



# Esquemas de Conexión a Tierra (ECT)

TT, TN e IT

Ing. Gonzalo Hernández Méndez

Confidential Property of Schneider Electric

Life Is On

**Schneider**  
Electric

# Introducción

Los esquemas de conexión a tierra en BT (el cable neutro)

Tras una introducción histórica sobre el nacimiento de los Esquemas de las Conexiones a Tierra –**ECT**–, el electricista encontrará en esta capacitación información sobre las **prácticas de algunos países** en el ámbito de la media tensión, de subestaciones en MT/BT, pero sobre todo en distribución de BT residencial, comercial e industrial.

Las instalaciones eléctricas evolucionan, la electrónica está presente por todos lados; ello nos lleva a echar una nueva mirada a los ECT (**el cable neutro**) utilizados en BT; y, por qué no, a predecir una evolución que deberá aproximar los esquemas **TT, TN e IT**.

La utilización de la energía eléctrica se inicia prácticamente en **1900**. Hoy en día las normas de instalación eléctrica están muy desarrolladas y tratan todos los aspectos importantes para la realización de una instalación correcta.

En BT, las normas de referencia son la IEC 60364, el NEC, la NFPA 70 y en México la **NOM-001**. Estas diferentes Normas han puesto una especial atención en las disposiciones a aplicar para **asegurar la protección de personas y sus bienes**.

Antes de repasar lo que son estos tres esquemas TT, TN e IT, es interesante hacer un pequeño repaso histórico.

# Historia

Riesgo eléctrico y protección de personas.

**En el siglo XVIII**, la electricidad estática producida por el frotamiento de ciertos cuerpos aislantes es una distracción «científica» que sobresaltan a los experimentadores ... en los salones.

Algunas experiencias peligrosas muestran la naturaleza eléctrica del rayo.

**Y en 1780**, por azar, una «máquina electrostática» hace que se agiten las patas de una rana. **Galvani** observa la contracción de los músculos por la electricidad (actualmente conocido como toques).



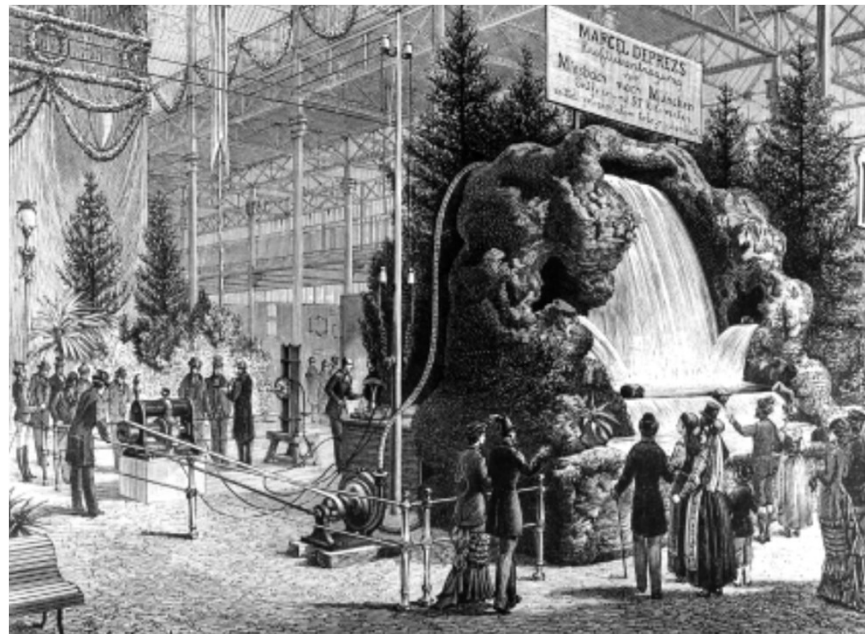
Tales de Mileto 600 AC



En 1880, para transportar la electricidad a varios kilómetros, la **tensión continua** deja el orden de los 100 V, (necesarios para el funcionamiento de las lámparas de arco) para subir a 1300 V (**exposición de Munich de 1882**), y después a 3000 V (conexión **Grenoble-Vizille**) en 1883.

Los defectos de aislamiento provocan fugas y cortocircuitos.

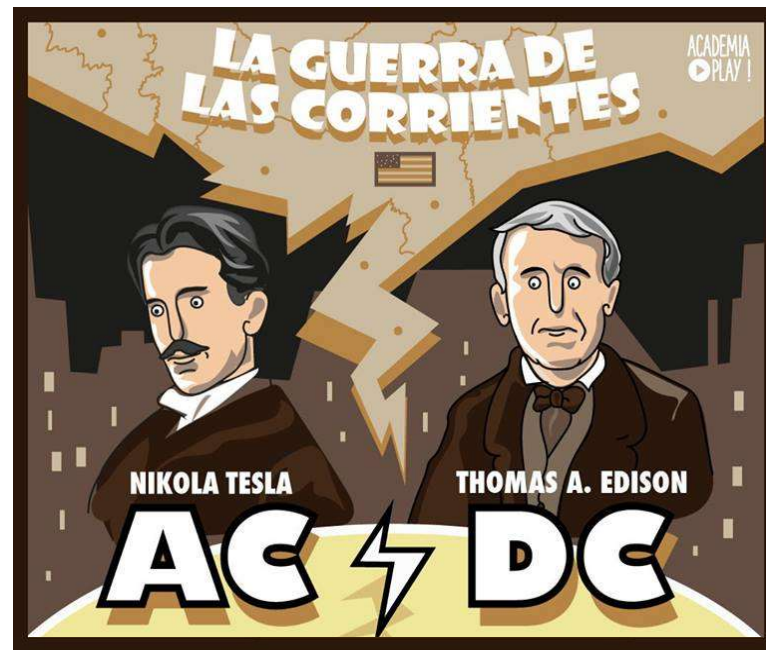
La tensión de 100 V CC puede, se dice, ser tocada sin peligro.





En 1886, primera instalación de distribución en **corriente alterna** en **USA**: alternador 12 A/ 500V CA y 16 pequeños transformadores que suministran los 100 V CA a las primeras instalaciones.

En 1889, en América del Norte es la guerra entre **la corriente continua y la alterna**:



**Edison** defiende la corriente continua, describe los peligros de la corriente alterna para las personas y hace ensayos con perros y caballos,

**Westinghouse** (**Tesla**) es partidario de la corriente alterna.

**Edison** propone un duelo a **Westinghouse**: cada uno será sometido a tensiones idénticas de 100, 150, 200 V, en corriente continua para Edison y en corriente alterna para Westinghouse; **predicción: a 200 VCA Westinghouse ¡habrá muerto!**

**El duelo no tuvo lugar.** Un telegrafista subido a un poste se electrocutó y ardió durante una media hora en pleno centro de New York.

