

# Instalaciones en Exteriores 2: Protección Contra Rayos y Puesta a Tierra

Materiales de apoyo para entrenadores en  
redes inalámbricas



version 1.6 by Carlo @ 2011-03-18

# Metas

- ▶ Entender la importancia de la protección contra rayos y la adecuada puesta a tierra
- ▶ Ver algunos ejemplos prácticos sobre la adecuada instalación y puesta a tierra de los equipos de radio
- ▶ Calibrar los riesgos (al personal y al equipo) de puestas a tierra inadecuadas

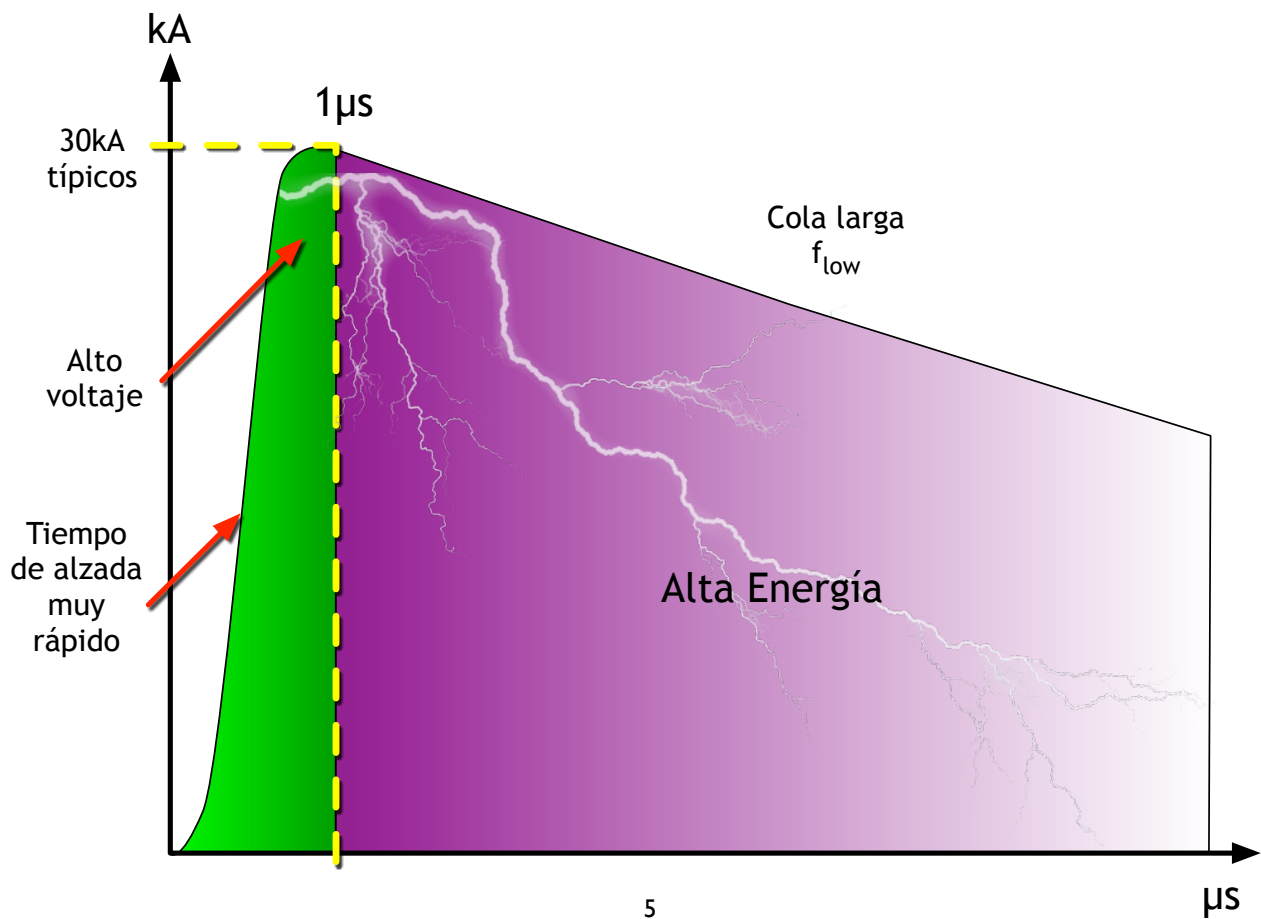
# Daño electrostático

- ▶ Causado cuando la corriente pasa de un objeto a otro
- ▶ Usualmente alto voltaje pero baja corriente
- ▶ Un arco electrostático típico de 1 cm desde un dedo hasta una perilla de puerta !es de unos 19.000 voltios!
- ▶ A pesar de que cuando hay una descarga electrostática el daño no es normalmente visible, ellas son la causa principal de fallas en equipos electrónicos
- ▶ La humedad y la temperatura pueden ayudar a controlar la energía electrostática, pero hay que implementar también protección física para prevenir daños.



