



FENALTEC, JUNIO 23 DE 2021.

Protección contra contactos indirectos

Protección diferencial contra falla a tierra

Germán Galindo, Product Marketing Specialist Smart Building



Conferencista de hoy



Germán Galindo Caballero

Product Marketing Specialist
Electrification Business. Smart Buildings
Electrification Latam

Ingeniero Eléctrico de la Universidad de los Andes con diplomado en Gerencia de Clientes de la misma universidad. Con más de 30 años de experiencia en baja tensión. Germán ha trabajado en los departamentos técnicos y comerciales de empresas como Fertécnica LTDA., Bavaria S.A., Telemecanique –Schneider y Hanseatica. Desde hace 14 años está vinculado con ABB Colombia Ltda. y actualmente se desempeña como Gerente de Producto para la División Smart Building de Electrification.

Conferencia:
Protección contra contactos indirectos
Protección diferencial contra falla a tierra



Protección contra contactos indirectos

Factores de riesgo eléctrico más comunes

La corriente eléctrica en el cuerpo humano

Tipos de contactos eléctricos: Contactos directos e indirectos

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

- Clasificación de los sistemas de distribución eléctrica
- Defecto a tierra en un sistema TT
- Defecto a tierra en un sistema TN
- Tensión de contacto

Funcionamiento de los interruptores diferenciales

- Clasificación de los interruptores diferenciales
 - Según sus características constructivas
 - Según el método de operación
 - Según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto
 - Según su tiempo de actuación

Preguntas más frecuentes

Factores de riesgo eléctrico más comunes

RETIE

Tabla 9.5. Factores de riesgos eléctricos más comunes

Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes...

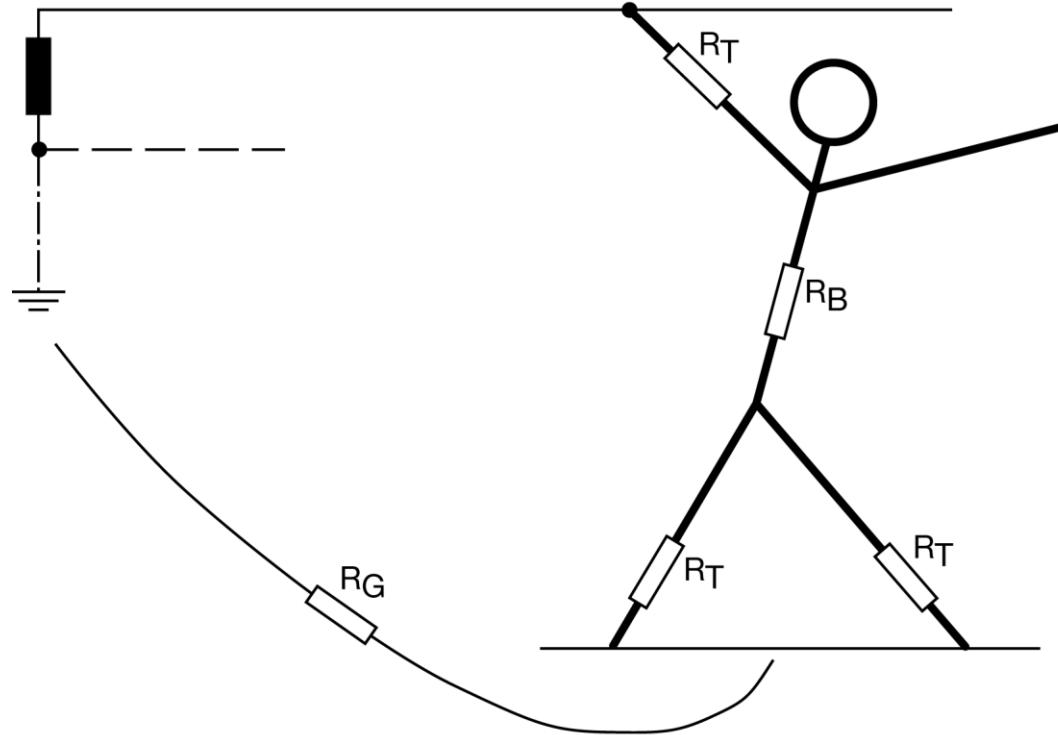
ARCOS ELÉCTRICOS. POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor del arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.	ELECTRICIDAD ESTÁTICA POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.
AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS) POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.	EQUIPO DEFECTUOSO POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
CONTACTO DIRECTO POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.	RAYOS POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo cuando se tenga personal al aire libre.
CONTACTO INDIRECTO POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.	SOBRECARGA POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armonicos, no controlar el factor de potencia. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con contactores, contactores, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.
TENSIÓN DE CONTACTO POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.	TENSIÓN DE PASO POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

La corriente eléctrica en el cuerpo humano

Impedancia del cuerpo humano

En el cuerpo humano, el valor de la intensidad depende fundamentalmente de :

- El punto de contacto (manos, pies, etc...)
- La resistencia propia del cuerpo
- La resistencia de las puestas a tierra.



R_T = Resistencia de los puntos de contacto
 R_B = Resistencia del cuerpo
 R_G = Resistencia de la red de tierras

La corriente eléctrica en el cuerpo humano

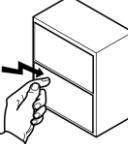
Impedancia del cuerpo humano

Valores de impedancia e intensidad que atravesaría el cuerpo humano en función de las puntos de contacto :

Tipo de contacto	Valor de resistencia del cuerpo	Intensidad a través del cuerpo humano a 230V AC
Parte del cuerpo mojada	500 Ω	460 mA
Mano y mano	1000 ... 3000 Ω	77 ... 230 mA
Mano y pie	5000 ... 15000 Ω	15 ... 46 mA

La corriente eléctrica en el cuerpo humano

Efectos de la corriente

	Corriente a través del cuerpo	Percepción	Efecto
0.5 mA		Inapreciable Excepciones : - Yemas de los dedos - Lengua	Ninguno
3 mA		Sensación de hormigueo	No es peligroso
15 mA		La superficie de contacto no se puede soltar	Desagradable, pero no es peligroso
40 mA		Agarrotamiento muscular, calambres en el diafragma	Riesgo de sufocación en unos minutos
80 mA		Fibrilación ventricular	Extremadamente peligroso, es mortal en cuestión de minutos.