**En 1890, Kremler** sube a la silla eléctrica y es electrocutado con..... **corriente alterna**.

**Así, al final del siglo XIX**, quedaba claro para la comunidad tecno-científica que la corriente eléctrica era peligrosa... para las personas, y **la alterna más peligrosa que la continua.**

Es importante, en este campo, la historia de las industrias pioneras que fabricaban los aparatos y materiales para las instalaciones, o que se dedicaban a la producción y distribución de energía eléctrica. Empresas como la **General Electric** Company (fruto de la unión en 1892 de la **Edison** General Electric y de la Thomson-Houston International Electric) y la **Westinghouse Electric** con **Nikola Tesla**, en Estados Unidos; la **Siemens-Halske**, en Alemania; la **Brown Boveri**, en Suiza; la casa Ganz, en Hungría; **todas ellas ligadas a nombres de grandes inventores en el ámbito de la electricidad.**

La empresa **Square D** fue fundada el 15 de diciembre de 1902 por Bryson Dexter Horton y James B. McCarthy. En 1903 se incorporaron como el McBride Manufacturing Company.

**En 1908**, la empresa pasó a denominarse **Detroit fusible y fabricación.**

El logotipo clásico **"Square D"** se puede encontrar en sus productos. Adoptado alrededor de 1910.



Actualmente Square D es una marca insignia de **Schneider Electric**, que adquirió Square D en 1991.



# Referencia al NEUTRO

## Aparición de los regímenes de neutro

Son el resultado de una larga evolución guiada por la búsqueda de **la mejor protección de las personas**.

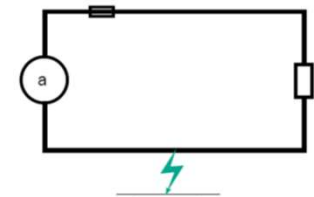
**Desde 1880 a 1920**, el transporte y la distribución de la electricidad se realizan en **«neutro aislado»**, líneas desnudas, puestas fuera de alcance, soportadas por aisladores; ningún punto de la red está puesto voluntariamente a tierra. En viviendas, la tensión es de 100/110 V CA.

**En 1882**, una recomendación de la **Société Britannique des Ingénieurs Télégraphistes et Electriciens (Sociedad Británica de Ingenieros Telegráficos y Electricistas)**, indica que, en las viviendas, si la tensión es mayor a **60 V CA** habrá que instalar equipos de desconexión y conductores de manera que no haya riesgo de electrocución.

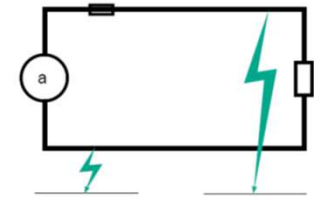
En todo este periodo, los fusibles se funden y las personas «se electrocutan», pero, teniendo en cuenta el nivel de tensión de distribución, hay pocas electrocuciones.

En 1923, en Francia, una «norma» relativa a las instalaciones eléctricas «impone» la puesta a tierra de las **masas (partes metálicas TT)**:

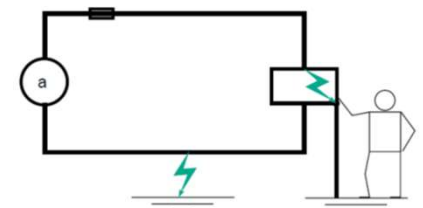
- **Carcasas fijas y móviles de motores**, susceptibles de estar afectadas de un entorno no aislado, en instalaciones de corriente alterna de tensión superior a 150 V,
- **Aparatos electrodomésticos fijos y portátiles** de potencia superior a 4 kW,
- **Cubiertas de calentadores de baño eléctricos** instalados en cuartos de baño,
- **Piezas metálicas** situadas en locales impregnados de líquidos conductores y que, tras un defecto de aislamiento, pudieran encontrarse en tensión.
- **La norma** no da ninguna indicación sobre las condiciones de **puesta a tierra**, ni sobre el valor de la **resistencia de tierra** y no prevé ningún dispositivo de protección. Aunque incluye algunas reglas concernientes a los cortocircuitos, se trata únicamente de condiciones de instalación.



1<sup>er</sup> defecto, no pasa nada



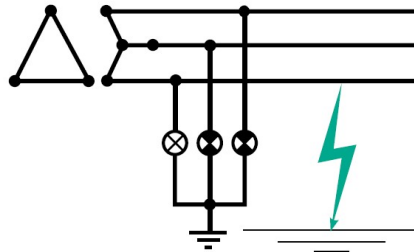
Defecto doble: el fusible funde si se producen defectos francos



Puesta a tierra de las masas de los receptores (1923) para evitar la electrificación por «contacto indirecto»

Para evitar que los fusibles se fundieran en doble falla de aislamiento, es deseable la advertencia rápida de la presencia de la primer falla. Este es el motivo por el que se instaló el primer controlador de aislamiento de seguridad positiva en las instalaciones industriales. Si se apaga una lámpara es que hay una falla entre la fase correspondiente y tierra.

Así nació el primer esquema de conexión a tierra: **el neutro aislado IT.**



**Nota:** el Controlador Permanente de Aislamiento (CPI), de tres lámparas (trifásico), es utilizado hasta 1955.

**En 1951**, los primeros CPI de inyección de corriente continua, se instalan en las minas: se controla el aislamiento de fases y del neutro.

**En 1962**, se fabrican los primeros CPI de transistores y en **1972** los primeros CPI de inyección de corriente alterna de baja frecuencia.

En 1927 un decreto obliga, en Francia, a la puesta a tierra del neutro (TN) del transformador en distribución residencial (**tensión mayor o igual a 150 V CA**).

En esta época, la producción de electricidad en Francia es de unos 350 kWh/habitante/año, (siendo de 7 en 1900); la décima parte de esta producción es distribución en BT.

Las empresas eléctricas «alimentan» a varios clientes por cada transformador. Ahora bien, en neutro aislado, dos fallas a tierra en dos acometidas diferentes no siempre provocan que los fusibles se fundan y **existe realmente riesgo de «incendio»**, (**existe el riesgo «contacto indirecto**, pero se ignora).

