cuenta todas las corrientes diferenciales aguas abajo.

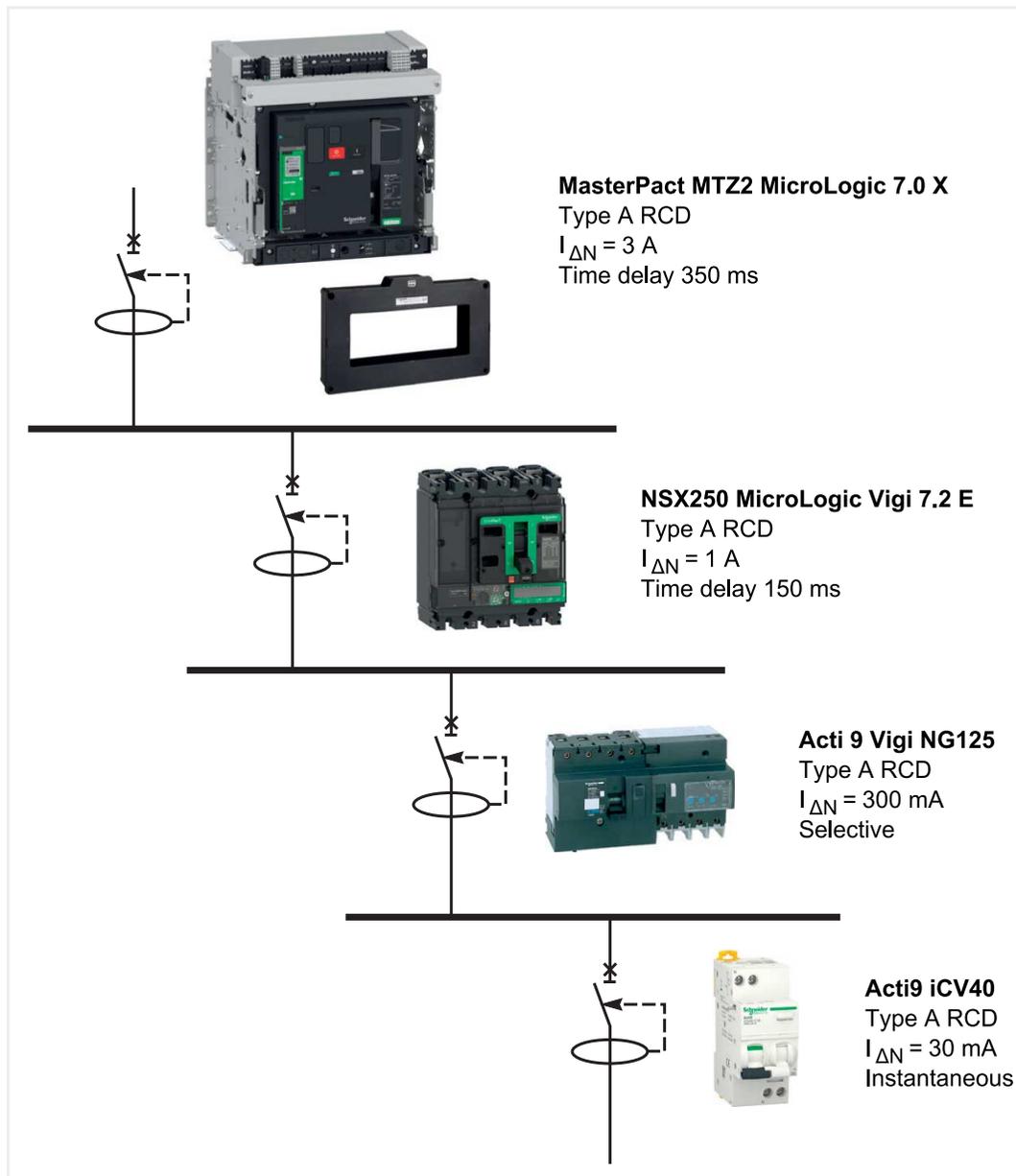


Fig. F62 – Ejemplo de instalación con selectividad de RCD en 4 niveles

Notas

1. Para obtener más información sobre los diferentes tipos y la selección de RCD, también puede consultar la [guía de protección contra fallas a tierra](#).

Guías técnicas relacionadas



Guía de selectividad, cascada y coordinación

Obtenga toda la información requerida para verificar la robustez del diseño de su distribución eléctrica, considerando sobrecargas y cortocircuitos.

Combine los beneficios de la selectividad y la cascada para maximizar la disponibilidad de energía de su diseño de BT a un costo optimizado.

Encuentre los datos de coordinación de Schneider Electric para ACB, MCCB, MCB, interruptores, canalizaciones eléctricas (canales colectores), arrancadores de motor y más.

[Descarga la guía \(.pdf\)](#)

Esta página se editó por última vez el 27 de abril de 2022 a las 08:36.

