

# La puesta a tierra según el código eléctrico colombiano norma Icontec NTC 2050

**Edwin Rivas Trujillo**

**Carlos Eduardo Olaya Marulanda**

**Javier Guacaneme**

## I. GENERALIDADES

El código eléctrico colombiano (CEC) tiene como propósito exclusivo la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad (Art. 90-1a) en una instalación eléctrica. El CEC contiene provisiones que se consideran fundamentales y necesarias para lograr esa seguridad, y garantiza que el cumplimiento de las mismas con el mantenimiento adecuado proporcionarán una instalación prácticamente libre de riesgos (Art. 90-1b).

La sección 250 - Puesta a Tierra del CEC tiene como propósito y objetivo garantizar que la instalación eléctrica sea segura. Esta sección contiene provisiones que garantizan la protección contra los choques eléctricos y los incendios (minimizando el riesgo de su presencia) producto de las sobretensiones transitorias enormes inmersas en el fenómeno del rayo y de las corrientes de falla a tierra. Esta sección presenta reglas que identifican los métodos de instalación que deben ser seguidos para garantizar la seguridad de la instalación.

La puesta a tierra (Grounding) es una técnica que cumple un rango amplio de funciones en torno del diseño y de la construcción de un sistema de distribución de energía eléctrica interrelacionadas pero diferentes. Estas funciones son igualmente fundamentales tanto para la seguridad de las personas como para la mejora de la calidad del servicio y para la operación apropiada del sistema eléctrico y de los equipos. Entre estas funciones están la puesta a tierra del sistema eléctrico (system grounding), la puesta a tierra de los equipos (equipment grounding), la protección de las instalaciones contra la estática y las descargas atmosféricas (rayos), y la conexión al suelo (connection to earth) como un potencial de referencia cero.

Este artículo se propone desarrollar algunas de las consideraciones que están detrás de cada uno de las funciones arriba mencionadas. Estas consideraciones tienen como propósito llamar la atención a todos los usuarios desprevenidos del CEC (proveedores de equipos, constructores, diseñadores, interventores, inspectores) para que sean más solícitos en la implementación de estas pautas respecto de la seguridad. Esta implementación es el único fundamento y sustento que facilita la realización adicional de puestas a tierra de calidad que aseguren el funcionamiento óptimo a los equipos.

## II. DEFINICIONES

La siguiente terminología permitirá la comprensión idónea del contenido de este artículo. Para evitar ambigüedades molestas, cada término en español se acompaña de su término específico correspondiente en inglés.

**Compensación de potencial (Bonding):** La creación de una unión mecánica permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera circular. En la literatura técnica se le conoce también como “Equipotencialización”.

**Conductor del electrodo de puesta a tierra (Grounding electrode conductor):** Conductor de puesta a tierra utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra del circuito o a ambos, en los equipos de acometida o en la fuente de un sistema derivado independiente.

**Conductor de puesta a tierra (Grounding conductor):** El conductor que se utiliza para establecer una tierra y que conecta un equipo, un dispositivo, un sistema de cableado u otro conductor (usualmente el conductor neutro) con el electrodo de puesta a tierra.

**Conductor de puesta a tierra de equipos (Equipment grounding conductor):** Conductor de puesta a tierra utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

**Conductor puesto a tierra (Grounded conductor):** Conductor de un sistema de potencia o circuito conectado intencionalmente a tierra (ground). Generalmente es el conductor neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

**Conexión de puesta a tierra (Grounding connection):** Una conexión puntual mecánica y eléctrica que se realiza en el establecimiento de una tierra. Una tierra consta de un conductor de puesta a tierra, de un electrodo de puesta a tierra, y del suelo que rodea al electrodo (o del cuerpo conductor que sirve en lugar del suelo).

La puesta a tierra (Grounding) es una técnica que cumple un rango amplio de funciones en torno del diseño y de la construcción de un sistema de distribución de energía eléctrica interrelacionadas pero diferentes.

El suelo no debe ser usado como el único conductor de puesta a tierra de los equipos o camino para la corriente de falla.

**Conexión al suelo (Connection to earth):** Es el contacto físico íntimo que se establece entre una tierra y el suelo cuando se instala un electrodo de puesta a tierra. El electrodo es el conductor que habilita a la corriente eléctrica para que entre al (o salga del) suelo que lo rodea.