La descarga directa de un rayo puede dañar incluso el equipo inalámbrico mejor protegido.

# Características del rayo

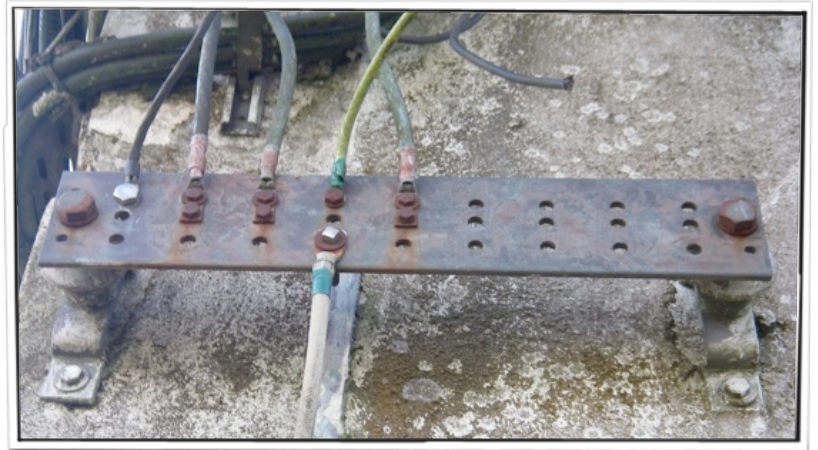


Su sistema de protección contra rayos debe soportar cantidades sustanciales de corriente por tiempos cortos: ¡miles de amperios durante algunos cientos de microsegundos!

# Puesta a tierra e interconexión

¿Porqué usar una puesta a tierra adecuada?

- ▶ Protege el equipo de altos voltajes causados por rayos y fallas de energía
- ▶ Protege al personal de situaciones peligrosas
- ▶ Disipa cargas electrostáticas
- ▶ Provee una referencia de cero voltios
- ▶ Reduce el ruido y la interferencia



6

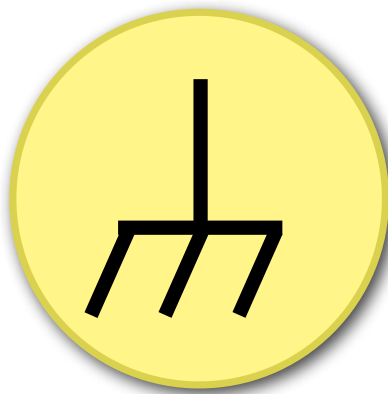
La puesta a tierra no sólo protege al personal de los rayos, sino de las fallas del sistema de energía eléctrica.

El “bonding” o equipotenciación consiste en la conexión eléctrica entre todos los elementos metálicos que no están diseñados para transportar corriente eléctrica, pero son susceptibles de ser afectados por un rayo. Lo hemos traducido como interconexión

# Definición de puesta a tierra

**Puesta a tierra:** Una conexión conductora bien sea intencional o accidental entre un circuito eléctrico o un equipo y la tierra, o algún cuerpo conductor que haga las veces de tierra.

*–John Cadick, Electrical Safety Handbook*



7

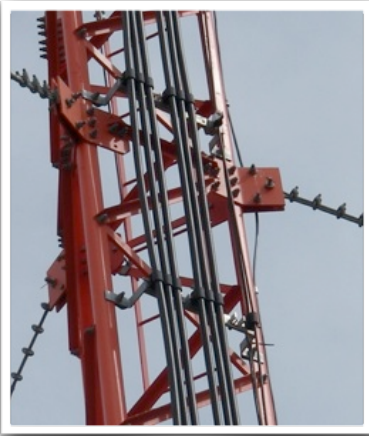


Puesta a tierra, en una instalación eléctrica se refiere a la conexión entre todas las partes metálicas de ductos, escalerillas, bastidores, puertas, armarios, etc. al sistema de puesta a tierra del edificio.