Selección de RCD en presencia de corrientes de fuga a tierra CC

Los RCD que están conectados en serie o en paralelo a un RCD de tipo B pueden “ver” toda o parte de la corriente de fuga de CC no peligrosa que pasa a través de este RCD de tipo B antes de dispararse. **Por lo tanto, es fundamental comprobar que no estén cegados por esta corriente de fuga CC y que siempre puedan ofrecer protección en caso de fallo de CA en la parte de la red para la que fueron especificados.**

Ciertas cargas (o fuentes) pueden generar potencialmente corriente de fuga a tierra de CC en funcionamiento normal: ejemplos típicos son las estaciones de carga de vehículos eléctricos ^[1], los variadores de velocidad (VSD) y los inversores fotovoltaicos utilizados para el autoconsumo.

Los RCD asociados con estas cargas (fuentes) generalmente deben ser de tipo B. Para las estaciones de carga de vehículos eléctricos ^[1], también es posible utilizar RCD de tipo A/F con RDC-DD de 6 mA. Los siguientes párrafos se centran únicamente en los RCD de tipo B.

La corriente de fuga CC generada por las cargas pasará a través del RCD tipo B, sin que se dispare el RCD, si este valor de corriente CC permanece por debajo de $2 \cdot I_{\Delta n}$ (umbral máximo de disparo CC según la norma de producto RCD IEC 62423).

En consecuencia, los RCD conectados en serie o en paralelo con este RCD de tipo B “verán” toda o parte de esta corriente de fuga CC no peligrosa. **Por tanto, es fundamental comprobar que estos RCD no pierden prestaciones en presencia de esta corriente residual CC**. El riesgo potencial se denomina “cegamiento RCD”: la corriente continua puede premagnetizar la bobina de disparo del RCD y hacerla insensible a un fallo de corriente alterna en el circuito que protegen, por lo que no podrán garantizar su función de protección.

En la Fig. F63 se muestra un ejemplo sencillo , donde se instala un RCD tipo B de 30 mA en serie con un RCD aguas arriba. El RCD tipo B de 30 mA deja pasar casi 60 mA de corriente residual CC sin dispararse. Esta corriente de 60 mA es vista por el RCD aguas arriba. El problema: los RCD estándar distintos del tipo B generalmente no funcionarán correctamente en presencia de esta corriente de 60 mA.

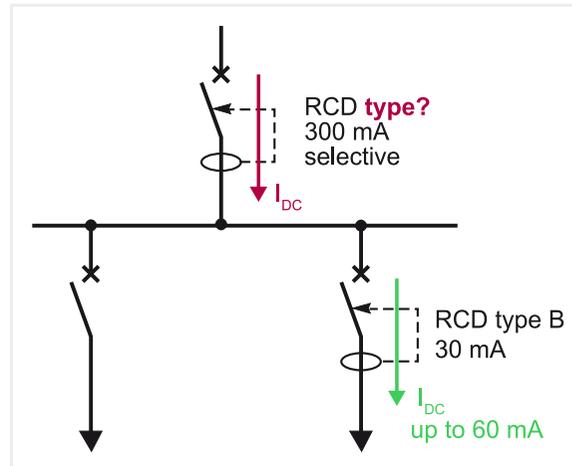


Fig. F63 – Ejemplo de arquitectura en la que la corriente de fuga a tierra de CC puede cegar los RCD que no son de tipo B

Para afrontar este escenario existen diferentes soluciones que se detallan en los siguientes párrafos:

- Seleccione todos los RCD afectados por esta corriente CC como tipo B
- Para el circuito protegido por el RCD tipo B, conéctelo lo más alto posible en la arquitectura eléctrica , para colocarlo en paralelo con otros RCD en lugar de en serie, para reducir significativamente el riesgo de ceguera.
- Compruebe si en su lugar se pueden utilizar otros tipos de RCD anteriores (AC, A, F) .
- seleccione RCD que estén diseñados para tolerar corrientes CC más altas sin perder ningún rendimiento de protección, como lo proponen ciertos fabricantes

También puede influir el esquema de puesta a tierra de la instalación .

La solución fácil de seleccionar: utilice únicamente RCD de tipo B

La solución más sencilla es utilizar únicamente RCD tipo B, como se muestra en **la Fig. F64** a continuación, ya que están diseñados para funcionar correctamente en presencia de corrientes CC.

Sin embargo, utilizar únicamente RCD de tipo B en toda la instalación puede resultar costoso.

Y cuando se agregan circuitos adicionales que requieren RCD tipo B (cargadores de vehículos eléctricos, por ejemplo) a una instalación existente, cambiar el RCD ascendente existente puede resultar difícil.

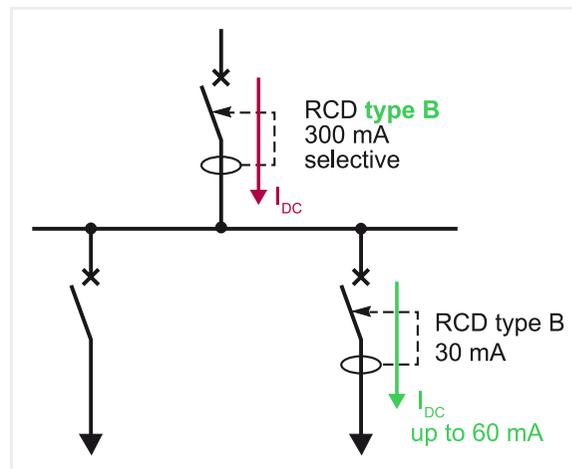


Fig. F64 – La solución más sencilla = elegir un RCD de tipo B antes de otro RCD de tipo B, para simplificar la selección y evitar el riesgo de cegamiento

Conecte el circuito protegido por el RCD tipo B, lo más alto

posible en la arquitectura eléctrica.