La corriente eléctrica en el cuerpo humano

Efectos de la corriente según IEC/EN 60479-1

Área AC-1 : Inapreciable

Área AC-2 : Sin efectos fisiológicos

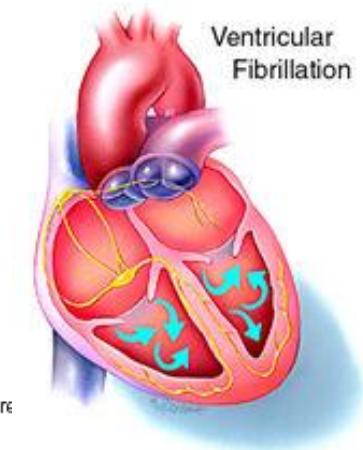
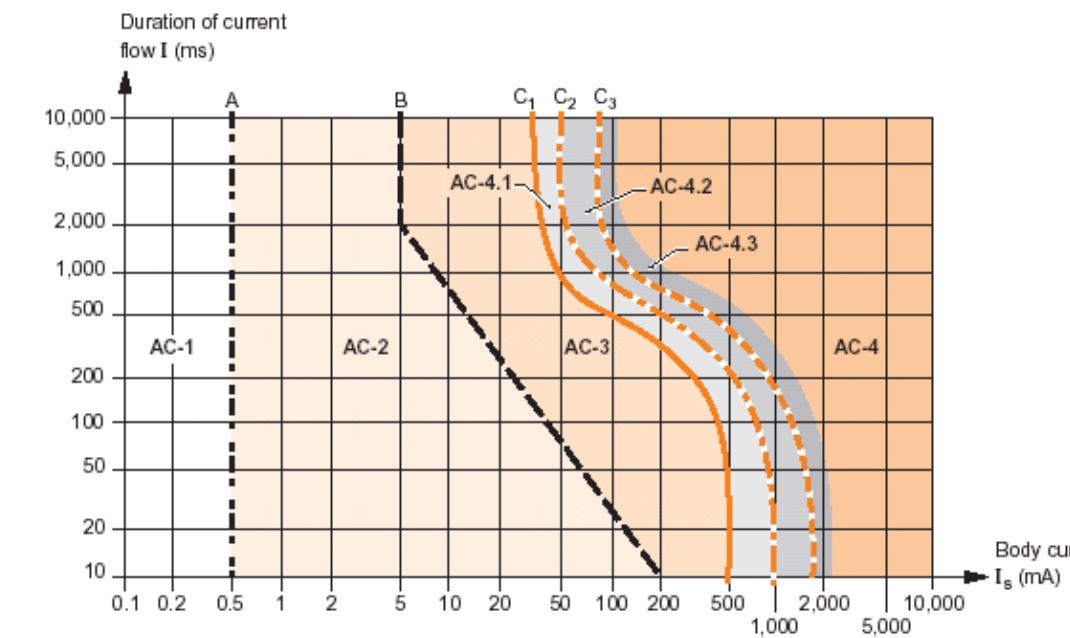
Área AC-3 : Efectos patológicos reversibles

Área AC-4 : Efectos irreversibles

Área AC-4-1 : Hasta un 5% de probabilidad de fibrilación ventricular

Área AC-4-2 : Hasta un 50% de probabilidad de fibrilación ventricular

Área AC-4-3 : Más de un 50% de probabilidad de fibrilación ventricular

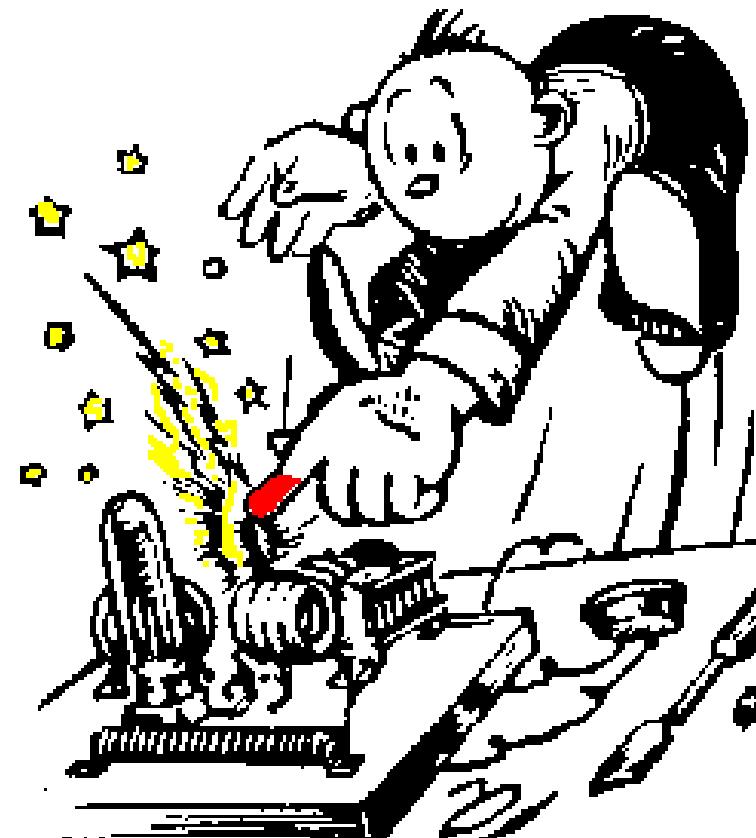


Tipos de contactos eléctricos

Contactos directos

Contactos directos

- Se produce un contacto directo cuando **una persona toca directamente un conductor vivo**.
- La principal protección contra contactos directos es la **prevención física** para evitar el posible contacto con partes activas, así como envolventes, barreras, **inaccesibilidad**, etc... conocida como “protección básica”.



Tipos de contactos eléctricos

Contactos indirectos

Contactos indirectos

- Se produce un contacto indirecto cuando **una persona toca** directamente **una masa** que en circunstancias normales está libre de potencial y que, accidentalmente **está expuesta a un fallo de aislamiento** convirtiéndola en una parte viva de la instalación.
- Sucede cuando hay un fallo de aislamiento en la protección básica.
- La protección contra contactos indirectos es la **desconexión** automática de la **alimentación**.



Seguridad de personas frente a contactos indirectos

27.2 RÉGIMEN DE CONEXIÓN A TIERRA (RCT)

RETIE

27.2 RÉGIMEN DE CONEXIÓN A TIERRA (RCT)

Los regímenes de conexión a tierra (RCT), también llamados “regímenes de neutro”, tienen una clasificación acordada internacionalmente para sistemas eléctricos de baja tensión, los cuales se consideran equivalentes en cuanto a seguridad de personas frente a contactos indirectos, cada uno tiene sus ventajas. Los más universales son TN y TT, cuyo código de letras es aceptado en las normas internacionales.

Salvo las excepciones establecidas en el presente Anexo General y la NTC 2050, en la red de baja tensión para servicio domiciliario o similar, sólo se aceptan como regímenes de conexión a tierra, los de conexión sólida (TN-C-S o TN-S) o los de impedancia limitadora TN, esto significa que el punto neutro del transformador debe ser puesto a tierra sólidamente y el usuario debe conectar la masas al conductor puesto a tierra (casi siempre el conductor neutro). La letra S significa que las funciones de neutro (N) y de protección (P) se hacen con conductores separados y la letra C significa que las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor (PEN). Queda expresamente prohibido el régimen en el cual las funciones de neutro y de protección las cumple el mismo conductor (TN-C). La Figura 27.1 muestra el esquema indicativo del régimen de conexión TN-C-S.

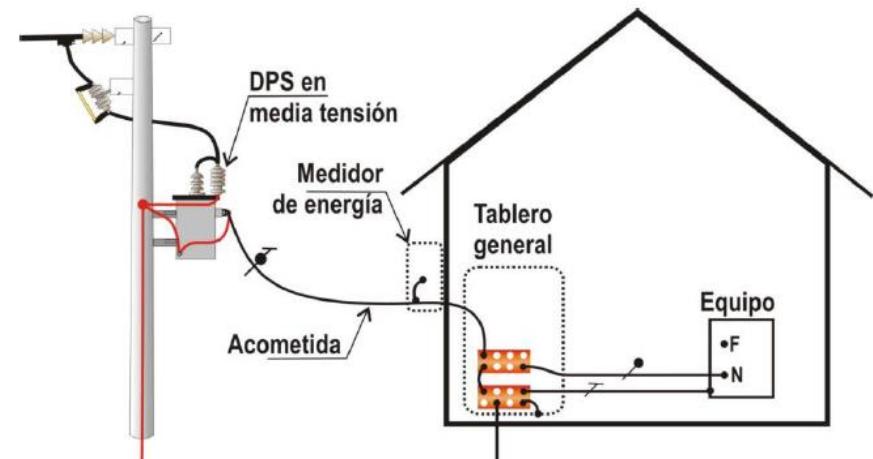
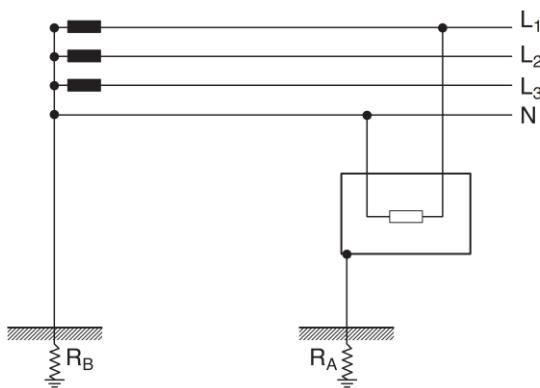