# Definición de interconexión (bonding)

**Bonding:** (interconexión): La unión permanente de partes metálicas para formar una vía de conducción que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir de manera segura cualquier corriente que pudiera ocurrir.

*–John Cadick, Electrical Safety Handbook*



# Componentes del sistema de puesta a tierra

Las dos áreas de la puesta a tierra que corresponden al equipo de telecomunicaciones son:

- ▶ Puesta a tierra del equipo (tierra de seguridad)
- ▶ Sistema de electrodos de puesta a tierra (tierra del sistema)



# Fallas de energía eléctrica

Tipos de fallas del sistema eléctrico:

- ▶ Fallas fase a fase
- ▶ Fallas fase a neutro
- ▶ Fallas fase a tierra: más del 90% de las fallas del sistema eléctrico son del tipo fase a tierra.
- ▶ Una falla fase a fase o una de fase a neutro casi siempre accionará el dispositivo de protección (fusible o cortacorriente)
- ▶ Pero una falla de fase a tierra **no** se dispara el dispositivo de sobrecorriente si la impedancia del equipo de puesta a tierra es demasiado alta.



10

Una falla de fase a tierra **no** se dispara el dispositivo de sobrecorriente si la impedancia del equipo de puesta a tierra es demasiado alta.

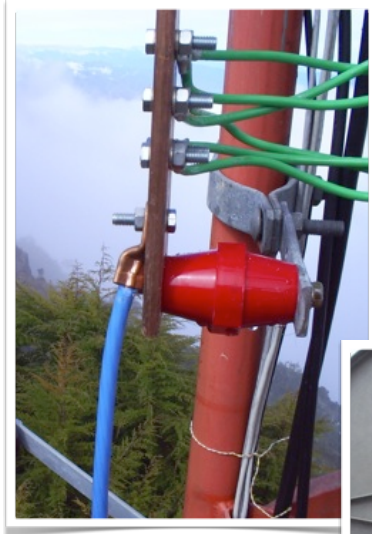
Los siguientes factores determinan la impedancia:

- ▶ Apretado de las conexiones
- ▶ Longitud del cable
- ▶ Cercanía de circuitos conductores durante la condición de falla
- ▶ Número de curvas y radio de curvatura

# ¿Qué debemos poner a tierra?

Si es metálico, debe ponerse a tierra

- ▶ Cajas eléctricas
- ▶ Conductos eléctricos
- ▶ Antenas
- ▶ Torres
- ▶ Vientos
- ▶ Desviadores de rayos
- ▶ Cajas y puertas de equipo