Otra posible solución, cuando corresponda, es conectar el circuito protegido por el RCD de tipo B, más arriba en la arquitectura eléctrica, por ejemplo, en paralelo con los RCD (existentes), en lugar de en serie (hacia abajo).

La corriente de fuga de CC que deja pasar el RCD tipo B en funcionamiento normal sigue siendo la misma (hasta $2 \times I_{\Delta n}$), pero sólo una fracción de esta corriente se "verá" y podría afectar a los RCD cuando se instalen en paralelo con este tipo B. RCD.

En el sistema de puesta a tierra TN, los RCD en paralelo no ven la corriente de fuga (ver [más abajo](#)), por lo que cualquier tipo de RCD es adecuado.

En el sistema de puesta a tierra TT, el riesgo de cegamiento se reduce significativamente en comparación con un escenario en el que los RCD se instalan en serie. Aún es esencial verificar que los RCD en paralelo no estén cegados por esta corriente continua potencial.

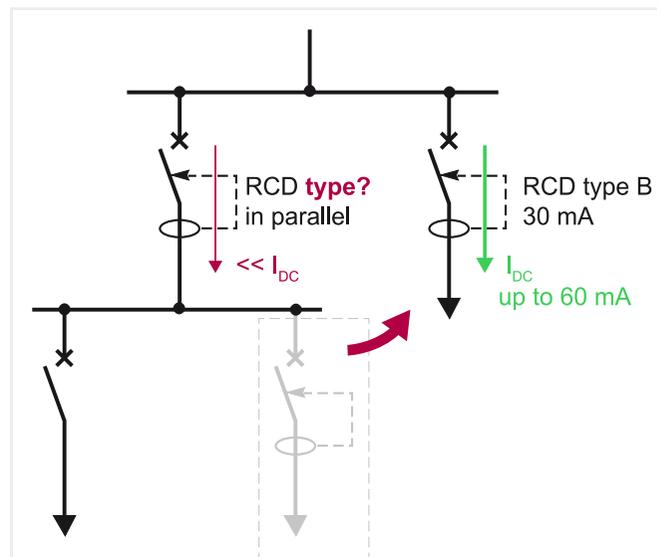


Fig. F65 – Conecte el circuito protegido por los RCD tipo B, lo más alto posible en la arquitectura eléctrica. El RCD en paralelo solo verá una fracción ($\ll I_{DC}$) de la corriente de fuga dejada

por el RCD tipo B (I_{DC}), en comparación con un RCD en serie (100% de I_{DC})

Compruebe si otros tipos de RCD distintos del tipo B pueden aceptar corriente de fuga de CC sin quedar cegados.

El valor máximo de corriente CC aceptable para los RCD (distintos del tipo B) sin ningún efecto cegador está definido por las normas IEC para productos RCD. Este valor máximo de corriente CC depende del tipo de RCD, como se muestra en **la Fig. F66**.

Fig. F66 – Corriente CC máxima aceptable para RCD según las normas IEC

Tipo de RCD	Norma relacionada	Máx. corriente continua
Tipo CA	CEI 61008/61009	0
Escribe un	CEI 61008/61009	6mA
Tipo F	CEI 62423	10mA

En concreto, a modo de ejemplo, sólo es posible instalar un RCD tipo B aguas arriba de otro RCD tipo B de 30 mA: la corriente que puede dejar pasar por el tipo B aguas abajo es de 60 mA, superior a los 10 mA máximos aceptables para un RCD no -RCD tipo B.

Sin embargo, ciertos fabricantes como Schneider Electric ofrecen RCD tipo A y tipo F que pueden tolerar un mayor nivel de corriente residual CC, eliminando así el riesgo de cegamiento, como se detalla a continuación.

Seleccione RCD que no sean de tipo B con mejor rendimiento "no ciego", de fabricantes como Schneider Electric

Ciertos fabricantes proponen RCD que no son de tipo B que toleran un mayor nivel de corriente residual de CC sin quedar cegados. Esto permite utilizar RCD que no sean de tipo B y así optimizar la instalación.

Para dar un ejemplo específico, **la Fig. F67** ilustra la "tabla de coordinación" para los RCD de Schneider Electric que están conectados en serie con un RCD tipo B de Schneider Electric.