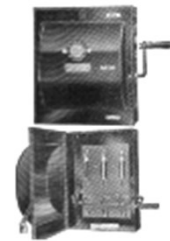
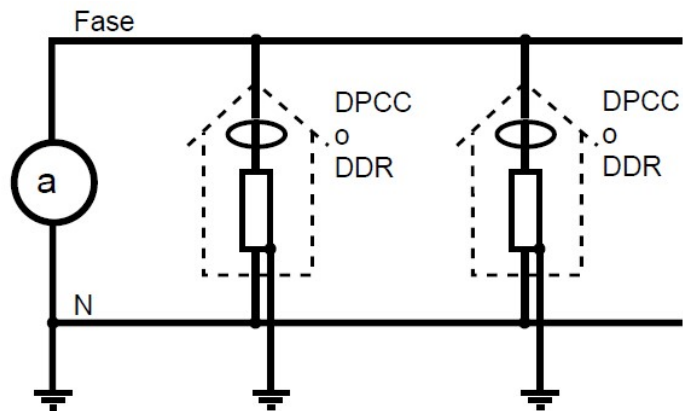
Así, la aplicación del decreto de **1923** permite la puesta fuera de tensión más segura del cliente en una falla y tener así una red **«segura»**.



**En 1935,** el decreto sobre la protección de los trabajadores y la norma C 310, (utilizada por la norma C 11 de **1946**) empieza a hablar del riesgo inherente a la **falla de aislamiento**. En este momento aparece la asociación **«puesta a tierra de receptores y dispositivos de corte automático»**. Estos últimos pueden ser fusibles, «diferenciales» o relevadores de tensión masa/tierra.



**DDR:** Dispositivo Diferencial Residual.  
(IEC)



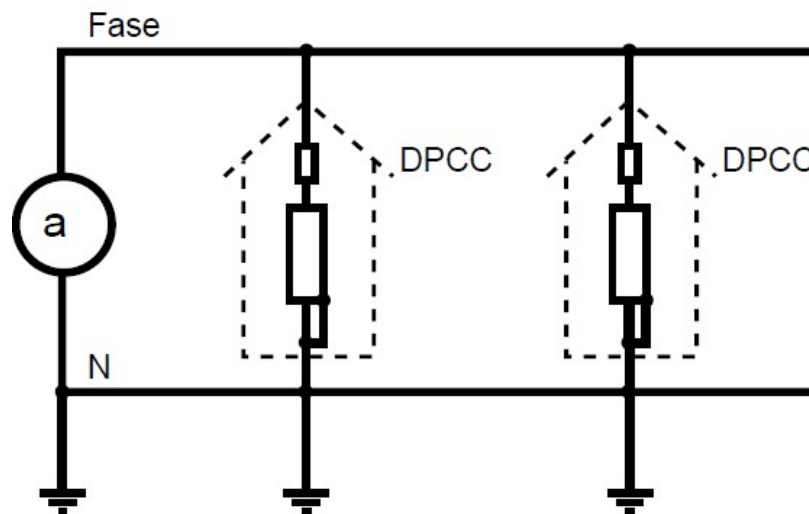
**DPCC:** Dispositivo de Protección  
Contra los Cortocircuitos (disyuntores  
o fusibles). (NEMA)

En 1973, un decreto del Ministerio de Trabajo **autoriza la puesta al neutro** en Francia.

Entre 1962 y 1973 cada régimen de neutro tiene sus partidarios tanto en Francia como en otros países.

La **puesta al neutro** tiene la ventaja de basarse en principios sencillos; son los DPCC quienes desconectan los clientes (o acometidas en BT) que tienen una falla de aislamiento.

La puesta al neutro (**esquema TN**) es empleada en ciertos países (no en Francia) en distribución residencial.





Su empleo, tratándose de **protección de personas contra contactos indirectos**, exige un control riguroso de las impedancias de conexión (sea cual sea el punto de falla) para estar seguros del funcionamiento del DPCC que debe desconectar la parte de falla en los tiempos otorgados.

La definición de estos tiempos por los expertos de la **IEC en los años 70**, en función de la impedancia del cuerpo humano y de los efectos fisiopatológicos, ha autorizado su empleo.

Conviene hacer notar que transformar una falla de aislamiento en cortocircuito aumenta el riesgo de deterioro de los materiales y los riesgos de incendio. Al respecto recordemos que la protección está basada en la hipótesis de la evolución rápida de una falla de aislamiento hacia el estado de corto circuito franco entre fase y neutro.

# IEC 60364

## Los ECT de la IEC 60364

**Los tres ECT normalizados** a nivel internacional se tratan actualmente de la norma internacional: IEC 60304.

No obstante conviene recordar sucintamente sus principios de protección.

### El esquema TN (Tierra a Neutro)

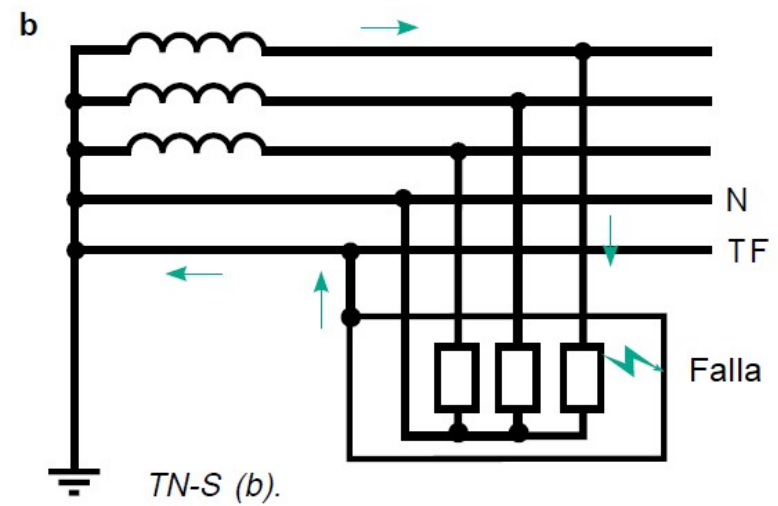
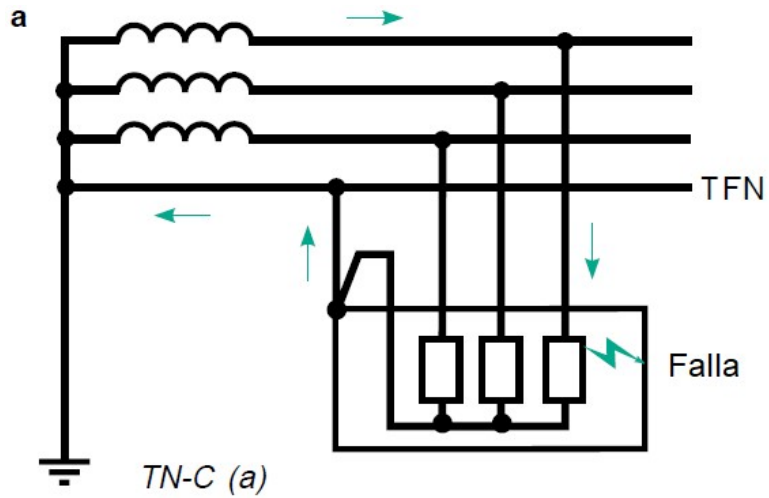
- El neutro del transformador está puesto a tierra,
- Las partes metálicas de las cargas eléctricas están conectadas al neutro.