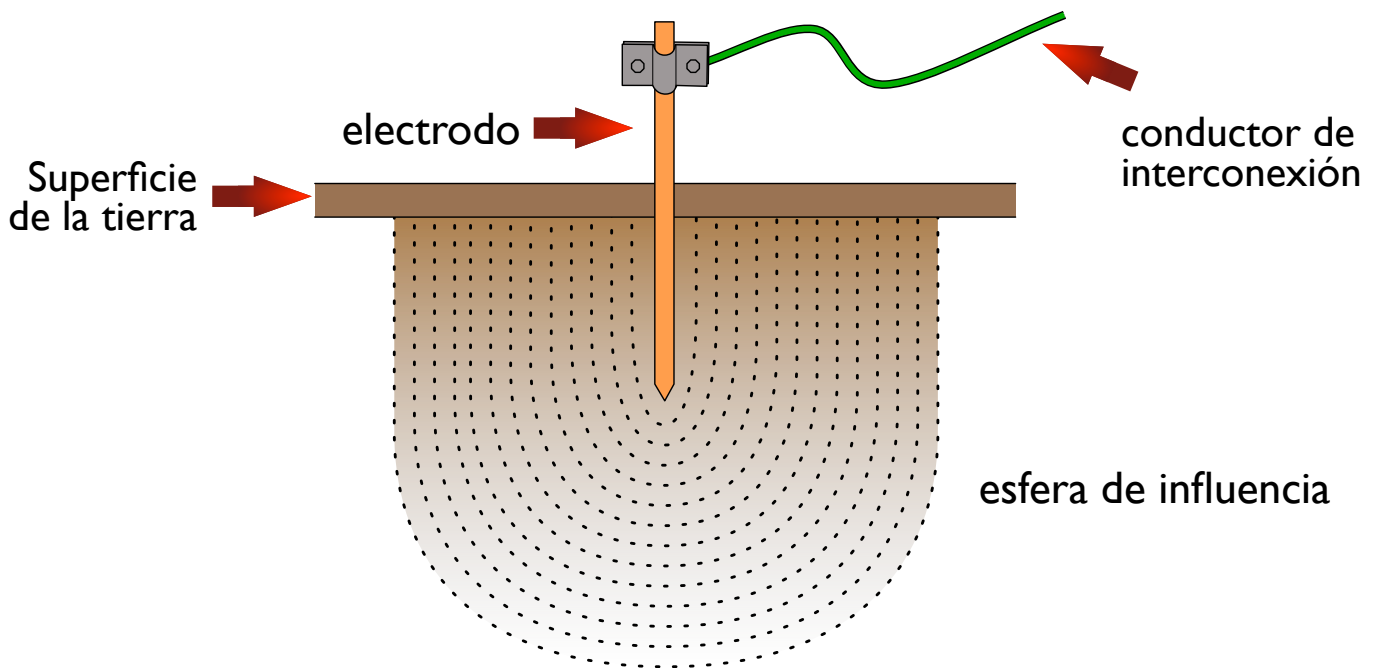


II

Los desviadores de rayos son completamente inútiles a menos que tengan una buena conexión de puesta a tierra.

# Componentes del sistema de puesta tierra

El sistema de electrodo de puesta a tierra comprende:



12

Múltiples factores pueden afectar la resistencia del suelo:

- Humedad del suelo
- Cantidad de electrolitos
- Tipos de electrolitos
- Conductores adyacentes
- Temperatura
- Profundidad del electrodo
- Diámetro del electrodo
- Distancia de espaciado del/los electrodo(s)

Un electrodo de puesta a tierra es un conductor metálico (p.ej. barra, tubo, placa, anillo u otro objeto metálico) en contacto con el suelo, usado para establecer un paso de corriente de baja resistencia a la tierra.

Un sistema de electrodos de puesta a tierra es una red conectada de electrodos puestos a tierra que se usa para lograr una baja resistencia aún mejor.

Estos son diferentes ejemplos de los dispositivos reales que transfieren corriente a la tierra. En general, a mayor profundidad y mayor contacto entre el metal y la tierra, mejor será la puesta a tierra.

Recuerde que el campo eléctrico se extiende en un volumen que rodea al electrodo, así que cuando se tienen varios electrodos de puesta a tierra, estos deben estar lo más separados posible para que sean efectivos.

# Electrodos de contacto con el suelo

Electrodos específicamente diseñados e instalados para puesta a tierra:

- ▶ Barras enterradas
- ▶ Anillos enterrados
- ▶ Placas metálicas enterradas
- ▶ Electrodo encapsulado en concreto
- ▶ Barras de tierra químicas

13

Una alternativa a los electrodos enterrados (también llamados jabalinas) son los radiales de puesta a tierra. Estos electrodos colocados horizontalmente pueden ser más fáciles de instalar cuando el suelo es rocoso, pues implican cavar una zanja de poca profundidad. Si un radial tiene una  $X$  resistencia a tierra, dos radiales tendrán la mitad de la resistencia más el 10%.

La longitud máxima que deben tener los radiales está limitada por la inductancia, por lo que se aconseja que su largo esté entre 15 y 23 m.

# Sistema de electrodos de puesta a tierra

## ► Electrodo de puesta a tierra:

Conductor metálico (p. ej. una barra o jabalina), un tubo, una plancha o anillo (u otro objeto metálico) en contacto con el suelo para establecer un camino de corriente a tierra de baja resistencia.



## ► Sistema de electrodo de puesta a tierra:

Red de electrodos de puesta a tierra conectados eléctricamente que se usan para bajar la resistencia a tierra.

14

Las barras de puesta a tierra constituyen el sistema de electrodos de puesta a tierra más comúnmente usado. En una torre, se deberían usar tres barras de puesta a tierra apropiadamente unidas entre sí para garantizar que tengan el mismo potencial eléctrico.