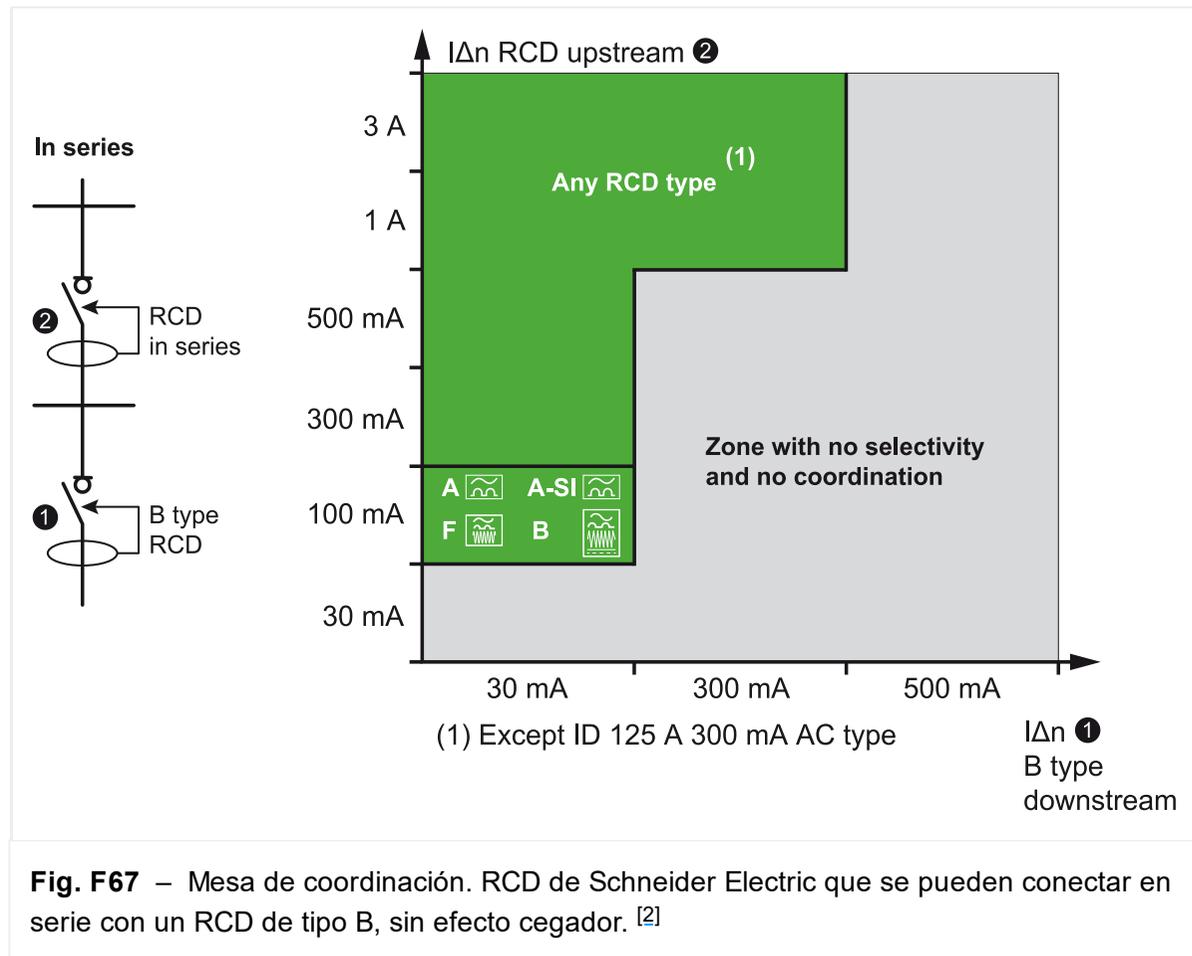


Fig. F67 – Mesa de coordinación. RCD de Schneider Electric que se pueden conectar en serie con un RCD de tipo B, sin efecto cegador. [2]

Con un RCD Schneider Electric de 30 mA tipo B colocado aguas arriba, según esta tabla, es posible utilizar los siguientes RCD Schneider Electric que no sean de tipo B:

- RCD de 300 mA: cualquier tipo (AC, A, A-SI, F) con excepción de un producto [2]
- RCD de 100 mA: tipos A, A-SI, F (AC = no posible)

Se trata de soluciones más rentables en comparación con el uso exclusivo de RCD de tipo B y no tienen ningún impacto en el rendimiento de la protección del RCD.

Para obtener tablas de coordinación de RCD completas y actualizadas en presencia de RCD de tipo B, consulte la **guía de protección de falla a tierra**. Esta guía también incorpora **selectores digitales para verificar la coordinación, incluso para escenarios más complejos** (varios RCD de tipo B en serie y/o

Impacto del sistema de puesta a tierra en términos de riesgo de cegamiento de RCD

La coordinación entre RCD tipo B y otros RCD es **más fácil de garantizar en el sistema de puesta a tierra TN** :

- Generalmente la protección de las personas se consigue mediante un disyuntor. El disyuntor no se ve afectado por estas corrientes CC.
- Sin cegamiento de los RCD instalados en paralelo: la corriente CC residual que pasa a través de los RCD de tipo B regresa a través del conductor PE y no es vista por estos RCD en paralelo.
- Los RCD instalados en serie se ven afectados. Consulte los párrafos anteriores para conocer las formas recomendadas de garantizar la coordinación de la protección. Tenga en cuenta que el impacto es el mismo que con el sistema de puesta a tierra TT.

