

# Propuesta de protección externa e interna contra descargas atmosféricas

**Patricia L. Arnera**

IITREE-LAT

Fac. de Ingeniería-UNLP  
(B1900AMF) La Plata, Argentina  
pla@iitree.ing.unlp.edu.ar

**Daniel A. Esteban**

IITREE-LAT

Fac. de Ingeniería-UNLP  
(B1900AMF) La Plata, Argentina  
dae@iitree.ing.unlp.edu.ar

## 1 RESUMEN:

Se presentan los resultados del relevamiento en el área ocupada por dos edificios utilizados por una Cooperativa Eléctrica para alojar sus oficinas técnicas, sala de comando, tableros de media tensión y Laboratorio de medidores/depósito.

Se analizan las fallas ocurridas en los equipos de cómputo, medición, control, red de comunicaciones de datos, radio y telefonía como consecuencia de descargas atmosféricas.

Se plantean hipótesis sobre el origen de las diversas fallas ocurridas en los equipos que operan en el lugar.

Se propone la configuración y soluciones constructivas para la correcta implementación del sistema de pararrayos, puestas a tierra, red de comunicaciones de telefonía, datos y control. También se presentan los requerimientos de los dispositivos de protección de las diferentes redes de comunicaciones.

## 2 ESCENARIO:

En el lugar se distinguen tres áreas físicas independientes cuyas características básicas son:

### • **EDIFICIO PRINCIPAL.**

Contiene las oficinas técnicas, sala de comando y tableros de media tensión. En el área de tableros de media tensión se encuentran alojados la fuente ininterrumpible (UPS) y el gabinete con los equipos de comunicaciones de radio (VHF y UHF).

Sobre la azotea del edificio se encuentra instalada una torre con las antenas para los equipos de comunicaciones.

### • **LABORATORIO DE MEDIDORES/DEPÓSITO.**

Se trata de un edificio de planta baja localizado sobre el lado izquierdo del edificio principal con un área de circulación entre ellos de 20 metros. Contiene teléfonos y dos computadoras personales.

### • **SUBESTACIÓN Y PLAYA DE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN.**

El área se encuentra localizada a 50 metros por detrás del edificio principal. A ella arriban dos líneas aéreas de 33 kV y salen cuatro cables subterráneos de 13,2 kV hacia los tableros localizados en el edificio principal.

No contiene equipos de comunicaciones, medición, control ni teléfonos.

### 2.1. Descripción de las instalaciones y sistemas afectados.

#### 2.1.1.-Sistemas de comunicaciones.

- Tres líneas telefónicas directas de la red de telefonía pública.
- Líneas telefónicas provenientes de la central instalada en el edificio de Oficinas comerciales, distante 2 km, mediante un multipar telefónico no blindado.
- Un teléfono correspondiente al sistema de onda portadora de la línea de alta tensión.
- Dos equipos de radio de UHF para telecomando y un equipo de radiotelefonía en VHF.
- Enlace de datos por fibra óptica entre la red de datos interna y la red de la Oficina comercial.
- Red de datos tipo Ethernet que vincula todas las computadoras personales del área.
- Red tipo RS485 que vincula la computadora de la sala de control con los Equipos registradores de variables eléctricas.
- Red tipo RS232 que vincula la computadora de la sala de control con los equipos de comunicaciones de telecomando.

#### 2.1.2.-Torre de antenas de comunicaciones.

La torre de comunicaciones soporta a distintas alturas las antenas de los equipos de VHF y UHF ya indicados.

Las líneas de transmisión coaxiales ingresan directamente a la sala de tableros, donde se

halla alojado el gabinete con los equipos de radio.

### 2.1.3.-Sistemas de medición y control.

- Un sistema de telecomando con un puesto de interrupción de alta tensión remoto.
- Catorce Equipos registradores de variables eléctricas.
- Treintaseis Relés de protección.

### 2.1.4.-Sistema de energía ininterrumpible (UPS).

Una fuente ininterrumpible (UPS), trifásica de 10 kVA, provee de energía a todos los equipos de comunicaciones y computadoras personales del Edificio principal.