La falla de aislamiento se transforma en cortocircuito y la parte de la falla es desconectada mediante la protección contra los cortocircuitos (DPCC).

## Los esquemas TN:

**TN-C (a).**- Tierra a Neutro Común

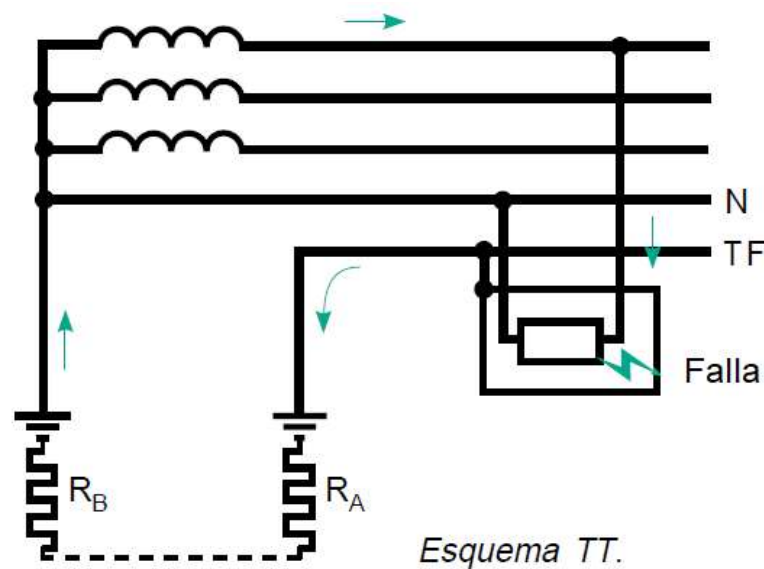
**TN-S (b).**- Tierra a Neutro Separado



## El esquema TT (Tierra a Tanque o a la carcasa o envolvente)

- El neutro del transformador está puesto a tierra,
- Las partes metálicas de las cargas eléctricas también están conectadas a una varilla de tierra.

La corriente de falla de aislamiento está limitada por la resistencia de las varillas de tierra y la parte de falla está desconectada por medio de un Dispositivo **Diferencial** Residual (DDR).



## El esquema IT (Tierra aislada)

- El neutro del transformador **no** está conectado a tierra.

Teóricamente está aislado; de hecho, está conectado a tierra por las capacidades parásitas de la red y/o por una impedancia de alto valor  $\approx 1\ 500\ \Omega$ .

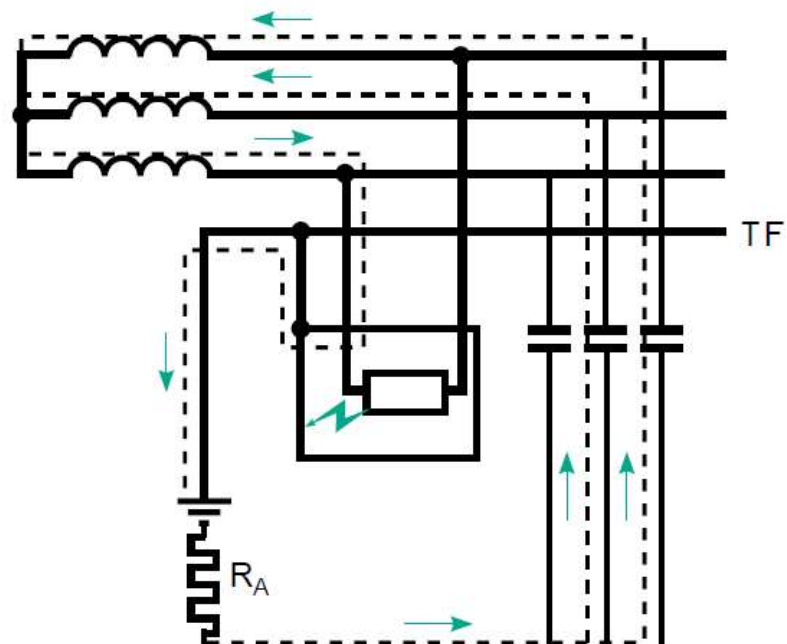
- Las partes metálicas de las cargas eléctricas están conectadas a tierra.

Si se produce **una falla de aislamiento (figura a)**, se desarrolla una pequeña corriente debida a las capacidades parásitas de la red. La tensión desarrollada en la varilla de tierra de las partes metálicas (de algunos volts) no presenta peligro.