Por el contrario, el **sistema de puesta a tierra TT es menos favorable** , porque:

- Hay RCD en todos los niveles de la instalación eléctrica.
- Los RCD instalados en serie se ven afectados, exactamente como ocurre con el sistema de puesta a tierra TN.
- Los RCD instalados en paralelo también pueden quedar cegados (aunque menos que si estuvieran en serie), lo que también requiere una correcta coordinación de las protecciones.

Síntesis

En resumen, si tienes la opción:

- optar por el sistema TN
- conectar el circuito protegido por RCD de tipo B lo más alto posible en la arquitectura eléctrica (por ejemplo, en paralelo con otros RCD dentro de la instalación)

Y, por último, utilice RCD mejorados que no sean de tipo B y que puedan funcionar correctamente incluso en presencia de corrientes de fuga de CC más altas (en comparación con los valores exigidos por las normas IEC), como ofrecen fabricantes como Schneider Electric, para obtener una solución optimizada.

Notas

1. consulte el [capítulo dedicado a la aplicación de carga de vehículos eléctricos](#)
2. las figuras y ejemplos se proporcionan con fines ilustrativos. Consulte siempre la última versión de la [guía de protección contra fallas a tierra](#) para obtener tablas de coordinación válidas y actualizadas.

Esta página se editó por última vez el 19 de abril de 2021 a las 13:53.

Otras medidas de protección contra descargas eléctricas

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

Voltaje muy bajo (ELV)

La tensión muy baja se utiliza donde los riesgos son grandes: piscinas, lámparas de mano y otros aparatos portátiles para uso en exteriores, etc.

Uso de SELV (voltaje extrabajo de seguridad)

La seguridad por SELV de muy baja tensión se utiliza en situaciones donde el funcionamiento de equipos eléctricos presenta un peligro grave (piscinas, parques de atracciones, etc.). Esta medida depende del suministro de energía a muy baja tensión desde los devanados secundarios de transformadores de aislamiento especialmente diseñados según norma nacional o internacional (IEC 60742). El nivel de aislamiento resistente al impulso entre los devanados primario y secundario es muy alto y/o en ocasiones se incorpora una pantalla metálica conectada a tierra entre los devanados.

La tensión secundaria nunca supera los 50 V rms.

Se deben respetar tres condiciones de explotación para proporcionar una protección satisfactoria contra fallos:

- Ningún conductor activo en SELV debe conectarse a tierra.
- Las piezas conductoras expuestas del equipo suministrado con SELV no deben conectarse a tierra, a otras piezas conductoras expuestas ni a piezas conductoras extrañas.
- Todas las partes vivas de los circuitos SELV y de otros circuitos de mayor voltaje deben estar separadas por una distancia al menos igual a la que existe entre los devanados primario y secundario de un transformador aislante de seguridad.

Estas medidas requieren que:

- Los circuitos SELV deben utilizar conductos exclusivamente previstos para ellos, a menos que para los circuitos SELV se utilicen cables aislados para la tensión más alta de los demás circuitos.

- Las tomas de corriente para el sistema SELV no deben tener contacto con clavija de tierra.

Los enchufes y tomas del circuito SELV deben ser especiales, de modo que no sea posible una conexión involuntaria a un nivel de voltaje diferente.

Nota: En condiciones normales, cuando el voltaje SELV es inferior a 25 V, no es necesario proporcionar protección contra riesgos de contacto directo. Los requisitos particulares se indican en [Requisitos aplicables a instalaciones y ubicaciones especiales](#).

Uso de PELV (Protección por Muy Baja Tensión)

(ver **Figura F68**)

Este sistema es para uso general donde se requiere o se prefiere bajo voltaje por razones de seguridad, además de en las ubicaciones de alto riesgo mencionadas anteriormente. La concepción es similar a la del sistema SELV, pero el circuito secundario puede estar conectado a tierra en un punto.

IEC 60364-4-41 define con precisión el significado del PELV de referencia.

Generalmente es necesaria una protección básica, excepto cuando el equipo se encuentra en la zona de conexión equipotencial y el voltaje nominal no excede los 25 V rms y el equipo se utiliza únicamente en lugares normalmente secos y el contacto de áreas grandes con el cuerpo humano está prohibido. no esperado. En todos los demás casos, 12 V rms es el voltaje máximo permitido, cuando no se proporciona protección básica.

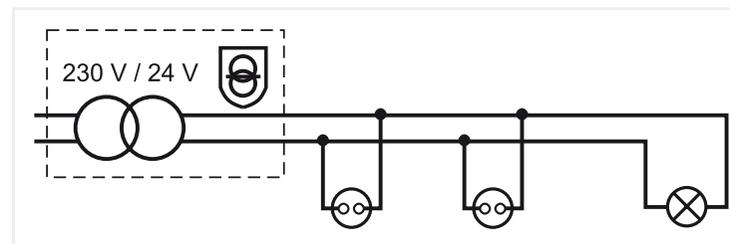


Fig. F68 – Suministros de baja tensión desde un transformador aislante de seguridad

Sistema FELV (Tensión Extrabaja Funcional)

Cuando, por razones funcionales, se utiliza un voltaje de 50 V o menos, pero no se cumplen todos los requisitos relacionados con SELV o PELV, se deben tomar las medidas apropiadas descritas en IEC 60364-4-41 para garantizar la protección tanto básica como contra fallas. según la ubicación y uso de estos circuitos.