**Electrodo de puesta a tierra (Grounding electrode):** Un conductor o grupo de conductores en íntimo contacto con el suelo (earth) que tiene por propósito el establecer una conexión con la tierra (ground).

**Puesta a tierra (Grounding):** La creación de una conexión intencional entre un sistema eléctrico o equipo y el suelo (earth), o un cuerpo conductor que sirva en lugar del suelo.

**Sistema de puesta a tierra (Grounding system):** Sistema que se forma cuando todas las conexiones de puesta a tierra (grounding connections), en un sistema de potencia específico, se interconectan.

**Sistema eléctrico puesto a tierra (Grounded system):** Un sistema eléctrico en el cual al menos un conductor o punto (usualmente el conductor neutro o el punto neutro de los devanados de un transformador o un generador) es intencionalmente puesto a tierra (ground), ya sea sólidamente o a través de un dispositivo de puesta a tierra.

**Suelo (Earth):** La tierra física que en electricidad se considera como el potencial de referencia cero voltios. En la literatura técnica, el potencial de referencia cero voltios se denomina generalmente como la tierra verdadera (remota).

**Tierra (Ground):** Una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o un equipo se conecta al suelo (earth), o a algún cuerpo conductor de extensión relativamente grande que sirva en lugar del suelo.

Notas:

1. La tierra (eléctrica) se utiliza para establecer y mantener el potencial del suelo (earth) o del cuerpo conductor o aproximadamente ese potencial, sobre los conductores conectados a ella (la tierra eléctrica), y para conducir las corrientes que circulan por ella hacia y desde el suelo (earth) o del cuerpo conductor.

2. En ingeniería eléctrica, la palabra tierra (ground) tiene una connotación eléctrica y no debe ser confundida con la palabra que identifica al planeta (Earth). Por eso, cuando este texto nombra la palabra "tierra" se refiere a la tierra eléctrica (ground); y cuando nombra la palabra "suelo" se refiere a la tierra física (Earth). Aunque la terminología americana y europea invierten los términos, siempre se mantiene la diferenciación entre los dos conceptos. En este texto, se aplica la terminología americana ya que el CEC NTC 2050 de 1.998 es

una adaptación excelente del Código eléctrico americano norma NFPA 70 de 1.996.

**Trayectoria de la corriente de falla (Fault current path):** Camino permanente y eléctricamente continuo que debe ser capaz de transportar con seguridad la corriente máxima que le sea impuesta, y de presentar una impedancia lo suficientemente baja para facilitar la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes bajo condiciones de falla. El suelo no debe ser usado como el único conductor de puesta a tierra de los equipos o camino para la corriente de falla.

### III. EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN PREDIO

Los sistemas de distribución de la energía eléctrica en baja tensión se identifican de acuerdo a designaciones que estipulan las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). El sistema de distribución de la energía eléctrica en baja tensión de un predio según IEC se compone de dos sujetos: 1- El sistema de potencia o fuente de alimentación, y 2- La instalación eléctrica interior.

La designación IEC para un sistema de potencia identifica a través de una primera letra la forma en que el conductor neutro del sistema eléctrico se conecta a la tierra; y a través de una segunda letra, la forma en que el conductor de puesta a tierra de los equipos en la instalación eléctrica interior se conecta a la tierra. IEC denomina al conductor de puesta a tierra de los equipos, el conductor de puesta a tierra de protección (protective earth - PE).

Las letras que se utilizan son:

- T = Tierra (ground)
- N = Conductor neutro
- I = Impedancia a tierra (ground)
- S = Separado (Conectado al conductor neutro en la acometida de entrada)
- C = Combinado (Conectado al conductor neutro en el equipo).

Los sistemas de distribución según su configuración se designan como: IT, TN, TN-C, TN-S, TT.

El sistema IT (no puesto a tierra o puesto a tierra a través de una impedancia) describe la existencia de dos electrodos de puesta a tierra separados: La letra I define que el conductor neutro del sistema de potencia se conecta a su electrodo de puesta a tierra en la acometida de entrada de la instalación a través de una impedancia. La letra T define que el conductor de puesta a tierra se conecta a su propio electrodo de puesta a tierra el cual está remoto del electrodo de tierra del neutro. En ningún caso se permite la unión directa a través de conductores de estos dos sistemas de electrodos de puesta a tierra. Las corrien-

El suelo no debe ser usado como el único conductor de puesta a tierra de los equipos o camino para la corriente de falla.

tes de falla en la primera falla a tierra son del orden de las unidades de amperios, generalmente menores a 5 amperios.