Efectos del tamaño de la barra

Hay dos factores de tomar en cuenta con el tamaño:

- Longitud: al enterrarla más profundamente, se disminuye la resistencia a tierra
  - Doblar la longitud de la barra va a reducir su resistencia en un 40% aproximadamente.
- Diámetro: aumentar el diámetro tiene poco efecto
  - Multiplicar  $\times 2$  el diámetro reduce la resistencia sólo el 10%.

El material más efectivo para un sistema de puesta a tierra es la cinta de cobre trenzado. El cobre es muy buen conductor eléctrico, poco atacado por los ácidos del suelo y del aire con durabilidad estimada en varios años.

Puesto que los rayos contienen gran cantidad de energía en las altas frecuencias, se comportan como una señal RF. Esto significa que sólo la superficie del conductor es la que transporta la mayor parte de la energía del rayo (efecto pelicular). Para la misma sección transversal, un conductor de sección circular tendrá menos superficie transportadora de corriente que un conductor de sección rectangular y por lo tanto menos capacidad de conducción de RF.

Una cinta trenzada de cobre de unos 38 mm de ancho y de 0.4 mm de espesor aprovecha ambas superficies para conducir la descarga en forma eficaz.

# Puesta a tierra de la Torre

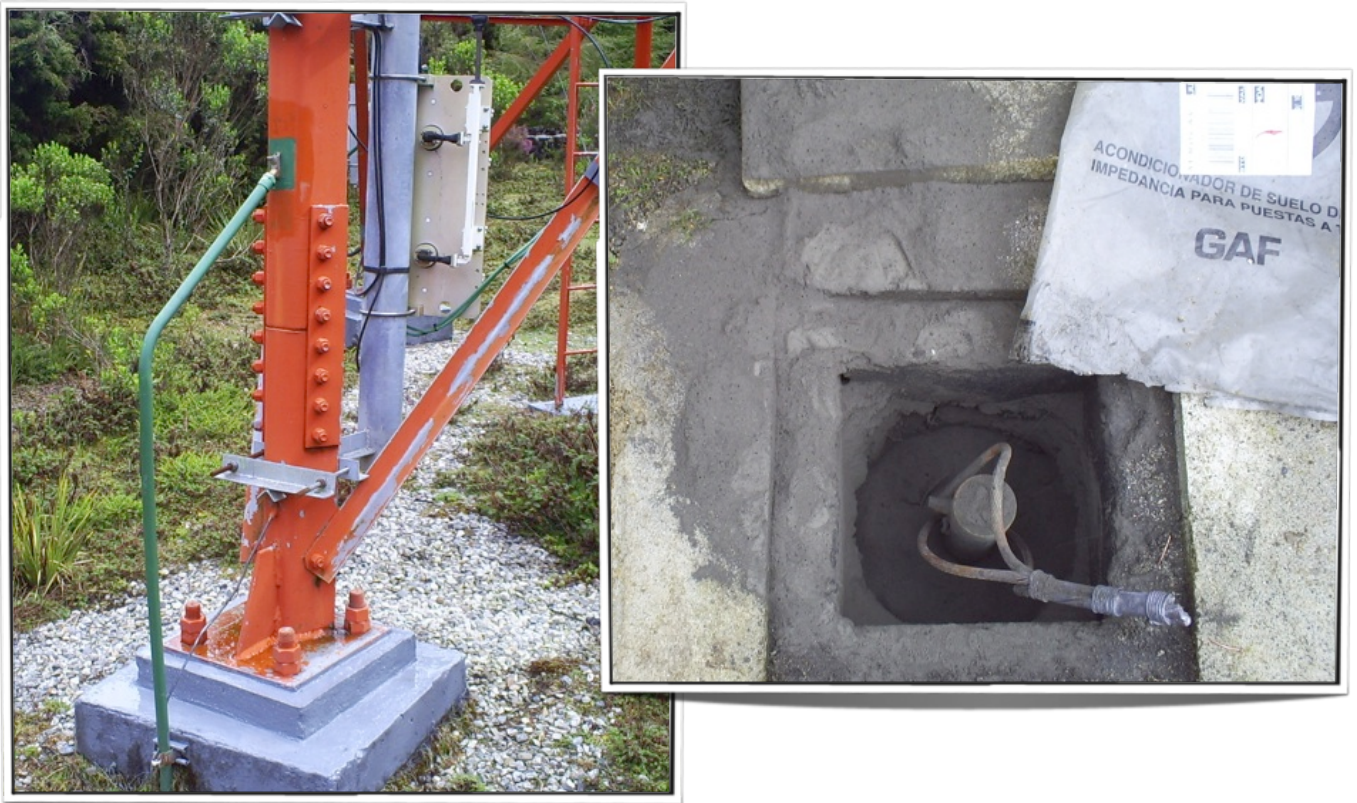


15

Soldar y fijar con abrazaderas (perros) el cable de puesta a tierra puede proporcionar una conexión más fuerte que simplemente fijar con abrazaderas

En una torre, una barra central de cobre puede servir como punto de distribución para varias piezas del equipo.