Nota: Estas condiciones pueden ocurrir, por ejemplo, cuando el circuito contiene equipos (como transformadores, relés, interruptores de control remoto, contactores) insuficientemente aislados con respecto a circuitos de voltajes más altos.

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

La separación eléctrica de circuitos.

La separación eléctrica de circuitos es adecuada para longitudes de cable relativamente cortas y altos niveles de resistencia de aislamiento. Se utiliza preferentemente para un aparato individual.

(ver **Figura F69**)

El principio de separación eléctrica de circuitos (generalmente circuitos monofásicos) por motivos de seguridad se basa en el siguiente razonamiento.

Los dos conductores del devanado secundario monofásico no puesto a tierra de un transformador de separación están aislados de tierra.

Si se hace un contacto directo con un conductor, solo fluirá una corriente muy pequeña hacia la persona que hace el contacto, a través de la tierra y de regreso al otro conductor, a través de la capacitancia inherente de ese conductor con respecto a la tierra. Dado que la capacitancia del conductor a tierra es muy pequeña, la corriente generalmente está por debajo del nivel de percepción. A medida que aumenta la longitud del cable del circuito, la corriente de contacto directo aumentará progresivamente hasta un punto en el que se experimentará una descarga eléctrica peligrosa.

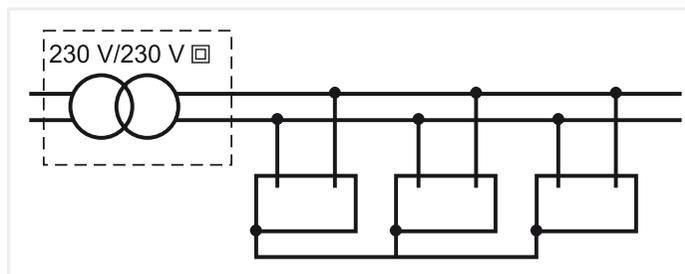


Fig. F69 – Suministro de seguridad desde un transformador de separación clase II

Incluso si una longitud corta de cable excluye cualquier peligro debido a la corriente capacitiva, un valor bajo de resistencia de aislamiento con respecto a tierra puede resultar peligroso, ya que la ruta de corriente pasa a través de la persona que hace el contacto, a través de la tierra y de regreso al otro conductor. gracias a la baja resistencia del aislamiento conductor-tierra.

Por estas razones, en los sistemas de separación son esenciales tramos relativamente cortos de cables bien aislados.

Los transformadores están diseñados especialmente para esta función, con un alto grado de aislamiento entre los devanados primario y secundario, o con una protección equivalente, como una pantalla metálica conectada a tierra entre los devanados.

La construcción del transformador cumple con los estándares de aislamiento de clase II.

Como se indicó anteriormente, la explotación exitosa del principio requiere que:

- Ningún conductor o parte conductora expuesta del circuito secundario debe conectarse a tierra,
- La longitud del cableado secundario debe limitarse para evitar valores de capacitancia elevados ^[1],
- Se debe mantener un alto valor de resistencia de aislamiento para el cableado y los electrodomésticos.

Estas condiciones generalmente limitan la aplicación de esta medida de seguridad a un aparato individual.

En el caso de que varios aparatos se alimenten desde un transformador de separación, es necesario observar los siguientes requisitos:

- Las partes conductoras expuestas de todos los aparatos deben estar conectadas entre sí mediante un conductor de protección aislado, pero no conectadas a tierra.
- Las bases de enchufe deben estar provistas de conexión a tierra. La conexión de clavija a tierra se utiliza en este caso sólo para asegurar la interconexión (unión) de todas las partes conductoras expuestas.

En el caso de una segunda falla, la protección contra sobrecorriente debe proporcionar una desconexión automática en las mismas condiciones que las requeridas para un sistema IT de puesta a tierra del sistema eléctrico.

Notas

1. En IEC 364-4-41 se recomienda que el producto de la tensión nominal del circuito en voltios y la longitud en metros del sistema de cableado no supere 100000, y que la longitud del sistema de cableado no supere los 500 m.

Esta página se editó por última vez el 4 de agosto de 2022 a las 07:38.

Equipo clase II

Símbolo del equipo Clase II:



A estos aparatos también se les conoce como de “doble aislamiento”, ya que en los aparatos de clase II se agrega un aislamiento suplementario al aislamiento básico (consulte **la Figura F70**).