El sistema TN-C describe la existencia de sólo un sistema de electrodos de puesta a tierra: La letra T define que el conductor neutro del sistema de potencia se conecta a su electrodo de puesta a tierra en la acometida de entrada de la instalación. La letra N define que el conductor de puesta a tierra se conecta al conductor neutro en los medios de desconexión de la acometida. La letra C en la designación significa que el conductor de puesta a tierra está combinado con el mismo conductor neutro; es decir, el mismo conductor cumple las dos funciones.

El sistema TN-S describe la existencia de sólo un sistema de electrodos de puesta a tierra: La letra T define que el conductor neutro del sistema de potencia se conecta a su electrodo de puesta a tierra en la acometida de entrada de la instalación. La letra N define que el conductor de puesta a tierra se conecta al conductor neutro en los medios de desconexión de la acometida. La letra S en la designación significa que el conductor de puesta a tierra está separado del conductor neutro; es decir, el conductor neutro es el conductor puesto a tierra, y el conductor de puesta a tierra de los equipos es el conductor de protección (de seguridad). Las corrientes de falla a tierra, en general, están en el rango entre unos pocos kiloamperios (5 KA) hasta las centenas de los kiloamperios (100 KA).

El sistema TT describe la existencia de dos electrodos de puesta a tierra independientes: La primera T define que el conductor neutro del sistema de potencia se conecta a su electrodo de puesta a tierra en la acometida de entrada de la instalación, la segunda T define que el conductor de puesta a tierra (conductor de seguridad) se conecta a su propio electrodo de puesta a tierra el cual está remoto del electrodo de tierra del neutro. En ningún caso se permite la unión directa a través de conductores de estos dos sistemas de electrodos de puesta a tierra. Las corrientes de falla a tierra, en general, están en el rango entre unos pocos amperios (5 A) hasta las varias decenas de amperios (50 A).

El NEC NFPA 70 ha acogido el sistema TN-S (sistema sólidamente puesto a tierra) como el adecuado para las instalaciones eléctricas que regula. De los tres sistemas, sólo el IT garantiza, además, cuando su resistencia es alta, la continuidad del servicio de la energía libre de riesgos en presencia de la falla de un aislamiento. Por eso, con las provisiones debidas, el NEC NFPA 70 permite la utilización de este sistema en algunas instalaciones críticas (por ej., en ciertas zonas críticas de los hospitales).

**NOTA DE LOS AUTORES:** El sistema TT está prohibido en el NEC NFPA 70; y por lo mismo, también se encuentra prohibido en el CEC NTC 2050.

## IV. LA PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA DE POTENCIA (System Grounding)

La puesta a tierra del sistema de potencia permite la conexión del sistema eléctrico a partir de la red pública, a partir del devanado secundario del transformador o a partir de un generador (planta eléctrica) a tierra.

Un sistema eléctrico puede ser puesto a tierra (grounded) a través de uno de varios métodos:

1. Sólidamente (conexión directa con tierra sin impedancias intencionales).
2. Por una impedancia (una resistencia o una reactancia).
3. No ser puesto a tierra (no tener una conexión intencional con tierra).

La mayoría de los sistemas eléctricos son puestos a tierra en su fuente para:

1. Estabilizar las tensiones del sistema.
2. Limitar las diferencias de potencial a que se someten los materiales aislantes.
3. Minimizar las tensiones que ocurren durante una falla a tierra.
4. Proporcionar un camino de retorno para las corrientes de falla que permita la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes.

Los términos que se involucran en la puesta a tierra del sistema eléctrico son: Conductor del electrodo de puesta a tierra, Conductor puesto a tierra, Electrodo de puesta a tierra, Puesto a tierra, Sistema de electrodos de puesta a tierra.

### 4.1 Puesta a Tierra- Sistemas Eléctricos en Baja Tensión

Los sistemas trifásicos puestos a tierra sólidamente usualmente se conectan en Y, con su punto neutro puesto a tierra. Los sistemas no puestos a tierra pueden ser Y o delta, aunque el delta es el más común.