Figura 27.1. Esquema indicativo del régimen de conexión a tierra TN-C-S

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Clasificación de los sistemas de distribución eléctrica

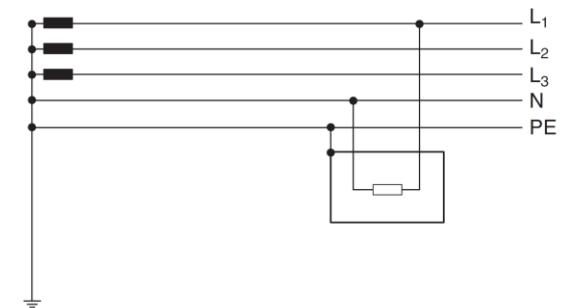
Sistema TT



T: Conexión directa de N a tierra

T: Masas conectadas a tierra

Sistema TN-S

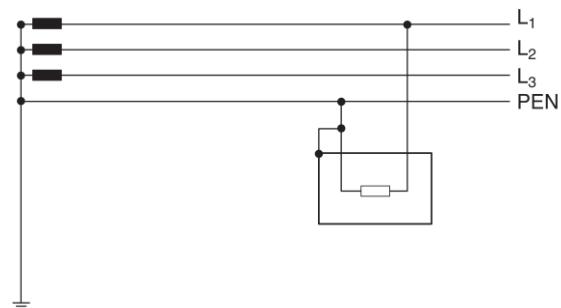


T: conexión directa de N a tierra.

N: Masas conectadas a la misma conexión a tierra del neutro.

El conductor neutro N y el conductor de protección PE están separados

Sistema TN-C

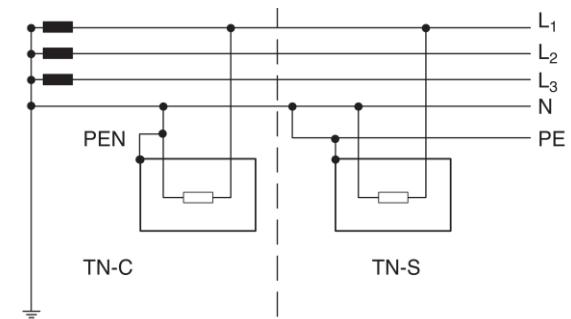


T: conexión directa de N a tierra.

N: Masas conectadas a la misma conexión a tierra del neutro.

El conductor neutro N y el conductor de protección PE están combinadas en un único conductor, llamado PEN

Sistema TN-C-S



T: conexión directa de N a tierra.

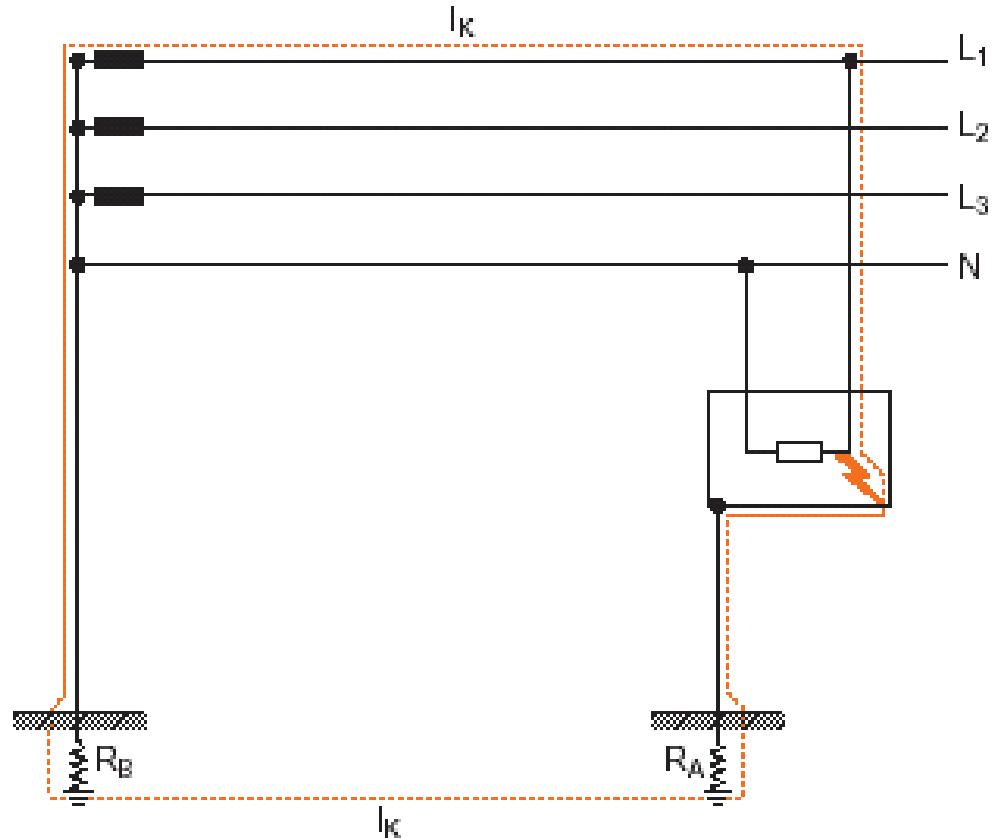
N: Masas conectadas a la misma conexión a tierra del neutro.

El conductor de protección y el neutro están combinados parcialmente en un único conductor PEN y separados parcialmente PE + N

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Defecto a tierra en un sistema TT

- La magnitud de la corriente de falta a tierra es demasiado baja para provocar el disparo de interruptores automáticos o fusibles, y el uso de un interruptor diferencial es indispensable.

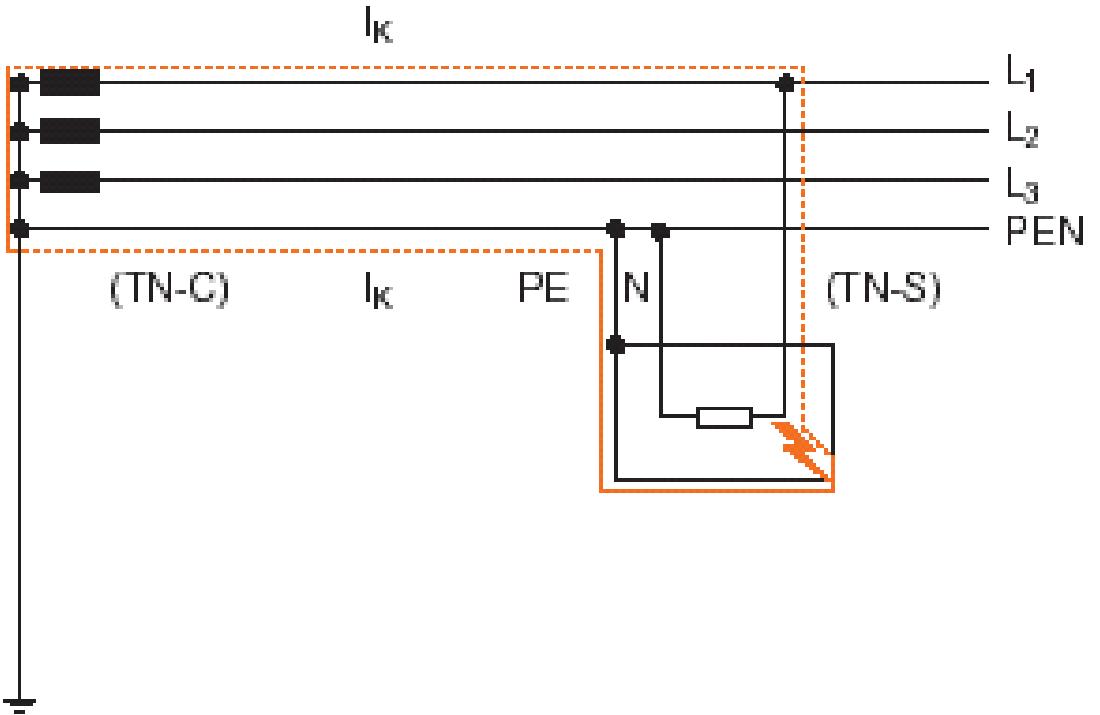


T: Conexión directa de N a tierra
T: Masas conectadas a tierra

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Defecto a tierra en un sistema TN

- El circuito de defecto está formado por elementos conductores y su impedancia será muy reducida de modo que la corriente de defecto es lo suficientemente alta como para que el circuito esté protegido mediante **dispositivos de protección contra cortocircuitos**.
- En los sistemas TN-S se puede utilizar también un interruptor diferencial.
- En los sistemas TN-C nunca se debe utilizar un interruptor diferencial.