Ninguna parte conductora de un aparato de clase II debe conectarse a un conductor de protección:

- La mayoría de los equipos portátiles o semifijos, ciertas lámparas y algunos tipos de transformadores están diseñados para tener doble aislamiento. Es importante tener especial cuidado en la explotación de equipos de clase II y verificar periódicamente y con frecuencia que se mantenga el estándar de clase II (sin envoltura exterior rota, etc.). Los dispositivos electrónicos, aparatos de radio y televisión tienen niveles de seguridad equivalentes a la clase II, pero formalmente no son aparatos de clase II.
- Aislamiento suplementario en una instalación eléctrica: IEC 60364-4-41 (Subcláusula 413-2) y algunas normas nacionales como NF C 15-100 (Francia) describen con más detalle las medidas necesarias para lograr el aislamiento suplementario durante los trabajos de instalación. .

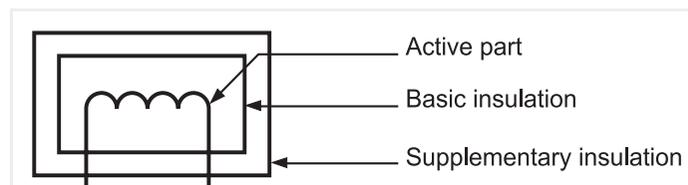


Fig. F70 – Principio del nivel de insulación clase II (IEC 60364-4-41 subcláusula 412)

Un ejemplo sencillo es el de pasar un cable por un conducto de PVC. También se describen métodos para cuadros de distribución.

- Para CONJUNTOS, la norma IEC 61439-1 describe un conjunto de requisitos, para lo que se denomina “aislamiento total”, equivalente a equipos de clase II.
- Algunos cables están reconocidos como equivalentes a la clase II según muchas normas nacionales.

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

Fuera del alcance del brazo o interposición de obstáculos

En principio, la seguridad mediante la colocación fuera del alcance de piezas conductoras accesibles simultáneamente o la interposición de obstáculos requiere también un suelo no conductor, por lo que no es un principio de fácil aplicación.

De esta manera, la probabilidad de tocar una parte conductora expuesta viva y, al mismo tiempo, tocar una parte conductora extraña al potencial de tierra, es extremadamente baja (consulte la **Figura F71**). En la práctica, esta medida sólo puede aplicarse en un lugar seco y se implementa según las siguientes condiciones:

- El suelo y la pared de la cámara deben ser no conductores, es decir, la resistencia a tierra en cualquier punto debe ser:
 - $> 50 \text{ k}\Omega$ (tensión de instalación $\leq 500 \text{ V}$)
 - $> 100 \text{ k}\Omega$ ($500 \text{ V} < \text{tensión de instalación} \leq 1000 \text{ V}$)

La resistencia se mide mediante instrumentos tipo "MEGGER" (generador manual o modelo electrónico a batería) entre un electrodo colocado en el suelo o contra la pared y tierra (es decir, el conductor de protección más cercano). Evidentemente, la presión del área de contacto del electrodo debe ser la misma para todas las pruebas.

Diferentes proveedores de instrumentos proporcionan electrodos específicos para su propio producto, por lo que se debe tener cuidado de garantizar que los electrodos utilizados sean los suministrados con el instrumento.

- La colocación de equipos y obstáculos debe ser tal que no sea posible el contacto simultáneo con dos partes conductoras expuestas o con una parte conductora expuesta y una parte conductora extraña por parte de una sola persona.
- No se debe introducir ningún conductor de protección expuesto en la cámara correspondiente.

- Las entradas a la cámara deben estar dispuestas de manera que las personas que entren no corran riesgo; por ejemplo, una persona parada sobre un piso conductor fuera de la cámara no debe poder alcanzar la puerta para tocar una parte conductora expuesta, como un interruptor de iluminación montado en una caja de conductos de hierro fundido de tipo industrial, por ejemplo.