Los sistemas puestos a tierra por resistencia más sencillos se implementan con una conexión Y, y su punto neutro es puesto a tierra a través de una resistencia. Los sistemas delta pueden ser puestos a tierra por medio de un transformador de puesta a tierra en zig-zag. Este dispositivo de puesta a tierra deriva un punto neutro, el cual puede ser puesto a tierra o sólidamente o a través de una impedancia. Si el transformador en zig-zag tiene suficiente capacidad, el neutro creado puede ser puesto a tierra sólidamente y utilizarse como parte de un sistema eléctrico trifásico de cuatro hilos. La mayoría de los sistemas suministrados por transformadores son puestos a tierra sólidamente o por resistencia. Los neu-

La puesta a tierra del sistema de potencia permite la conexión del sistema eléctrico a partir de la red pública, a partir del devanado secundario del transformador o a partir de un generador (planta eléctrica) a tierra.

En general, los sistemas puestos a tierra sólidamente (TN-S) se utilizan en donde las cargas se conectan entre línea y neutro.

tros de un generador (planta eléctrica) son puestos a tierra a través de un reactancia para limitar las corrientes (de secuencia cero) de falla a tierra a valores que el generador pueda soportar.

#### 4.2 La Selección del Método de Puesta a Tierra para un Sistema de Baja Tensión

No hay un sistema de distribución “óptimo” para todas las aplicaciones. Las características de un sistema eléctrico deben valorarse contra los requerimientos de las cargas a usar, el alumbrado, la continuidad del servicio, la seguridad y el costo; sólo así, se puede determinar si un sistema de distribución debe ser puesto a tierra o sólidamente o por impedancia, o no ser puesto a tierra.

Bajo condiciones de falla a tierra, cada sistema eléctrico adquiere un comportamiento propio:

- Un sistema puesto a tierra sólidamente (TN-S) produce corrientes de falla muy altas, usualmente con arcos y el circuito en falla debe ser clarificado sobre la primera falla dentro de una fracción de segundo para minimizar los daños.
- Un sistema no puesto a tierra (IT) pasará corriente limitada- sólo la corriente de carga del sistema - dentro de la primera falla a tierra, causada por la capacitancia distribuida a tierra del sistema de potencia y del equipo. En los sistemas de baja tensión, esta corriente rara vez supera el rango entre 1 y 2 amps. Por lo tanto, en presencia de la primera falla a tierra, el sistema eléctrico puede continuar brindando servicio. Esta característica lo hace deseable en sitios donde las interrupciones de la energía no son tolerables. La localización de una primera falla a tierra sobre este sistema eléctrico puede ser difícil. Si antes de que la primera falla sea clarificada, ocurre una segunda falla a tierra sobre una segunda fase, aún sobre un alimentador remoto y diferente, se presentará una corriente de falla alta la cual seguirá la trayectoria fase - tierra - fase, usualmente con formación de arcos. Esta situación puede causar daños muy severos si al menos una de las fallas no se clarifica de inmediato.

En general, los sistemas puestos a tierra sólidamente (TN-S) se utilizan en donde las cargas se conectan entre línea y neutro. Los sistemas puestos a tierra por resistencias altas se utilizan como sustitutos de los sistemas no puestos a tierra (IT) donde se requiere alta disponibilidad del sistema eléctrico.

## V. LA PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS (Equipment Grounding)

La puesta a tierra de los equipos es fundamental para la seguridad de las personas. Su función es asegurar que todas las partes metálicas de todas las estructuras y de equipos que no transportan corriente

en o cerca al sistema de distribución de energía eléctrica estén al mismo potencial y que éste sea el potencial de referencia cero del suelo (earth) o aproximadamente, ese potencial de referencia.