# Puesta a tierra de la Torre



16

Los conductores de puesta a tierra no deben tener ángulos pronunciados para evitar daños por efecto corona cuando ocurra la descarga del rayo.

La conductividad del suelo puede potenciarse con sustancias químicas para disminuir la resistividad de la tierra.

Los lazos introducen una inductancia a la trayectoria de la puesta a tierra y deben evitarse.

- La inductancia resiste los cambios de corriente.
- La inductancia es semejante a empujar un objeto pesado sobre ruedas. Se necesita mucha fuerza para empezar a moverlo, pero una vez en movimiento, se requiere poca fuerza. Pero se necesita mucha fuerza para detenerlo de nuevo.

Por eso un buen sistema de puesta a tierra debe proveer un camino a tierra de baja resistencia y de baja inductancia.

# Instalación de un anillo de puesta a tierra

Un anillo de puesta a tierra está formado por conductores no aislados enterrados en forma de anillo

- ▶ Enterrado a profundidad mínima de 80 cm
- ▶ El tamaño mínimo es 2 AWG (American Wire Gage) (7.91 mm) y 6 m de largo



# Instalando un anillo



# Uso de tubos de agua fría

- ▶ Históricamente, es la primera opción para puesta a tierra. Proporciona baja resistencia a tierra
- ▶ Deben tener continuidad eléctrica: no use tubos plásticos. Cualquier discontinuidad debe ser puenteada
- ▶ Debería ser usada **SOLO** para disminuir la resistencia de puesta a tierra
- ▶ **No** debe usarse como única fuente de puesta a tierra, sino en combinación con un electrodo primario.



19

## Ventajas:

- ▶ La mayoría de las casas tiene agua
- ▶ Acceso fácil
- ▶ Normalmente menos de  $3\Omega$  de resistencia a tierra

## Desventajas:

- ▶ La interconexión causa electrólisis de las tuberías metálicas lo que reduce la vida útil esperada.
- ▶ Muchas ciudades están instalando juntas aislantes de PVC para separar sus sistemas
- ▶ Las reparaciones del futuro podrían ser de plástico

# Potencial electrolítico

Cuando dos metales diferentes están en contacto por un medio húmedo, sus potenciales electrolíticos deberían estar lo más cerca posible para minimizar la **corrosión electrolítica**.

Los metales disímiles producen una diferencia de potencial eléctrico lo que produce corrosión del metal.

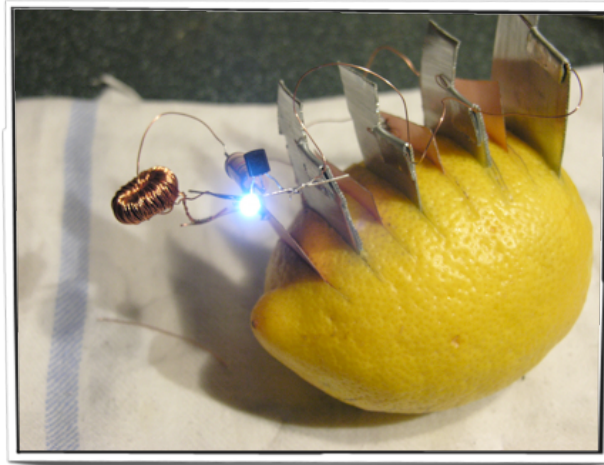


Photo by Flickr user s8

20

La diferencia de potencial electrolítico puede usarse para hacer una batería: cuando se insertan en un limón, los electrodos de cinc y de cobre pueden producir hasta un voltio!

Este potencial es debido al desgaste del propio metal, el cual se corroe con el tiempo.

# Corrosión del metal

El cobre nunca debe tocar directamente un material galvanizado sin protección apropiada de las juntas. El agua que se escurre del cobre contiene iones que van a dañar la capa galvanizada (zinc) de la torre.