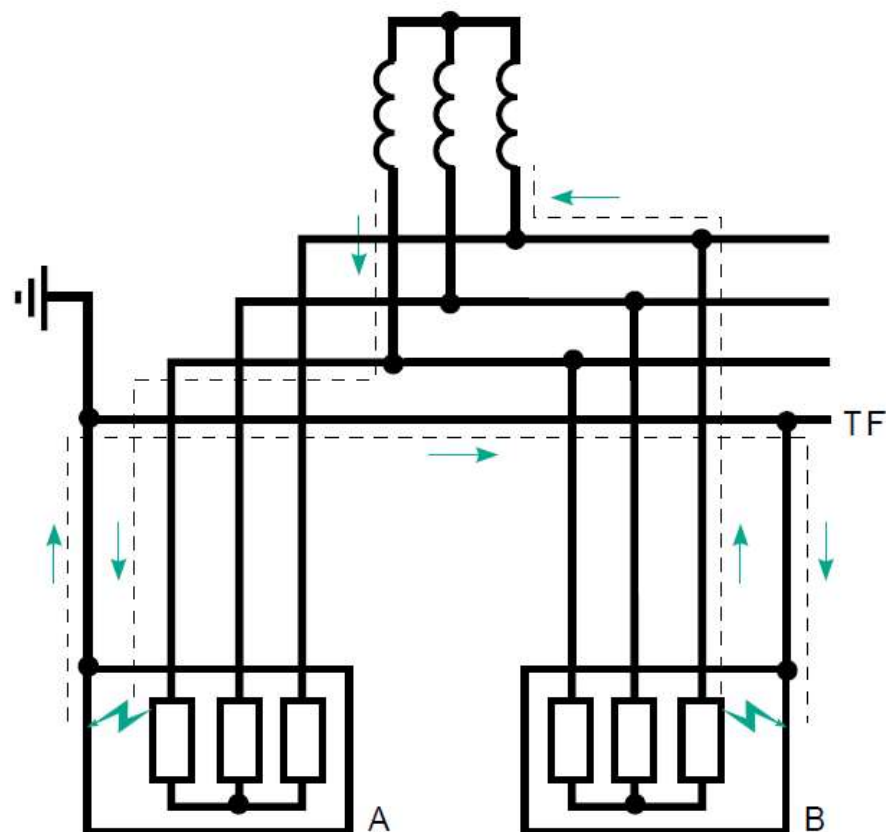
Si aparece **una segunda falla (figura b)** cuando al primera no ha sido aún eliminado, se produce un cortocircuito y serán los DPCC quienes aseguran la protección necesaria.

Las partes metálicas de las cargas implicados se llevan al potencial desarrollado por la corriente de falla en su conductor de tierra física (TF).

a - Una falla



b - Dos fallas



*Esquema IT.*



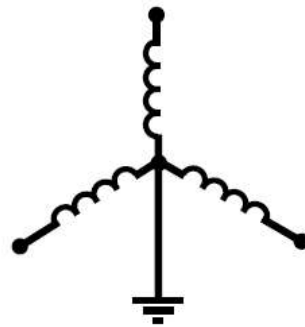
# NEC y NOM-001

## ECT en BT

**Los transformadores más utilizados son**, por regla general,  **$\Delta/Y$ (Delta/Estrella)**; sin embargo hay que señalar que para la distribución eléctrica en **USA y en México** se emplea la distribución monofásica con punto medio (**Tap central**).

La gran mayoría de los países aplican o se inspiran en la norma IEC 60364 que define los ECT TN, IT y TT así como las condiciones de protección; lo mismo para la distribución pública como privada.

a - Trifásico estrella



b - Monofásico en Tap Central



¿Cuál es mejor en los ECT?

**El esquema TN-S** también se utiliza en los países de America y su empleo es cada vez más frecuente, especialmente en el terciario. Precisa de un conductor suplementario y de unos estudios y una realización esmerada, pero es de empleo más flexible; utiliza **GFI** para la protección de personas (en el caso de cables de gran longitud), para la protección de incendios así como para las extensiones sin cálculo de la resistencia en la conexión.

**En el esquema IT**, la vigilancia permanente de aislamiento permite la predicción de la falla, hoy en día facilitada por sistemas numéricos que pueden seguir a lo largo del tiempo la evolución del aislamiento derivación a derivación. Necesita la búsqueda y la eliminación de la falla y, por ello, sería deseable la **presencia de electricistas «in situ (en sitio)»**.

En casi todos los países, **el neutro aislado** es empleado cada vez que es importante la continuidad de servicio o que esté en juego la vida de las personas **(hospitales, por ejemplo)**.

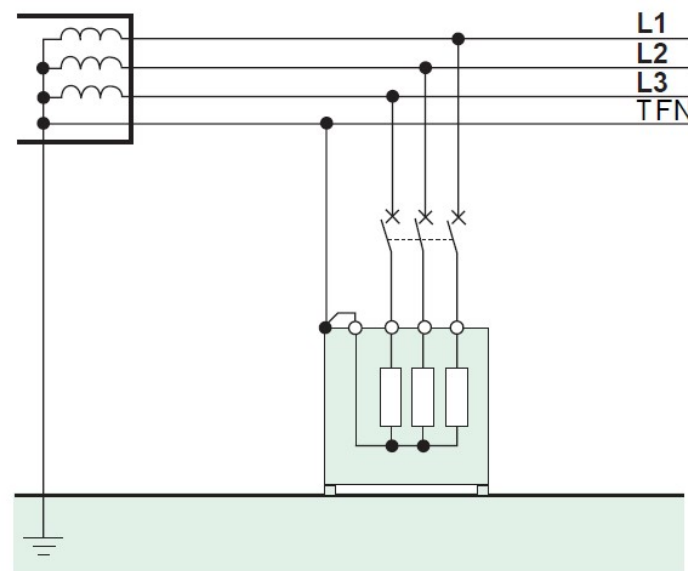
**El esquema TT** es el más fácil de aplicar, las corrientes de falla de aislamiento son 1 000 veces más bajas que en TN o IT (la segunda falla), **de aquí su interés** en referencia a **los riesgos de incendio, explosión, desgaste de materiales y perturbaciones electromagnéticas**.

**Su punto débil** es el riesgo de **descarga en retorno** tras una falla de aislamiento en la estación lado MT si la corriente de falla homopolar es importante y si las parte metálicas de la subestación y del neutro BT están conectadas.