### 2.1.5.-Pararrayos y puestas a tierra.

El Edificio principal cuenta con dos pararrayos, uno sobre el mástil situado sobre el tanque de agua y el otro sobre la esquina trasera izquierda de la azotea. Cada uno posee una jabalina de puesta a tierra propia y no vinculadas entre sí.

La torre de comunicaciones cuenta con un pararrayos en el tope y comparte el conductor de bajada y jabalina de puesta a tierra con el pararrayos del mástil. Los anclajes de las riendas de la torre no poseen puestas a tierra.

En la Figura 1 se presenta un esquema de la disposición de los pararrayos existentes.

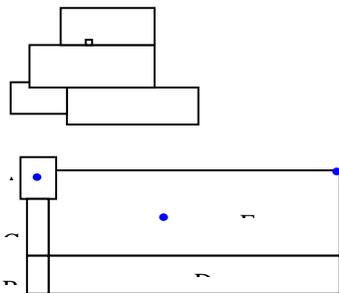


Figura 1: Esquema de puntas captadoras existentes

Además de las puestas a tierra de los pararrayos existen la siguientes puestas a tierra:

- Los tableros de media tensión cuentan con tres jabalinas vinculadas entre sí.
- El gabinete que aloja los equipos de radio posee una placa de puesta a tierra.
- El Laboratorio de medidores/depósito cuenta con una puesta a tierra propia.

- La Subestación posee su malla y jabalinas propias correspondientes al sistema eléctrico.

### 2.1.6.-Vinculaciones físicas con el exterior.

Al edificio principal arriban dos fibras ópticas para la red de datos y un multipar telefónico sin blindaje desde el edificio administrativo de la empresa ubicado en el centro de la ciudad. También arriban tres líneas telefónicas directas desde el sistema de telefonía pública.

Además hay una línea telefónica proveniente del sistema de onda portadora de la línea de alta tensión.

A la Subestación llegan dos líneas aéreas de 33 kV del sistema de transmisión de energía.

### 2.1.7.-Vinculaciones entre áreas físicas independientes.

La Subestación y el Edificio principal resultan vinculados por la vaina de los cuatro conductores subterráneos 13,2 kV.

El Edificio principal y el Laboratorio de medidores/depósito resultan vinculados por algunas de las líneas telefónicas provenientes del multipar proveniente desde la Oficina comercial y por los conductores de la red de datos Ethernet. También hay conductores de control y audiofrecuencia de los sistemas de radio.

Entre el Laboratorio de medidores/depósito y la Subestación no hay vinculación.

### 2.1.8.-Vinculaciones entre sistemas dentro de la misma área.

El equipo para enlace de datos por fibra óptica, situado en el área de Oficinas técnicas, está unido a tierra a través de un conductor que lo vincula con la puesta a tierra de la UPS, localizada en el área de tableros, y recibe la alimentación de energía de ella.

La computadora de la Sala de control no posee puesta a tierra, esta forma parte de la red Ethernet general y se vincula con los Equipos registradores de variables eléctricas y con los Relés de protección por medio de una interfaz tipo RS485.

Todas las computadoras del Edificio principal comparten la puesta a tierra y la energía ininterrumpible provista por la UPS.

## 2.2. Daños producidos en los equipos.

Se han producido, en diversas oportunidades y coincidentes siempre con presencia de actividad de descargas atmosféricas, los siguientes daños:

- Daños casi totales en los equipos de radio y sus fuentes de alimentación.
- Los teléfonos correspondientes a las líneas directas del sistema público con daños en sus fuentes de alimentación y en las protecciones de línea.
- Teléfono perteneciente al sistema de onda portadora totalmente destruido.
- Destrucción casi total de la computadora de la Sala de comando.
- Daños en los Equipos registradores de variables eléctricas situados en el extremo de la red RS485.
- Daños en las placas de red Ethernet pertenecientes a las computadoras del Laboratorio de medidores/depósito y Sala de comando.

### **2.3. Equipos que no han sufrido daños.**

- Teléfonos conectados al multipar proveniente de la Oficina Comercial.
- Computadoras y placas de la red Eternet del área de las Oficinas técnicas.
- Equipo de enlace de datos por fibra óptica.
- Fuente de energía ininterrumpible (UPS).