T: conexión directa de N a tierra.

N: Masas conectadas al punto de alimentación puesto a neutro.

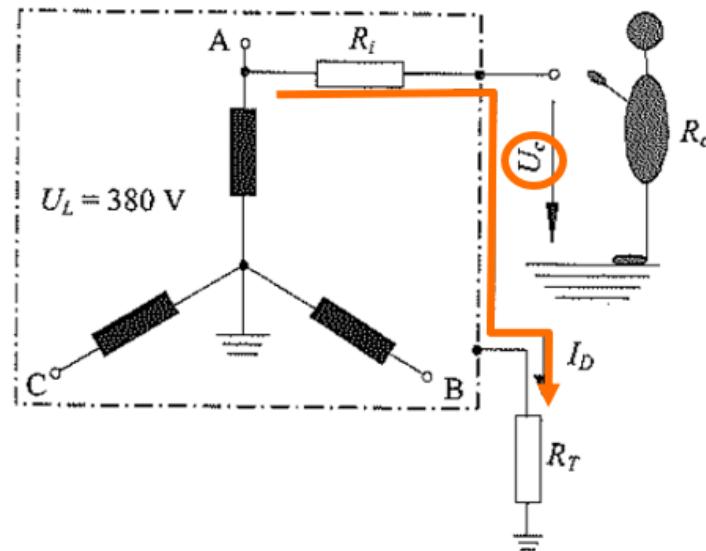
Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Tensión de contacto

Antes de que el individuo toque la carcasa....

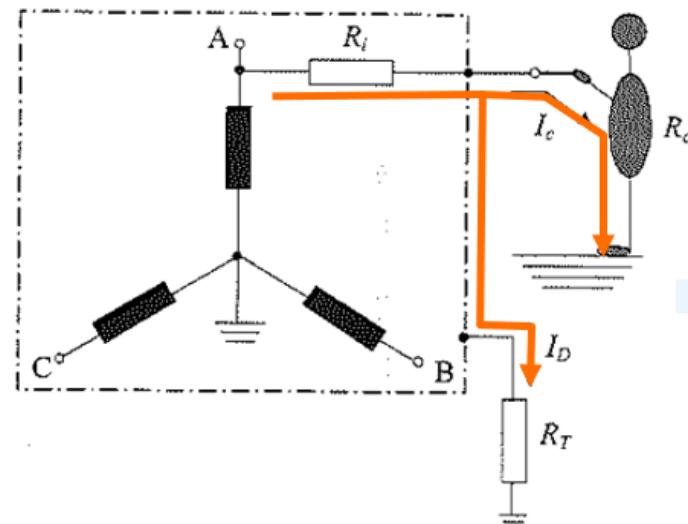
...la fuga (I_D) circula por el conductor de tierra estableciendo una tensión de contacto U_c entre la carcasa y tierra.

Cuanto menor es la resistencia de puesta a tierra R_T , menor es la tensión de contacto



Una vez el individuo toca la carcasa...

...una intensidad de fuga I_c atraviesa su cuerpo en función de la tensión de contacto (U_c) existente y la impedancia (R_c) que ofrece su cuerpo



Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Tensión de contacto

- De este modo, la tensión de contacto debe ser suficientemente baja como para no ser peligrosa para las personas. Por eso la mayoría de estándares limita la máxima tensión de contacto en función del ambiente del local :

- Locales secos (en general)  50 V
- Locales húmedos (vestuarios, terrazas exteriores...)  24 V
- Instalaciones muy húmedas (piscinas, fuentes)  12 V

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

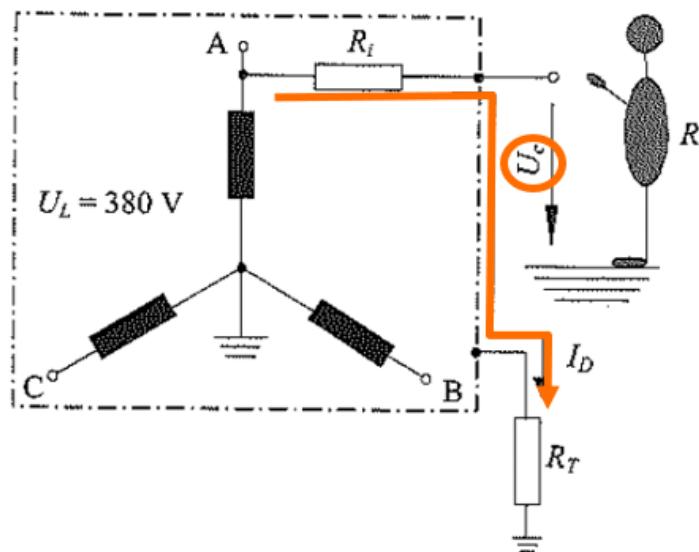
Tensión de contacto

¿Cómo se consigue limitar la tensión de contacto (U_c) hasta el valor que fija la normativa?

Mediante la sensibilidad del diferencial.

Instalando un interruptor diferencial que mediante la combinación de su sensibilidad y la resistencia de la puesta a tierra de la instalación, no permita que se supere la máxima tensión de contacto permitida.

$I_{\Delta n}$	Maximum resistance of the earth electrode (50 V)	(25 V)
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30 mA	1666 Ω	833 Ω



$$\text{Tensión de contacto} = R_T \times I_D$$

R_T : Resistencia de la puesta a tierra
 I_D : Fuga a tierra

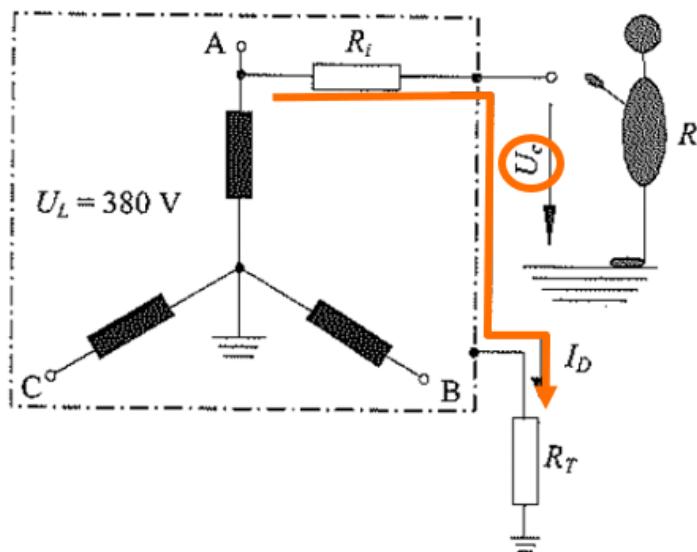
Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Tensión de contacto

Diferenciales de 30 mA en sistemas TT

Eligiendo diferenciales con una sensibilidad de 30mA, **deja de ser necesario tener en cuenta la resistencia de la malla de tierra** ya que cualquier tipo de conexión a tierra (si existe) nunca excederá los 1666 Ohm.