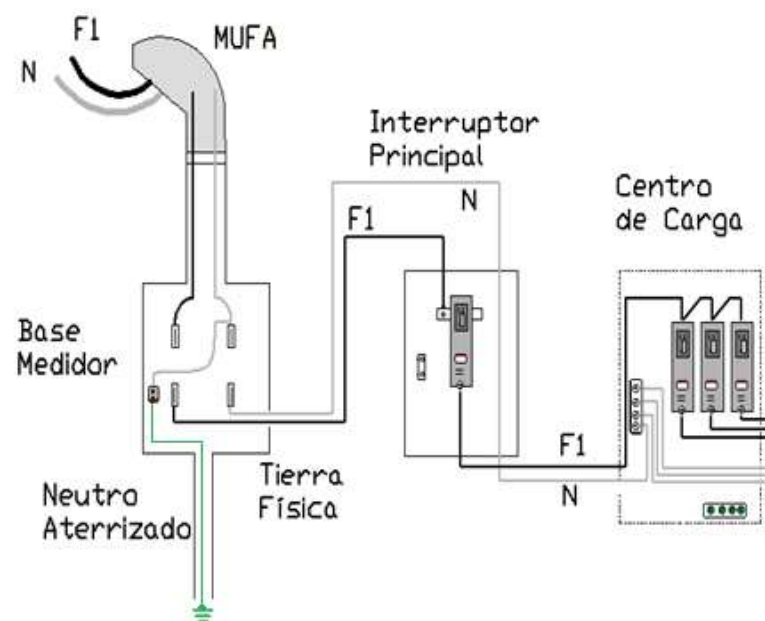
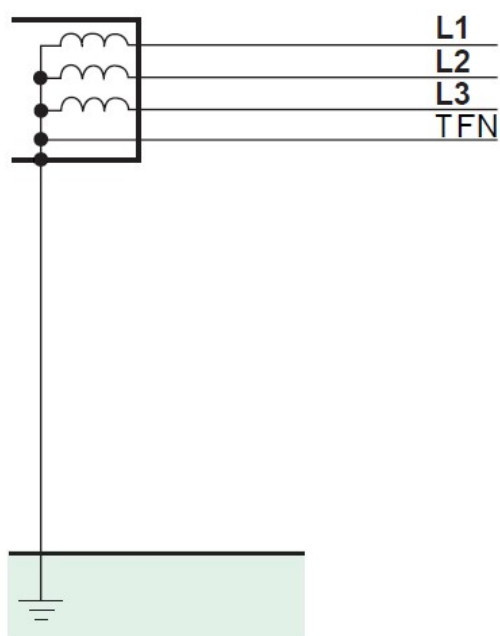
## Los ECT de redes BT (TN).

TN-C, TN-S y TN-C-S

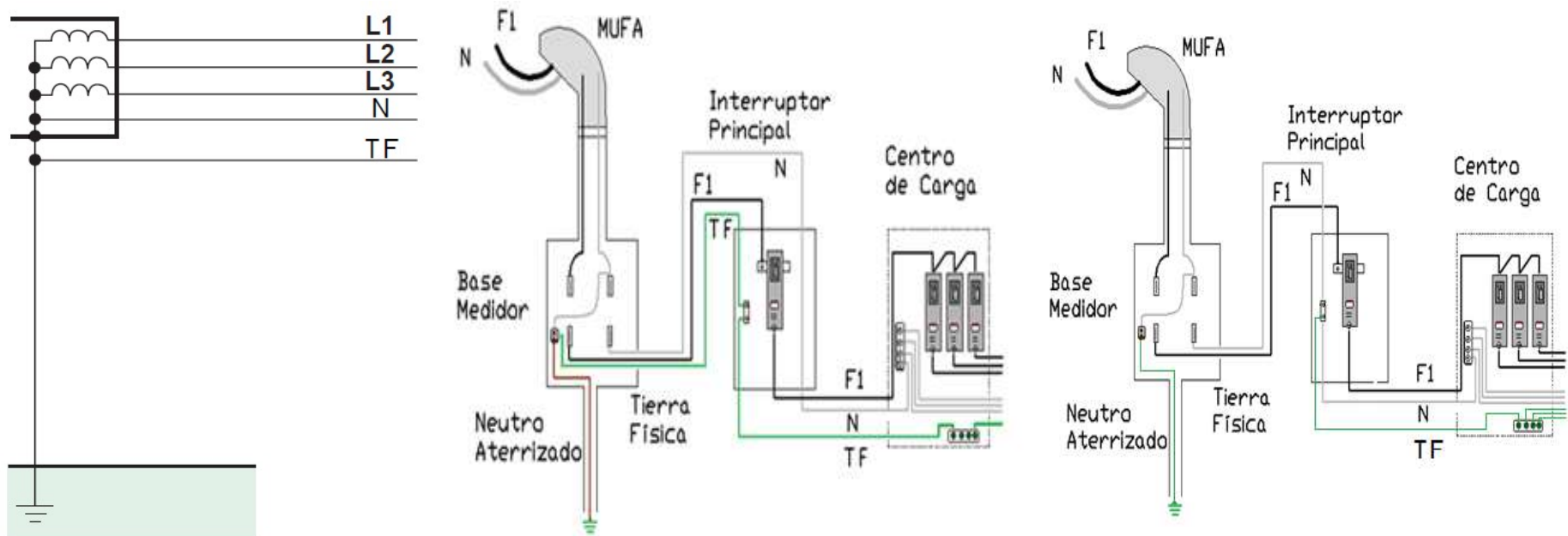
**En este esquema TN**, el neutro del transformador está conectado a tierra y las partes metálicas de las caras están conectadas al neutro. Existen tres variantes de régimen de neutro diferenciadas por una tercera letra C o S.



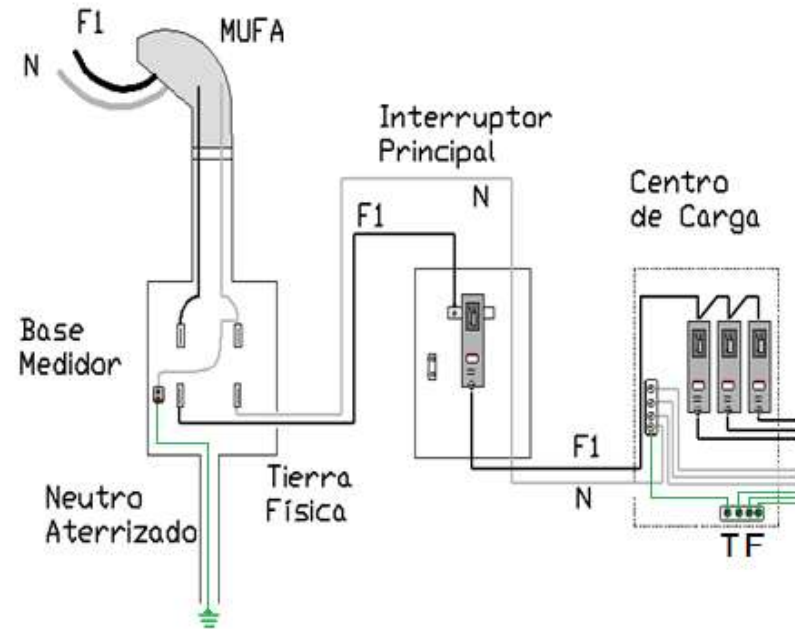
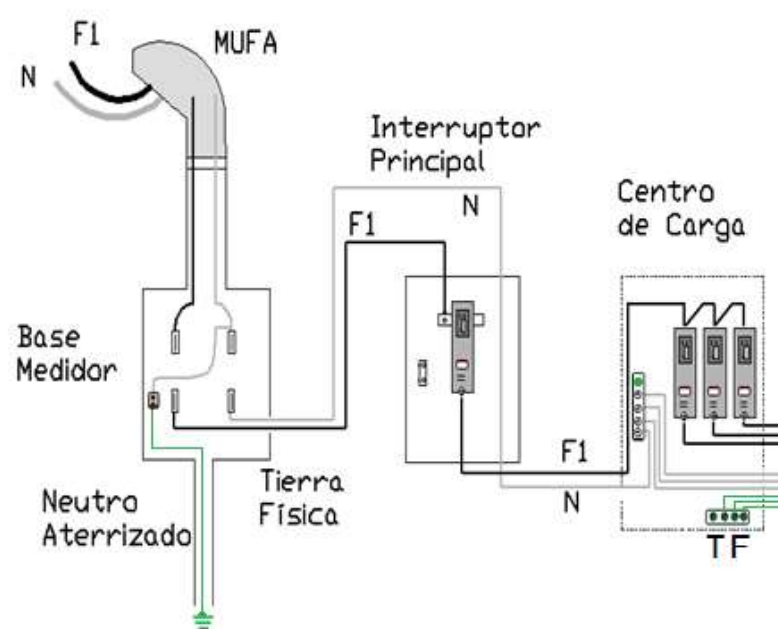
**Esquema TN-C:** El conductor de neutro y el de protección TF son el mismo conductor.