## **3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA:**

Del análisis de las instalaciones, tipos de equipos, puestas a tierra, vinculaciones entre sistemas y las fallas encontradas en coincidencia con alta actividad de descargas atmosféricas se plantean hipótesis para justificar las razones de los daños en algunos equipos y no en otros.

### **3.1. Condiciones que justifican los daños en los equipos.**

Se pueden analizar las dos situaciones siguientes:

- a).- Una descarga atmosférica sobre la torre de comunicaciones.
- b).- Una descarga atmosférica sobre el hilo de guardia y/o de las líneas de 33 kV.

Dependiendo del equipo analizado y su vinculación con el resto del sistema, este puede resultar susceptible a una situación en particular o a ambas.

#### **3.1.1.-Equipos de radio y sus fuentes de alimentación.**

Situación a). Si bien la torre de las antenas de radio posee pararrayos, los conductores coaxiales provenientes de las antenas acceden a los equipos en forma directa con lo que inevitablemente parte de la corriente de la descarga se deriva a la placa de puesta a tierra

del gabinete a través de estos y de los equipos de radio y sus fuentes de alimentación.

#### **3.1.2.-Computadora de la Sala de comando.**

Situación a). Se encuentra sin puesta a tierra local, pero vinculada a una tierra lejana por los cables de las interfaces RS485 con los equipos de medición y control de los tableros de media tensión. Por otra parte se halla vinculada a los equipos de radio mediante la RS232 correspondiente al modem del sistema de telecomando.

Al igual que lo descripto anteriormente, es posible que parte de la corriente de descarga derivada por los cables coaxiales de las antenas circule pasando por los equipos de radio, la computadora y finalmente las puestas a tierra de los tableros de media tensión.

Situación b). En esta condición se produciría una elevación del potencial del sistema eléctrico de puesta a tierra de la Subestación que se transferiría a la zona de los tableros de media tensión, por los cables de 13,2 kV, generando así una circulación de corriente hacia la tierra del gabinete de comunicaciones pasando por la computadora por intermedio de los cables de las interfaces RS485 en primer término y luego por la RS232.

#### **3.1.3.-Equipos registradores de variables eléctricas.**

Situaciones a) y b). Al igual que en el caso de la computadora de la Sala de comando los equipos Analizadores se encuentran en un punto intermedio y podrían ser afectados por cualquiera de las situaciones indicadas.

Como se indica en el caso de la computadora de la Sala de comando, hay un camino posible de circulación que involucra a la RS485 conectada a los Equipos registradores de los tableros. Esta condición afectará a los primeros equipos situados entre la computadora y la puesta a tierra más cercana.

#### **3.1.4.-Teléfono correspondiente al Sistema de onda portadora.**

Situación b). La corriente de la descarga sobre el hilo de guarda de las líneas de 33 kV genera, por acoplamiento inductivo, una diferencia de potencial sobre el conductor de la línea telefónica del sistema de onda portadora que corre paralela a ella.

Otra consecuencia de la misma situación es que el potencial local se incrementa respecto al de un punto lejano, desde donde proviene la línea del teléfono, con lo que nuevamente aparecen diferencias de potencial entre el aparato telefónico y la tierra local.

### 3.1.5.-Teléfonos correspondientes a las líneas de la red de telefonía pública.

Situación b). La corriente de la descarga sobre el hilo de guarda de las líneas de 33 kV genera, por acoplamiento inductivo una diferencia de potencial sobre los conductores de las líneas telefónicas dependiendo del grado de proximidad y/o paralelismo entre ambos sistemas.

Otra consecuencia de la misma situación es que el potencial local se incrementa respecto al de las instalaciones de la empresa de telefonía pública, desde donde provienen las líneas, con lo que nuevamente aparecen diferencias de potencial entre el aparato telefónico y la tierra local.

### 3.1.6.-Placas de red de datos Ethernet pertenecientes a las computadoras de la Sala de comando y Laboratorio de medidores/depósito.

Situaciones a) y b). El mismo razonamiento aplicado para la computadora de la Sala de comando es aplicable a su placa de red ya que por intermedio de ella queda vinculada a fuentes de potenciales y/o corrientes durante una descarga atmosférica.