$I_{\Delta n}$	Maximum resistance of the earth electrode (50 V)	(25 V)
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30 mA	1666 Ω	833 Ω



$$\text{Tensión de contacto} = R_T \times I_D$$

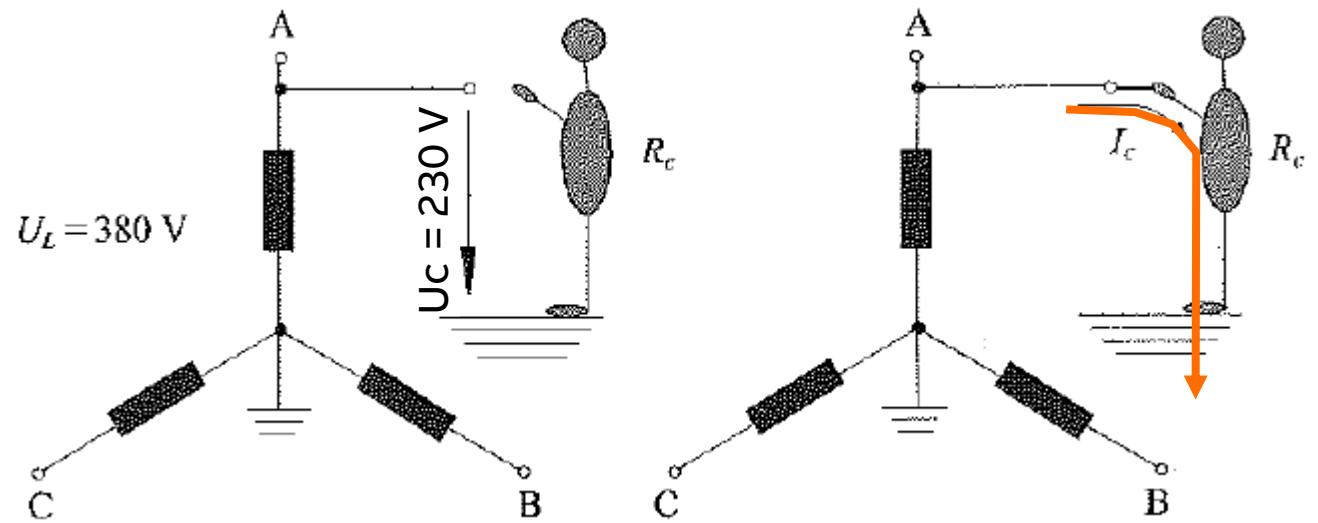
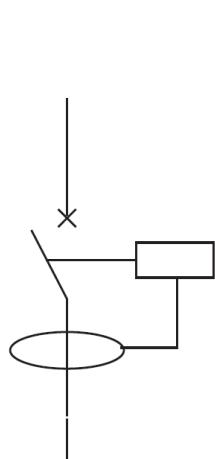
R_T : Resistencia de la puesta a tierra
 I_D : Fuga a tierra

Seguridad de personas frente a contactos indirectos

Tensión de contacto

Diferenciales de 30 mA en sistemas TT

- Un interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad también protege contra contactos directos.



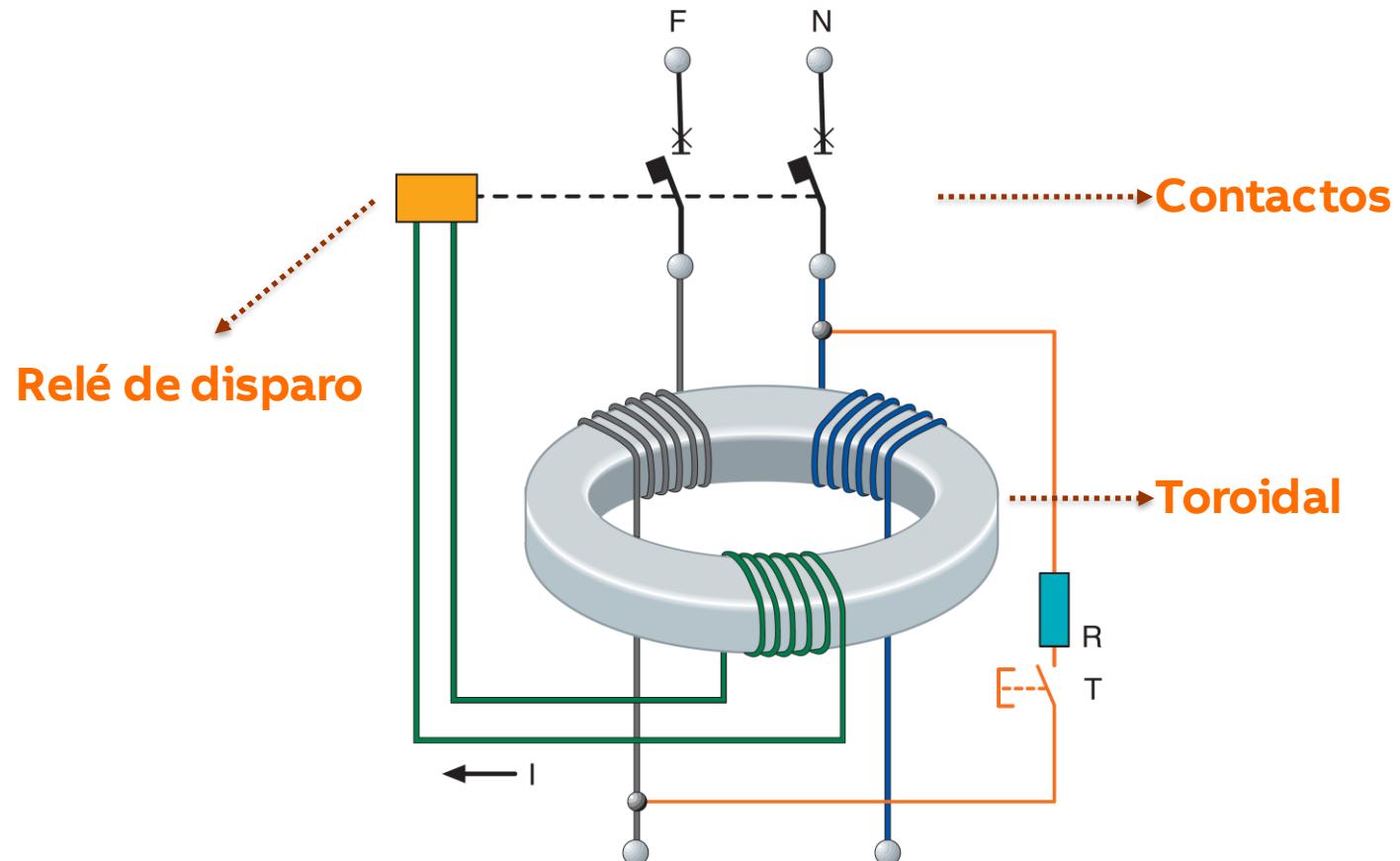
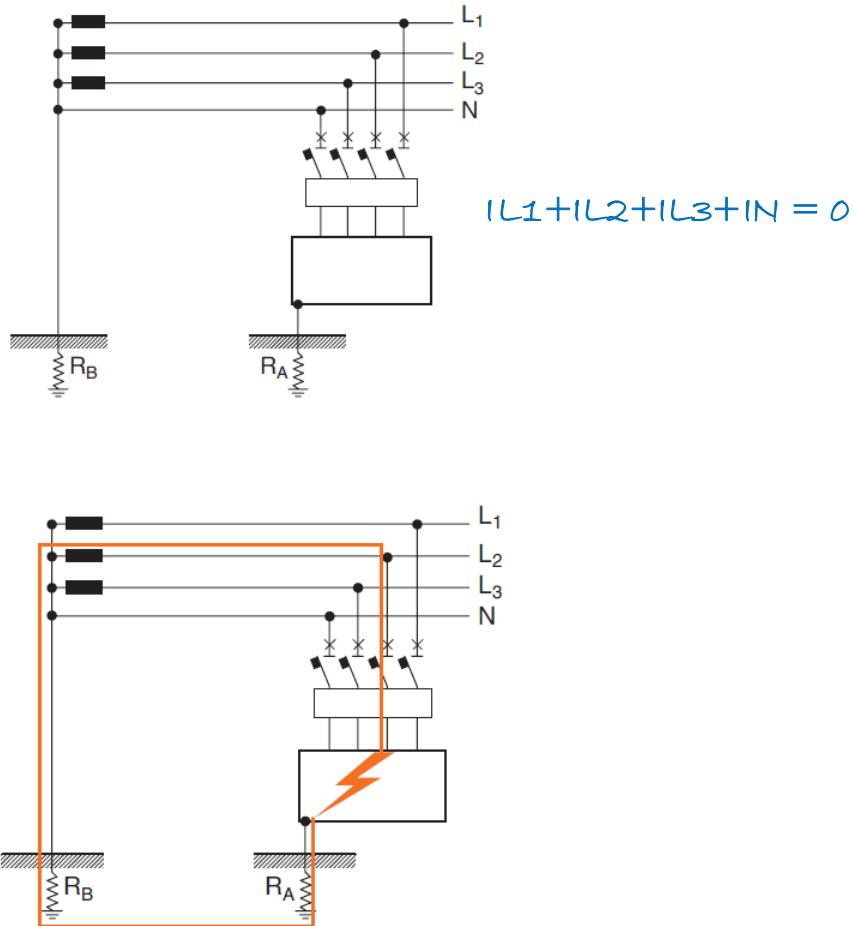
Tensión de contacto (U_c) = 230 V
Resistencia cuerpo humano = 2000 Ω