21

Evite el contacto de latón (que contiene cobre) con aluminio porque la diferencia de potencial electrolítico es de 2.01 V

# Resistencia de la tierra

En términos generales, “la resistencia de la tierra” es la resistencia del suelo al paso de la corriente eléctrica.

La tierra es relativamente mala conductora de la electricidad comparada con conductores normales como el cable de cobre. Pero si el área de la sección conductora de corriente es suficientemente grande, la resistencia puede ser bastante baja y la tierra funciona como un buen conductor.

# Mejorar la conductividad del suelo

La tierra es un conductor por la cantidad de iones de sal que tiene el suelo. La conductividad puede mejorarse añadiendo más iones de sal al suelo.

**Mejorar la conductividad del suelo** se logra bien sea añadiendo agua o una solución salina al suelo alrededor del sistema de tierra. Si el suelo tiene naturalmente una cantidad suficiente de sales, al añadir agua se liberan los iones y se mejora la conductividad.

Si se dispone de pocos iones naturales, se puede añadir sal de Epson al suelo para aumentar la conductividad.



Dependiendo de la cantidad de lluvia, potenciar el sistema de radiales con 10 kg de sal por barra puede durar aproximadamente dos años.

23

El tratamiento químico del suelo puede emplearse cuando no se pueden emplear barras más largas (terrenos rocosos).

El suelo tratado químicamente puede garantizar resistencia uniforme incluso con los cambios de estación.

# Lazos y bobinas

Los lazos y bobinas introducen una inductancia en la trayectoria de la puesta a tierra. La inductancia se opone a los cambios en la corriente.

Si hay mucha inductancia en la línea de puesta a tierra, una descarga puede fácilmente pasar al equipo en vez de ser desviada por la puesta a tierra. Evite curvas pronunciadas en los conductores de puesta a tierra. El efecto corona en los ángulos bruscos puede hacer que el metal se caliente y se funda.

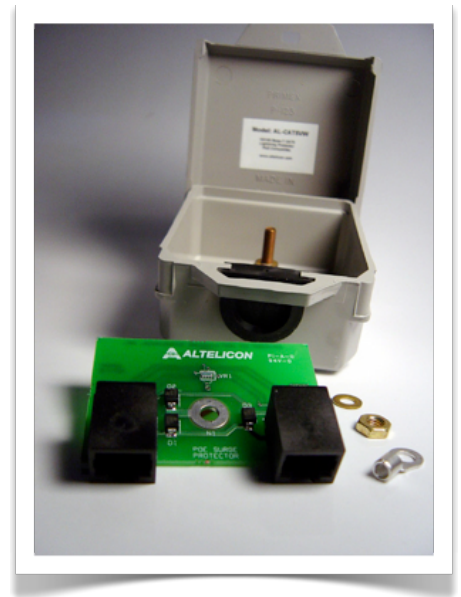


24

El brillo azul en esta foto muestra el efecto de la corona que ocurre independientemente de las chispas de descargas individuales.

# Desviadores de rayos

- ▶ Los desviadores de rayos coaxiales van a derivar voltajes altos del cable de antena hacia la tierra.
- ▶ Los desviadores de rayos UTP protegen los cables Ethernet de las sobretensiones
- ▶ Los multienchufes dotados de protectores de sobretensión con adecuada puesta a tierra pueden ayudar a proteger su equipo AC.



25

Los multienchufes son conocidos también como tomas múltiples, regletas, zapatillas, etc.

# Pararrayos

Un **pararrayos** es un conductor instalado en el tope de una torre o edificio alto con el propósito de atraer los rayos, desviándolos de equipos sensibles y dirigiendo el impacto directamente hacia la tierra.



Photo of Eiffel Tower lightning rod  
by Flickr user elbragon

# Conclusiones

- ▶ Una puesta a tierra apropiada es esencial para evitar daño de cargas electrostáticas y rayos.
- ▶ Un cableado inadecuado puede dañar el equipo y poner vidas en peligro.
- ▶ La puesta a tierra es un sistema activo que necesita de ingeniería y mantenimiento.
- ▶ Para prolongar la vida útil del sistema de puesta a tierra evite el contacto directo entre materiales disímiles.

# Gracias por su atención

Para más detalles sobre los tópicos presentados en esta charla, vaya al libro **Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo**, de descarga gratuita en varios idiomas en:

<http://wndw.net/>