Las placas de red de las computadoras del Laboratorio de medidores/depósito pueden quedar sometidas a diferencias de potencial dado que el de referencia de esta zona es distinto al del Edificio principal por tener una toma de tierra independiente. Los conductores de la red Ethernet son el vínculo entre ambas zonas.

### 3.2. Condiciones para que ciertos equipos no sufran daños.

Los equipos que no han sufrido daños poseen en común una o varias de las condiciones siguientes:

- No son vínculo entre áreas donde se puedan desarrollar diferencias de potencial elevadas.
- No son el camino de circulación de las corrientes de descargas atmosféricas.
- No están vinculados a conductores que por su disposición generen potenciales inducidos por acoplamiento inductivo.

## 4 SIMULACIONES:

La normativa existente para la definición del sistema de captación, utiliza generalmente, el procedimiento de “**la esfera rodante**”, que se aplica a cualquier tipo de estructura u objeto por más irregular que éste sea.

El procedimiento para determinar el espacio de protección que define el elemento de captación, se basa en la física de la descarga del rayo. El modelo electrogeométrico es el utilizado para la representación de este fenómeno.

Este modelo considera una esfera cuyo centro se corresponde con la cabeza de la descarga directriz, la cual se aproxima a la tierra hasta que es capaz de efectuar su “salto final” al objeto puesto a tierra más cercano. La distancia de este salto final depende de la intensidad del rayo. El radio de la esfera es esta distancia del salto final, también llamado “*radio de salto*”. Para el dimensionamiento de un sistema de protección, se suelen utilizar radios de salto de 20 a 60 metros, en correspondencia con los valores señalados por las normas. (IEC1024-1, NFPA 780).

Conceptualmente el procedimiento de la esfera rodante consistiría en reproducir a escala los objetos que se desean proteger, realizando una “maqueta” de la instalación, sobre la cual se hace rodar una esfera cuyo radio, en escala, equivale a la distancia de salto del rayo o radio de salto. **Si la esfera toca exclusivamente a los dispositivos de captación, significa que los objetos a proteger se encuentran dentro del espacio de protección definido por dichos dispositivos.** Si existen dispositivos de captación que no son tocados por la esfera, implica que estos son innecesarios. **Si hubiera elementos tocados por la esfera, significa que los mismos no se encuentran protegidos** y son susceptibles de recibir una descarga de un rayo de la intensidad correspondiente al radio de salto de la esfera en cuestión.

El espacio de protección definido mediante el método de la esfera rodante, quedaría protegido de los rayos de **intensidades iguales o superiores** a la del rayo cuya distancia de salto es igual al radio de la esfera.

### 4.1. Modelo Probabilístico para la determinación de la distribución de las descargas atmosféricas en un área especificada

El modelo empleado para analizar la distribución de descargas atmosféricas que **caen directamente** sobre los objetos apoyados en un área determinada, permite un estudio **estadístico** el cual consiste en adoptar una **distribución probabilística** de valores de corrientes, y para los lugares de donde provienen las descargas se adopta una **distribución plana**. La serie de lugares de donde provienen los rayos quedará definida por

un parámetro de la función aleatoria plana llamado *semilla*, cambiando la *semilla* cambia la sucesión de lugares elegidos. Todos los puntos de un área ubicados al mismo nivel desde el terreno, tendrán la misma probabilidad de recibir un impacto directo de rayo.

Se representan los objetos ubicados sobre el área analizada con una representación tridimensional.

Para determinar el lugar de caída del rayo se adopta el modelo electrogeométrico, donde el radio de salto (R) desde el rayo al objeto está dado por la siguiente expresión, que relaciona dicho valor con la corriente del rayo (I).

$$R = k \cdot I^n$$

donde k y n son constantes, R se expresa en metros e I en kA.

Se elige al azar un punto de coordenadas (x,y) donde caería la descarga si no hubiese ningún objeto sobre el área de análisis, y se le asocia un valor de corriente, elegido al azar dentro de la distribución adoptada.

Por ejemplo la distribución de corrientes se representa por un vector de N valores, se elige en un primer "sorteo" el lugar de coordenadas (x,y) **donde caería la descarga** y en un segundo "sorteo" se elige al azar el índice "i" del vector en el cual se dispone de los valores de corrientes de rayos.