$$I_c = 230 \text{ V} / 2000 \Omega = 115 \text{ mA} > 30 \text{ mA}$$

Funcionamiento de los interruptores diferenciales

Funcionamiento de los interruptores diferenciales

Esquema básico de funcionamiento



Clasificación de los interruptores diferenciales

Criterios

- Según sus características constructivas
- Según el método de operación
- Según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto
- Según su tiempo de actuación

Clasificación de los interruptores diferenciales

Criterios

-
- Según sus características constructivas
 - Interruptores diferenciales sin protección contra sobreintensidades
 - Interruptores diferenciales con protección contra sobreintensidades
 - Según el método de operación
 - Según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto
 - Según su tiempo de actuación

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según sus características constructivas

Diferenciales sin protección contra sobreintensidades – IEC/EN 61008

“Interruptores de corriente residual **sin protección integral contra sobreintensidades** para uso doméstico y similares.”

- Parte 2-1: Aplicación de las reglas generales a los diferenciales funcionalmente independientes de la tensión de línea.
- Parte 2-2: Aplicación de las reglas generales a los RCCBs funcionalmente dependientes de la tensión de línea.



Interruptor diferencial F200



Interruptor diferencial FH200

Diferenciales con protección contra sobreintensidades – IEC/EN 61009

Normativa IEC/EN 61009 : “Interruptores de corriente residual **con protección integral contra sobreintensidades** para uso doméstico y similares.”

Incluyen también (Anexo G) los interruptores diferenciales adaptables a un interruptor automático termomagnético para lograr la protección contra fugas a tierra y sobreintensidades.



Interruptor combinado DS200



Bloque diferencial adaptable DDA



Interruptor THQL con GFCI

Clasificación de los interruptores diferenciales

Criterios

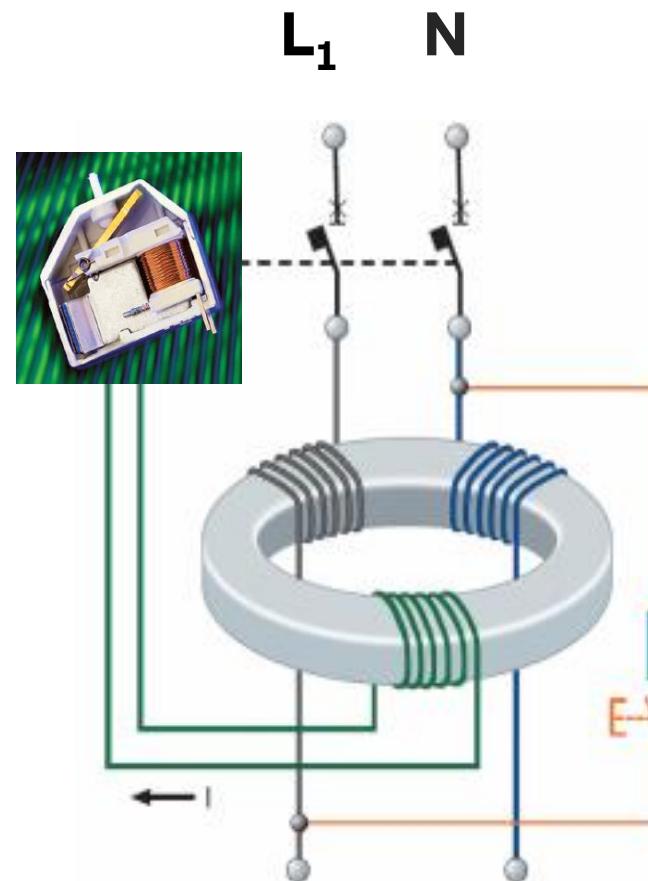
-
- Según sus características constructivas
 - Interruptores diferenciales sin protección contra sobreintensidades
 - Interruptores diferenciales con protección contra sobreintensidades
 - Según el método de operación
 - Independientes de la tensión
 - Dependientes de la tensión
 - Según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto
 - Según su tiempo de actuación

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según el método de operación

Independientes de la tensión

- Protegen contra corrientes de falta mediante el uso de la corriente residual para provocar el disparo por medio de un relé electromagnético como actuador
- **La energía de disparo se obtiene directamente de la corriente de falta.** Se consideran los más fiables y en la mayoría de países de Europa son obligados para uso doméstico e instalaciones similares



Interruptor diferencial F200



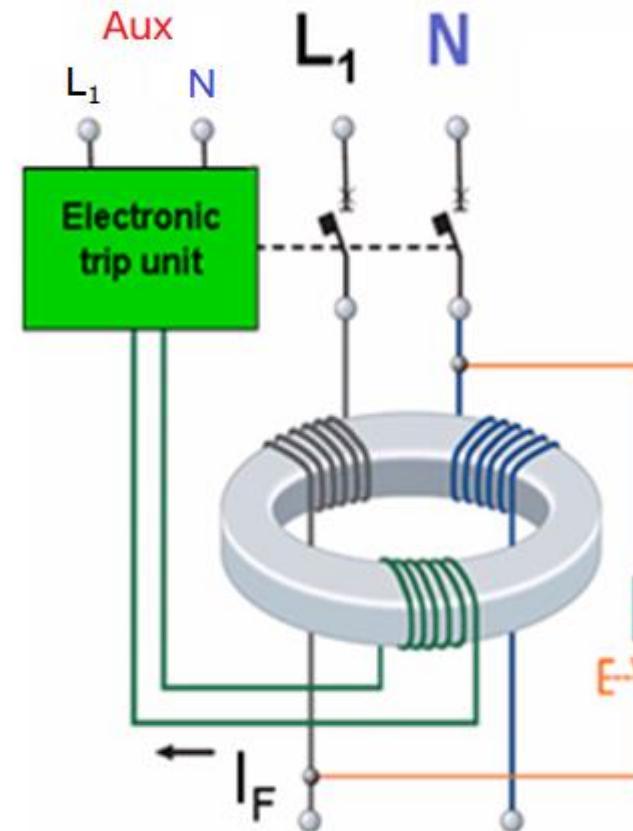
Interruptor THQL con GFCI

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según el método de operación

Dependientes de la tensión

- También llamados “electrónicos”. Ofrecen protección contra faltas a tierra mediante un relé electrónico que actúa según si la fuga a tierra supera un fijado umbral de corriente
- La energía del disparo la aporta el relé electrónico alimentado a través de una fuente de alimentación auxiliar.