La puesta a tierra de los equipos también proporciona un camino de retorno para las corrientes de falla a tierra, permitiendo que los dispositivos de protección contra las sobrecorrientes actúen (operen). El contacto accidental de un conductor energizado del sistema con una parte metálica que no transporte corriente (por ej., la carcasa de un motor, el gabinete de un tablero de breakers,...) del sistema inapropiadamente aterrizada (grounded) elevaría el potencial del objeto metálico arriba del potencial de tierra. Cualquier persona que toque este objeto mientras esté puesto a tierra (grounded) podría ser lesionado gravemente o morir. Además, el flujo de la corriente a partir de la falla a tierra accidental de una parte energizada del sistema podría generar el calor suficiente (a menudo con arcos) para iniciar un incendio. Para impedir la generación de tales diferencias de potencial peligrosas se requiere que:

1. El conductor de puesta a tierra del equipo proporcione a las corrientes de falla a tierra un camino de retorno con impedancia lo suficientemente baja para eliminar caídas de tensión peligrosas.
2. El conductor de puesta a tierra del equipo tenga el área suficiente para transportar la corriente máxima de falla a tierra, sin quemarse ni fundirse, por el tiempo necesario que permita a los dispositivos de protección (relays de falla a tierra, interruptores de circuito, fusibles) clarifiquen la falla.

**Nota:** El conductor puesto a tierra del sistema (usualmente el conductor neutro) no debe utilizarse para la puesta a tierra de los equipos.

Es importante entender la distinción entre el conductor puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra de los equipos. El conductor puesto a tierra, comúnmente referido como neutro, es el conductor del circuito que transporta corriente normal en el lado puesto a tierra de la fuente de energía, y siempre debe ser de color blanco o gris natural. El conductor de puesta a tierra de los equipos está unido (bonded) a todas las partes metálicas expuestas y sólo transporta corriente en el evento de una falla, exceptuando las corrientes normales y pequeñas de fuga. Este conductor puede ser desnudo, pero si está aislado, su aislamiento debe presentar un color verde cuando su calibre es 13,29 mm<sup>2</sup> (6 AWG) o menos. Los conductores con aislamiento verde no pueden utilizarse para otro propósito distinto.

El conductor de puesta a tierra de los equipos puede ser la tubería metálica o las canalizaciones que contienen el sistema de cableado (alambrado), o un conductor de puesta a tierra del equipo separado, tendido en la misma tubería junto con los conducto-

En general, los sistemas puestos a tierra sólidamente (TN-S) se utilizan en donde las cargas se conectan entre línea y neutro..

res del circuito como lo obliga el CEC (Código Eléctrico Colombiano). Si un conductor de puesta a tierra del equipo separado se usa, él puede ser desnudo o aislado (insulated).

El sistema de puesta a tierra de los equipos debe unirse (bonded) al electrodo de puesta a tierra en la fuente de energía derivada independiente o en la acometida. Cuando computadores, equipos de procesamiento de datos, sistemas de control de procesos industriales basados en microprocesador son instalados, el sistema de puesta a tierra de los equipos debe diseñarse apropiadamente para minimizar las interferencias en su funcionamiento. A menudo, la puesta a tierra aislada de este equipo, o fuentes de energía derivadas independientes son requeridos para proteger los microprocesadores del ruido del sistema de potencia el cual de ninguna forma afecta los motores y otro equipo eléctrico convencional clásico.

Los términos que se involucran en la puesta a tierra de los equipos, generalmente son: Conductor del electrodo de puesta a tierra, Conductor de puesta a tierra de los equipos, Electrodo de puesta a tierra.

## VI. PROTECCIÓN CONTRA LAS FALLAS A TIERRA

Una falla a tierra normalmente ocurre en una de dos formas:

- Por el contacto accidental de un conductor energizado con cuerpos metálicos normalmente puestos a tierra.
- Por el contacto accidental debido a la falla del aislamiento de un conductor energizado. Cuando ocurre una falla del aislamiento (insulation), el conductor energizado contacta metales puestos a tierra que no transportan corriente, los cuales están unidos a o son parte del conductor de puesta a tierra de los equipos.

En un sistema sólidamente puesto a tierra, la corriente de falla regresa a su fuente principalmente por los conductores de puesta a tierra de los equipos, con una parte pequeña usando caminos paralelos tales como el acero estructural y las tuberías metálicas (piping). Si la impedancia de este camino de retorno a tierra fuera tan baja las corrientes de falla a tierra serían altas, y la protección normal contra sobrecorrientes de la fase involucrada en la falla debería clarificarlas con poco daño. Desafortunadamente, la impedancia del camino de retorno a tierra es usualmente más alta, la falla en sí misma es un arco y la impedancia de éste adicionalmente reduce la corriente de falla. En un sistema eléctrico de 480Y/277 Voltios, la caída de tensión que se presenta en los extremos del arco suele alcanzar el rango entre 70 y 140 Voltios.