**Esquema TN-S:** El conductor de neutro y el conductor de protección TF están separados..



**Esquema TN-C-S:** Mixto, el esquema TN-C debe situarse siempre aguas arriba del esquema TN-S.





# NOM-001-SEDE-Actual

## ARTICULO 100 DEFINICIONES

**Conductor neutro:** Conductor conectado al punto neutro de un sistema que está destinado a transportar corriente en condiciones normales.

**Conductor puesto a tierra:** Conductor de un sistema o de un circuito, intencionadamente puesto a tierra.

**Conductor de puesta a tierra de los equipos:** Trayectorias conductoras utilizadas para conectar la partes metálicas, que normalmente no conducen corriente, de todos los equipos y al conductor del sistema puesto a tierra o al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos.

**Puente de unión:** Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que deben estar conectadas eléctricamente.

**Puente de unión, principal:** Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

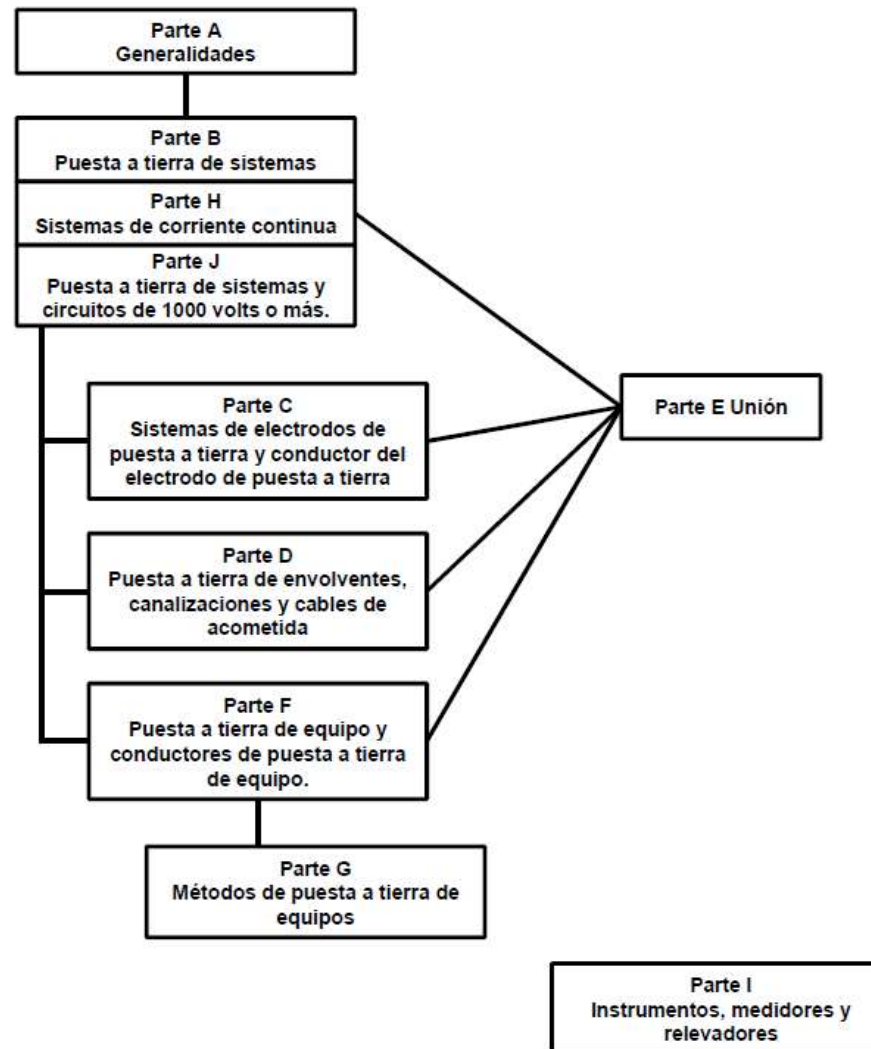
## ARTÍCULO 250

### PUESTA A TIERRA Y UNION

#### A. Generalidades

**250-1. Alcance.** Este Artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y unión de instalaciones eléctricas y los requisitos específicos indicados en (a) hasta (f).

- a) Sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que debe ser puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.
- d) Tipos y tamaños de los conductores de unión y de puesta a tierra y electrodos de puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y unión.
- f) Condiciones bajo las cuales los protectores, la separación o el aislamiento eléctrico pueden ser sustituidos por la puesta a tierra.



Life Is On

**Schneider**  
Electric

## 250-2. Definiciones.

**Puente de unión, lado línea.** Un conductor instalado del lado del suministro de una acometida o en las envolventes del equipo de acometida, o de un sistema derivado separado, que **asegura la conductividad eléctrica requerida entre las partes metálicas** que se requiere que estén conectadas eléctricamente.

**Trayectoria de la corriente de falla a tierra.** Trayectoria eléctricamente conductora desde el punto de falla a tierra en un sistema de alambrado a través de conductores o equipo que normalmente **no transportan corriente o la tierra**, hasta la fuente de alimentación eléctrica.