Relé diferencial RD3



Transformador toroidal TR...

Clasificación de los interruptores diferenciales

Criterios

-
- Segundo sus características constructivas
 - Interruptores diferenciales sin protección contra sobreintensidades
 - Interruptores diferenciales con protección contra sobreintensidades
 - Segundo el método de operación
 - Independientes de la tensión
 - Dependientes de la tensión
 - Segundo su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto
 - AC
 - A
 - B
 - Segundo su tiempo de actuación

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto

Diferenciales clase “AC”

Interruptor diferencial cuyo disparo está asegurado exclusivamente en presencia de **corrientes de fuga alternas senoidales**, donde las componentes pueden aparecer repentinamente o aumentar lentamente



Circuitos de corriente alterna



Fugas de corriente alterna

Diferenciales clase “A”

Interruptor diferencial cuyo disparo está asegurado exclusivamente en presencia de **corrientes alternas senoidales o corrientes continuas pulsantes**, donde las componentes pueden aparecer repentinamente o aumentar lentamente



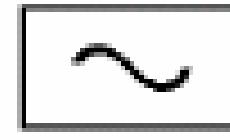
Circuitos de corriente alterna



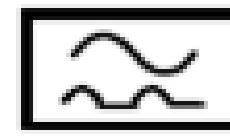
Fugas de corriente alterna o continuas pulsantes

Diferenciales clase “B”

La normativa IEC/EN 60755 reconoce más tipos de interruptores diferenciales, tales como el clase “B”, capaz de asegurar el disparo ante corrientes alternas senoidales, corrientes continuas pulsantes y también **corrientes continuas alisadas**, generadas por circuitos rectificadores.



Circuitos de corriente alterna



Fugas en corriente alterna, continuas pulsantes o fugas de corriente continua



Aplicaciones:

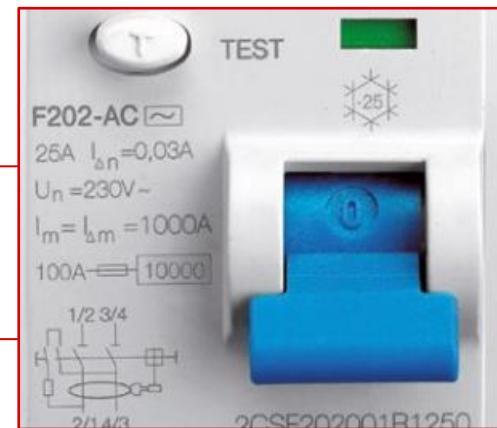
Clase AC: Segmentos residencial, comercial, industrial, solar.

Clase A: Segmentos residencial, comercial, industrial, cargadores de vehículos eléctricos, solar

Clase B: Ascensores y escaleras mecánicas, Sistemas de control de motores, Máquinas de soldar, HVAC, Laboratorios e instrumentación médica, cargadores de vehículos eléctricos, inversores solares

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según su sensibilidad a los tipos de corriente de defecto. Ejemplos etiquetado



Clasificación de los interruptores diferenciales

Criterios

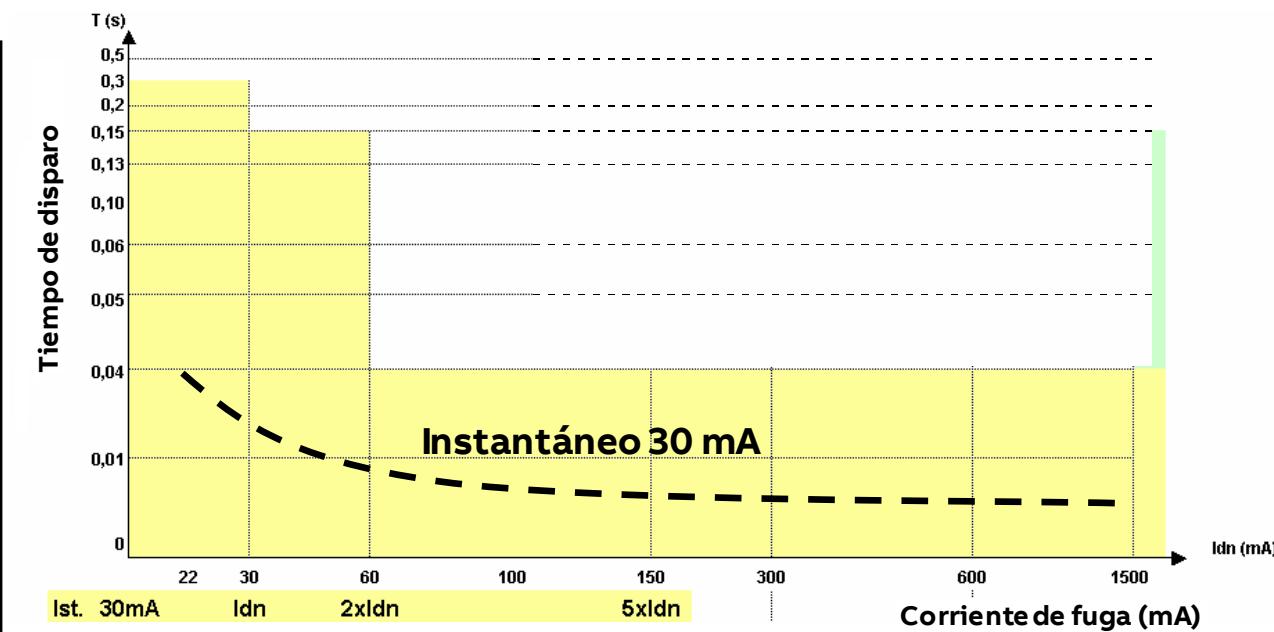
-
- Según sus características constructivas
 - Interruptores diferenciales sin protección contra sobreintensidades
 - Interruptores diferenciales con protección contra sobreintensidades
 - Según el método de operación
 - Independientes de la tensión
 - Dependientes de la tensión
 - Según su comportamiento en presencia de componentes en CC
 - AC
 - A
 - B
 - Según su tiempo de actuación
 - Instantáneos
 - Altamente inmunizados
 - Selectivos

Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según su tiempo de actuación

Instantáneos (declarados según IEC/EN 61008 y 61009)

- Según las normativas 61008 y 61009, deben disparar antes de un umbral de tiempo dependiente de la magnitud de la intensidad de fuga.