En un sistema sólidamente puesto a tierra, la corriente de falla regresa a su fuente principalmente por los conductores de puesta a tierra de los equipos.

Según la dimensión de una instalación eléctrica, la corriente de falla a tierra resultante rara vez es suficiente para causar que un dispositivo de protección contra sobrecorrientes opere instantáneamente e impida el daño. La magnitud de la corriente de falla a tierra está por debajo del ajuste de disparo del protector contra sobrecorrientes, y éste de ninguna manera se disparará hasta tanto la corriente de falla crezca de tal manera que primero ocasione gran daño. Por estas razones, dispositivos de protección contra fallas a tierra de nivel bajo con ajustes de retardo de tiempo mínimos son requeridos para clarificar rápidamente las fallas a tierra. Esto es enfatizado por los requerimientos del CEC NTC 2050 cuando menciona que un relay de falla a tierra se debe instalar en la acometida el cual deberá tener un retardo máximo de un segundo para corrientes de falla a tierra de 3.000 amperios o más.

El Código Eléctrico Colombiano CEC NTC 2050 (Art. 230-95) en sistemas eléctricos tipo Y sólidamente puestos a tierra que presenten tensiones fase - tierra de más de 150 voltios y tensiones fase - fase a lo sumo igual a 600 voltios requiere que la protección de falla a tierra, ajustada a no más de 1200 amperios, sea proporcionada para cada medio de desconexión en las acometidas con valor nominal de 1000 amperios o más. Prácticamente, esto hace obligatorio la protección de falla a tierra para sistemas de 480 Y/277 voltios y releva de esta protección a los sistemas de 208Y/120 voltios. Para un sistema de 208 voltios, la tensión fase tierra es 120 voltios. Si una falla a tierra ocurre, el arco pasa por una corriente cero y la tensión a tierra es tan baja que no provoca el reencendido del arco; por lo tanto, las fallas a tierra con arco tienden a extinguirse en un sistema de 208 voltios. En los sistemas de 480 voltios, en las mismas circunstancias, el arco tiende a autosostenerse haciéndose severo y aumentando el daño, antes de que la falla sea clarificada por el dispositivo de protección.

El CEC NTC 2050 requiere protección contra fallas a tierra únicamente en los medios de desconexión de la acometida. Esta protección trabaja tan rápido que ante fallas a tierra sobre los alimentadores, o aún en los circuitos ramales, ésta a menudo abre el medio de desconexión antes de que el dispositivo de protección contra sobrecorrientes del alimentador o ramal pueda operar.

## VII. PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

La teoría fundamental en la protección contra rayos (PcR) de una estructura determina que se proporcionen los medios para que la corriente del rayo entre o salga del suelo obviando todo camino de alta impedancia. Los requerimientos para la protección de un edificio contra el daño directo por la descarga de un rayo varían ampliamente con el sitio geográfico, el tipo de edificio o estructura, el ambiente y otros muchos factores. Todo sistema PcR debe ser puesto a tierra con el propósito de presentarle al rayo un suelo con la impedancia más baja posible.

Con la proliferación de los equipos computadores y de la electrónica de estado sólido, productores de armónicos, el tema del ruido eléctrico ha adquirido gran importancia.

Como en los sistemas eléctricos, el sistema de puesta a tierra de la protección contra rayos más sencillo está conformado básicamente por el conductor de puesta a tierra del equipo, el electrodo de puesta a tierra y el suelo (earth) que lo rodea. La comunidad científica dedicada a esta ciencia ha particularizado los anteriores términos identificando al equipo como el conjunto de terminales de captación del rayo (lightning terminal), al conductor de puesta a tierra del equipo como el conjunto de conductores bajantes (down conductor), y al electrodo de puesta a tierra como el terminal de puesta a tierra (grounding terminal).

El CEC NTC 2050 no regula el tema de la protección contra rayos pero en cuanto afecta a la seguridad de una instalación eléctrica sí presenta algunos requerimientos muy importantes sobre éste. Es un deber aplicar los Art. 250- 83 y 250-86 y los otros relacionados.

Aunque el CEC NTC 2050 de 1.998 permite la unión (bonding) del sistema de electrodos de puesta a tierra del sistema de protección contra rayos al sistema de electrodos de la estructura o edificación pero no lo obliga, en el NEC americano de 1.999 se ha establecido como obligatoria esta unión.