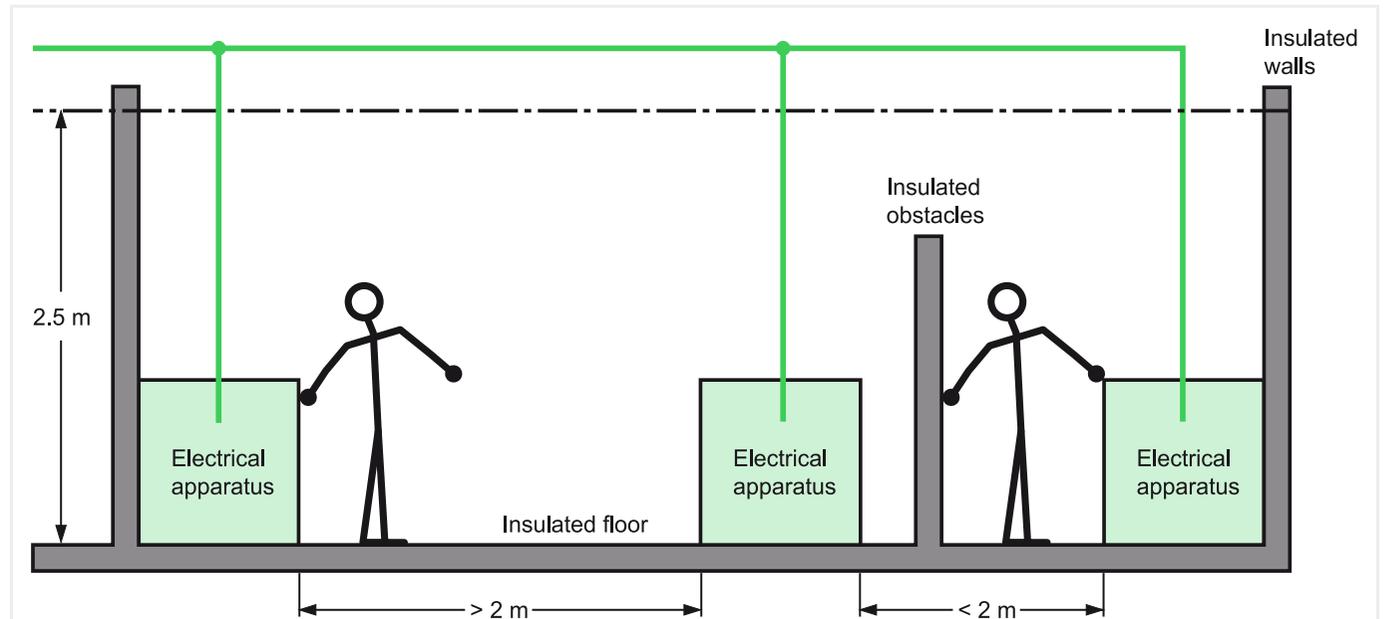


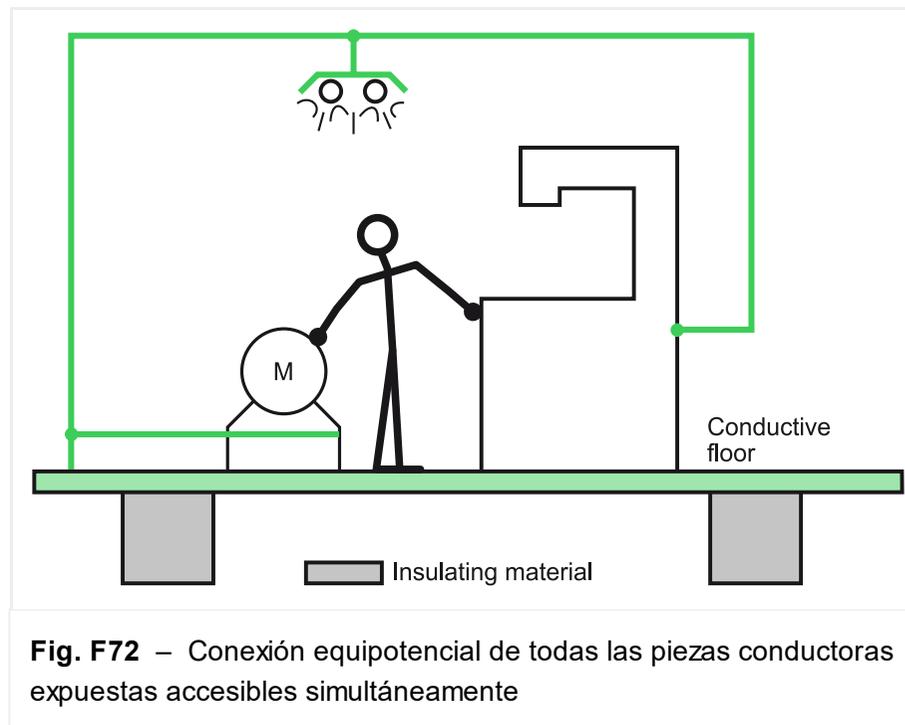
Fig. F71 – Protección mediante dispositivos fuera del alcance del brazo y la interposición de obstáculos no conductores

Cámaras equipotenciales sin tierra

Las cámaras equipotenciales sin tierra están asociadas a instalaciones particulares (laboratorios, etc.) y plantean una serie de dificultades prácticas de instalación.

En este esquema, todas las partes conductoras expuestas, incluido el piso ^[1], están unidas por conductores suficientemente grandes, de modo que no pueda existir una diferencia significativa de potencial entre dos puntos cualesquiera. Una falla en el aislamiento entre un conductor activo y la envoltura metálica de un aparato resultará en que toda la "jaula" se eleve a voltaje de fase a tierra, pero no fluirá ninguna corriente de falla. En tales condiciones, una persona que ingrese a la cámara estaría en riesgo (ya que estaría pisando un piso vivo).

Se deben tomar las precauciones adecuadas para proteger al personal de este peligro (p. ej. suelos no conductores en las entradas, etc.). También son necesarios dispositivos de protección especiales para detectar fallas de aislamiento, en ausencia de una corriente de falla significativa.



Notas

1. Las piezas conductoras extrañas que entren (o salgan) del espacio equipotencial (como tuberías de agua, etc.) deben encerrarse en un material aislante adecuado y excluirse de la red equipotencial, ya

Fuera del alcance del brazo o interposición de obstáculos - Guía de instalación eléctrica
que es probable que dichas piezas estén conectadas a conductores de protección (a tierra) en otros
lugares. en la instalación.

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