**NOTA:** Ejemplos de trayectorias de corriente de falla a tierra podrían consistir en cualquier combinación de conductores de puesta a tierra de equipos, canalizaciones metálicas, cubiertas metálicas de cables, equipo eléctrico y cualquier otro material eléctricamente conductor tal como tuberías metálicas de agua y gas, elementos estructurales de acero, mallas metálicas para recubrimiento de paredes, ductos metálicos, refuerzos de acero, blindajes de cables de comunicaciones y la propia tierra.

**Trayectoria efectiva de la corriente de falla a tierra.** Trayectoria construida **intencionalmente**, eléctricamente conductora, de baja impedancia, diseñada para transportar la corriente bajo condiciones de falla a tierra desde el punto de falla a tierra en un sistema de alambrado hasta la fuente de alimentación eléctrica y que **facilita el funcionamiento del dispositivo de protección contra sobrecorriente o de los detectores de falla a tierra** en sistemas puestos a tierra de alta impedancia.

**5) Trayectoria efectiva de la corriente de falla a tierra.** Los equipos y el alambrado eléctrico y otros materiales eléctricamente conductivos que tienen la probabilidad de energizarse, se deben instalar de forma que establezcan un circuito de baja impedancia, que facilite la operación del dispositivo de protección contra sobrecorriente o del detector de falla a tierra para sistemas puestos a tierra a través de una alta impedancia. Deben tener la capacidad de transportar con seguridad la corriente máxima de falla a tierra que probablemente sea impuesta sobre él desde cualquier punto del sistema de alambrado en donde pueda ocurrir una falla a tierra hasta la fuente de alimentación eléctrica. **La tierra no se debe considerar como una trayectoria efectiva para la corriente de falla a tierra.**

**250-20. Sistemas de corriente alterna que deben ser puestos a tierra.** Los sistemas de corriente alterna **deben** ser puestos a tierra como se indica en (a), (b), (c) o (d) siguientes. Se permitirá que sean puestos a tierra otros sistemas. Si dichos sistemas están puestos a tierra, deben cumplir con las disposiciones aplicables de este Artículo.

**b) Sistemas de corriente alterna de 50 a menos de 1000 volts.** Los sistemas de corriente alterna de 50 a menos de 1000 volts que alimentan el alambrado de los inmuebles y los sistemas de alambrado de éstos, deben ser puestos a tierra si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

- (1) Cuando el sistema puede ser puesto a tierra, de manera que la tensión máxima a tierra en los conductores de fase **no sea mayor de 150 volts**.
- (2) Cuando el sistema es de **3 fases, 4 hilos conectado en estrella**, en el cual el conductor neutro se utiliza como un conductor de circuito.
- (3) Cuando el sistema es de **3 fases, 4 hilos conectado en delta**, en el cual el punto medio del devanado de una fase se usa como un conductor de circuito.



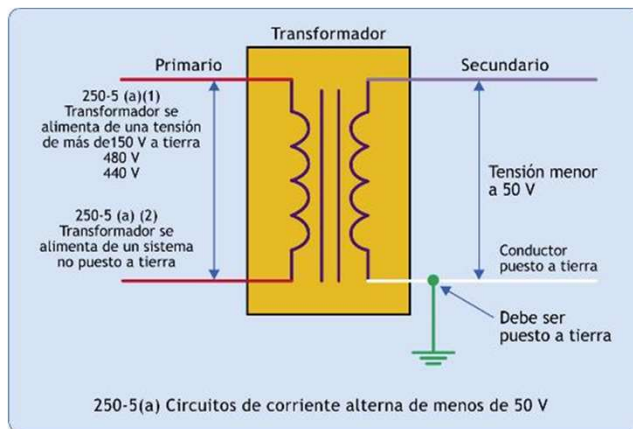


Fig. 1/7: Puesta a tierra de sistemas eléctricos de menos de 50 V.

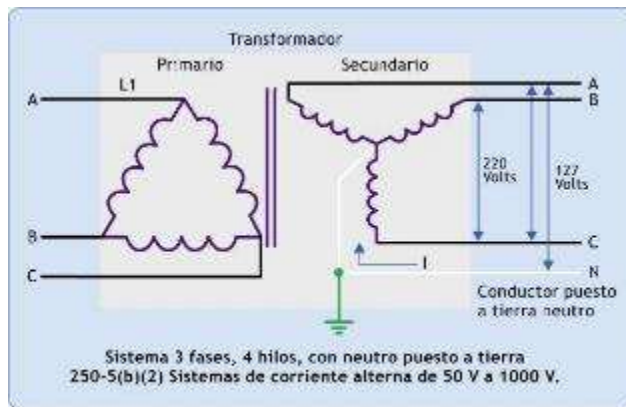
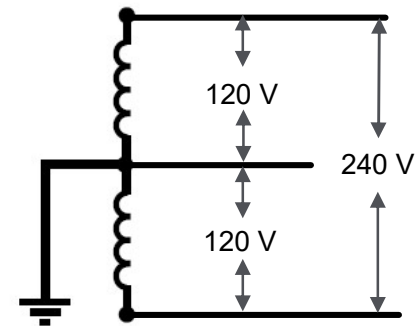
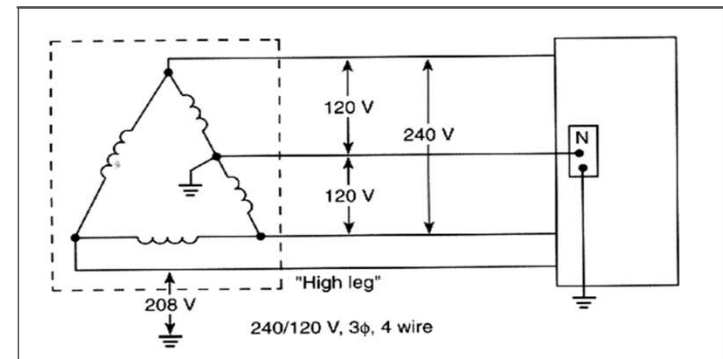


Fig. 2/7: Puesta a tierra de sistemas eléctricos de 50 V a 1000 V.





## ¿Dudas o Preguntas ?

Acceso al portal: [www.se.com.mx](http://www.se.com.mx)

Correo: [PartnerPortalsupportMexico@schneider-electric.com](mailto:PartnerPortalsupportMexico@schneider-electric.com)

Twitter: [@IngGonzaloSE](https://twitter.com/IngGonzaloSE)

Blog: <http://blogespanol.schneider-electric.com>

Tel. 01 800 249 1010



**Gracias**  
*Por su atención*

Life Is On

Life Is On | **Schneider**  
Electric

Life Is On | **Schneider**  
Electric