## VIII. CONEXIÓN A TIERRA (Connection To Earth)

En algún punto, las puestas a tierra de los equipos, de las señales y de los sistemas eléctricos deben conectarse al suelo (earth) por medio de un sistema de electrodos de puesta a tierra. Al sistema de electrodos de puesta a tierra se le conoce generalmente como la toma de tierra. El punto de conexión al suelo se determina exclusivamente en los medios de desconexión de la acometida eléctrica.

Las sub-estaciones eléctricas usualmente utilizan una malla (grid) de tierra, la que consiste de un número de conductores de cobre enterrados y unidos entre sí, y complementados por varillas de tierra.

El sistema de electrodos de puesta a tierra requerido para un edificio está descrito en el CEC NTC 2050 Sección 250-H. Las puestas a tierra del sistema de potencia y de los equipos deben conectarse a este sistema de electrodos a través de un conductor de electrodo de puesta a tierra. Todos los otros electrodos de puesta a tierra, tales como los correspondientes al sistema telefónico, al sistema de televisión y al de CATV (CEC NTC 2050 Capítulo 8), y los sistemas informáticos - CEC NTC 2050 Art. 645, deben conectarse a este sistema de electrodos de puesta a tierra. Los electrodos de todos los sistemas de puesta a tierra de una estructura o edificación al interconectarse entre sí forman el sistema de electrodos de puesta a tierra de la estructura o edificación.

## IX. CALIDAD DE LA ENERGÍA (Power Quality)

Con la proliferación de los equipos computadores y de la electrónica de estado sólido, productores de armónicos, el tema del ruido eléctrico ha adquirido gran importancia. El ruido consiste de señales de altas frecuencias, y al interactuar con los circuitos de puesta a tierra estos se presentan con impedancias altas. Mucha atención se exige a los detalles de construcción. Un sistema de puesta a tierra del sistema eléctrico puede ser totalmente inefectivo para los propósitos de eliminar el ruido.

El CEC NTC 2050 sólo se ocupa de los aspectos de la seguridad de un sistema de puesta a tierra, y no de su efecto en la operación de los computadores y equipos similares. El CEC permite para estos casos la instalación de un conductor aislado/separado (insulated/isolated) de puesta a tierra de equipos (Art. 250-74 excepción 4) tendido en su inicio desde el tomacorriente que conecta al equipo sin conexiones intermedias hasta los equipos de acometida en donde se conecta al sistema de electrodos de puesta a tierra.

Según el sistema sensible de que se trate la configuración del sistema de puesta a tierra para estos equipos puede ser flotante, de un solo punto o de punto múltiple. Como tendencia, los sistemas electrónicos distribuidos aplican cada vez con más asiduidad, la puesta a tierra de punto múltiple. Aún así, estos sistemas deben implementar los requerimientos del CEC NTC 2050 para garantizar la seguridad del sistema eléctrico involucrado.

## X BIBLIOGRAFÍA.

- IEEE Std 241-1990, Gray Book, IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings.
- IEEE Std 142-1991, Green Book, IEEE Recommended Practice of Industrial and Commercial Power Systems.
- IEEE Std 141-1993, Red Book, IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- Código Eléctrico Colombiano Norma Ictotec NTC 2050 - 1998
- Código Eléctrico Americano (NEC) Norma NFPA 70 de 1999

### **EDWIN RIVAS TRUJILLO**

Ing. Electricista, Universidad del Valle con estudios de Maestría en Sistemas de Generación de Energía Eléctrica de la misma Universidad. Miembro de ACIEM Capítulo Valle. Profesor tiempo completo Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Con experiencia en la Interventoría de obras eléctricas y de telecomunicaciones.

### **CARLOS EDUARDO OLAYA MARULANDA**

Ing. Electricista, Universidad del Valle. Consultor, Diseñador, Interventor y Constructor. Investigador, sus áreas de interés son la Compatibilidad Electromagnética, la Calidad de la Energía, los Sistemas de Puesta a Tierra y la Protección contra Transitorios. colaya58@hotmail.com

### **JAVIER GUACANEME**

Ing. Electrónico, Universidad Distrital. Actualmente adelanta su Maestría en Ing. Eléctrica en la Universidad de los Andes. Profesor de tiempo completo de la Universidad Distrital.