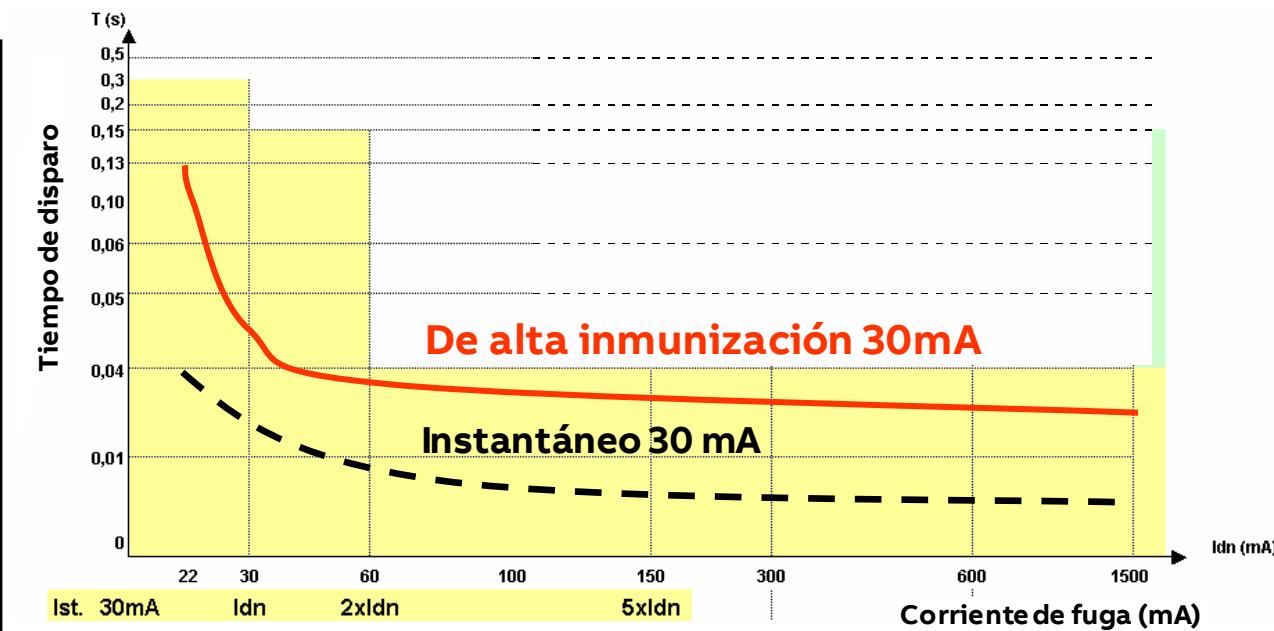


Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según su tiempo de actuación

De alta inmunización

- Los interruptores diferenciales “de alta inmunización” pertenecen a al grupo de interruptores instantáneos en lo referente al tiempo de disparo.
- Sin embargo, **disparan ligeramente más tarde para evitar disparos intempestivos** (no deseados).

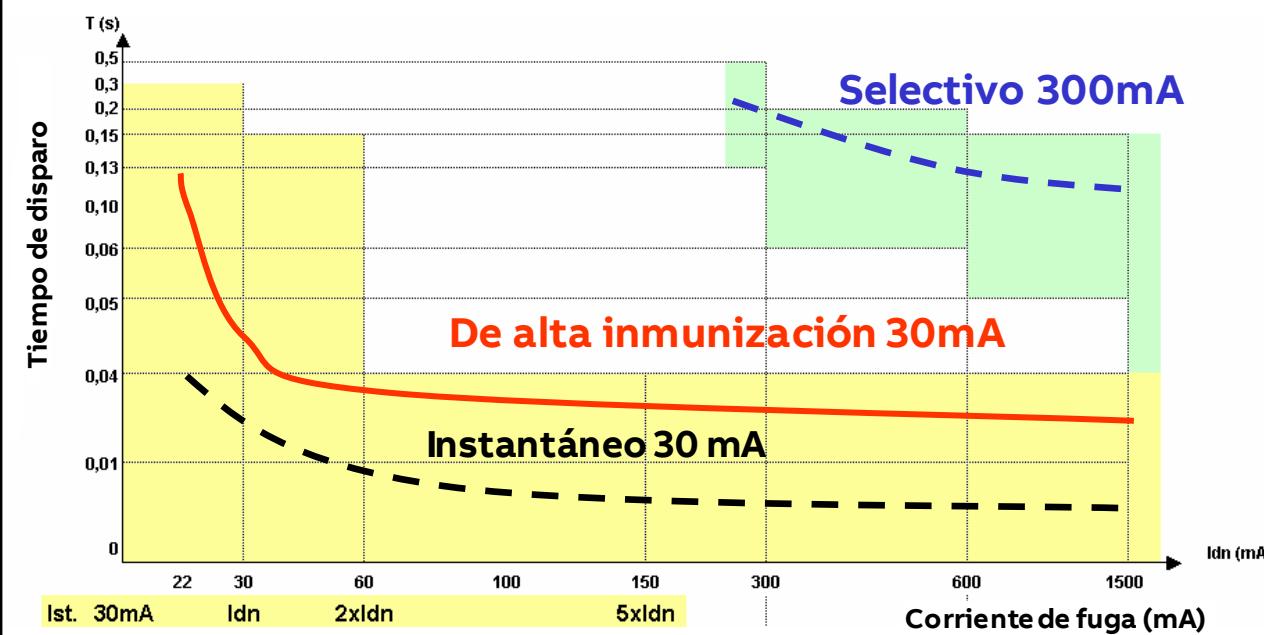


Clasificación de los interruptores diferenciales

Clasificación según su tiempo de actuación

Selectivos (declarados según IEC61008/9)

- Diferenciales especialmente diseñados para lograr selectividad.
- Sus tiempos de disparo son muy superiores a los tiempos de los interruptores instantáneos o de alta inmunización.
- Vienen marcados con una “S” recuadrada 



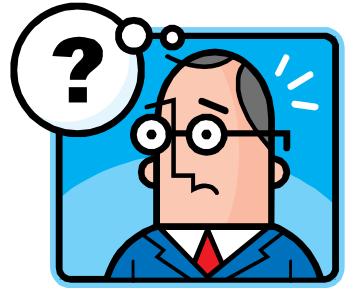
Preguntas más frecuentes

Pregunta

Mi diferencial dispara continuamente sin razón aparente.
¿Funciona incorrectamente?

Respuesta

Los diferenciales están fabricados para disparar.
Primero de todo nos debemos asegurar que no tengamos ninguna fuga a tierra en la instalación.
Si no tenemos fugas a tierra, seguramente se trata de un disparo intempestivo. Un interruptor de alta inmunización solucionaría este problema con alta probabilidad.



Preguntas más frecuentes

Pregunta

Qué tipo de interruptor diferencial debo usar si se desea proteger variadores de velocidad?



Respuesta

Un interruptor diferencial de clase B, ya que detecta fugas a tierra continuas pulsantes, continuas alisadas y fugas a altas frecuencias



Preguntas más frecuentes

Pregunta

Si quiero proteger muchos equipos electrónicos, ¿qué diferencial debo usar?



Respuesta

Un interruptor diferencial de clase A y de alta inmunización. No se recomienda más de 10 ordenadores conectados al mismo diferencial.

Preguntas más frecuentes

Pregunta

¿Existen interruptores diferenciales de corriente continua?



Respuesta

No! Constructivamente es imposible.

Para que se genere el disparo en el interruptor diferencial es necesario que la alimentación del interruptor diferencial sea en corriente alterna para poder inducir corriente en el toroidal del interruptor.

Preguntas más frecuentes

Pregunta

- ¿Un diferencial de 30 mA de sensibilidad protege contra contactos directos e indirectos?
- ¿y uno de 300 mA?



Respuesta

- Únicamente los diferenciales de 30 mA protegen contra contactos directos e indirectos.
- Los de 300 mA pueden proteger contra contactos indirectos en caso de que la resistencia de la puesta a tierra sea lo suficientemente baja para garantizar una tensión de contacto que no sea peligrosa para el cuerpo humano.

Preguntas más frecuentes

Pregunta

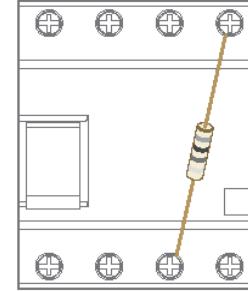
- ¿Puedo utilizar un interruptor diferencial de polos para una red trifásica sin neutro?

4



Respuesta

- Sí. Siempre y cuando realicemos un conexiónado concreto a través de una resistencia para que el botón de test esté sometido a una tensión adecuada para su correcto funcionamiento (consultar el valor de la resistencia y los polos a conectar).





¿PREGUNTAS?

Germán Galindo Caballero
german.galindo@co.abb.com
Cel. 311 561 7189
Bogotá

ABB