Luego se calcula el radio R, con éste se explicitan los lugares geométricos de atracción de cada uno de los elementos (con referencia a la descarga) y se determina el elemento (objeto) en el cual se haría efectiva tal descarga. Este resulta ser el objeto cuya región de atracción es tal que la trayectoria del rayo la intercepta primero (la de mayor altura). Dentro de los objetos a analizar se deberá considerar también el terreno.

Los objetos se clasifican en objetos "**a proteger**", y objetos "**protectores**" (pararrayos). Si un rayo cae sobre un objeto "a proteger" se dice que hubo una falla de blindaje.

Los elementos llamados protectores o pararrayos pueden ser elementos metálicos conectados debidamente a tierra que actúen como elementos naturalmente protectores, o bien sistemas de protección contra descargas atmosféricas construidos con tal propósito.

La cantidad de descargas simuladas debe ser un número lo suficientemente grande como para que la representación cubra en promedio los rayos caídos durante un tiempo considerable de

modo que el resultado estadístico obtenido sea confiable.

En resumen, el programa BLINSUB permite realizar dos tipos de simulaciones:

- **Simulaciones estadísticas:** Se adopta para la corriente de descarga atmosférica una **distribución probabilística**, y para los lugares de donde provienen las descargas se adopta una **distribución plana**. Se elige el número de descargas que se desea simular, el cual junto con la densidad de descargas definida, fija el tiempo de representación de la simulación. De esta manera se puede obtener, procesando la tabla de resultados originales que arroja el programa, el número de impactos que cada elemento recibe durante el tiempo representado en la simulación.

- **Simulaciones determinísticas:** Se adopta para la corriente de descarga atmosférica un **valor fijo determinado**, el cual está directamente relacionado con el radio de la esfera y para los lugares de donde provienen las descargas se adopta una **distribución plana**. Se elige un número suficientemente grande de descargas de manera de "bombardear" lo más densamente posible la totalidad del área simulada y de esta forma representar el deslizamiento de la esfera rodante, en todas las direcciones posibles. Con este tipo de simulaciones se obtiene un mapa de los lugares donde "toca" la esfera rodante (salida gráfica), así como también se puede obtener, procesando la tabla de resultados originales que arroja el programa, la lista de elementos que resultan tocados por la esfera.

El radio de la esfera rodante está relacionado con el "nivel de protección".

En la Figura 2 se adjunta la salida gráfica de la simulación probabilística correspondiente a las instalaciones actuales.

A su vez la Figura 3 corresponde al caso determinístico de considerar elementos de captación tal que verifiquen el Nivel I de protección, indicado en IEC 1024-1.

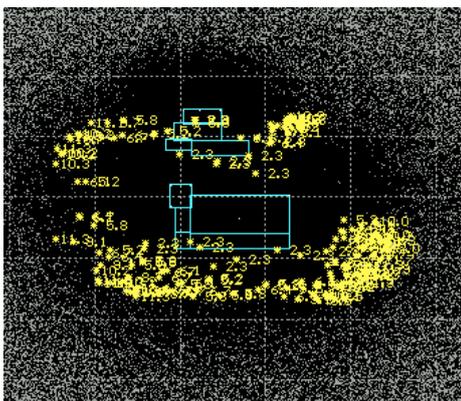


Figura 2: Análisis probabilístico (actual)

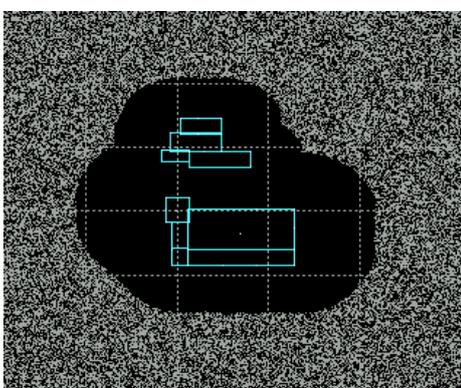


Figura 3: Análisis determinístico (Nivel I)

#### 4.2. Resultados obtenidos.

De las simulaciones realizadas, se observa que de mantener solamente los pararrayos actuales (torre de antenas de radio, un pararrayo en A y otro en B) cumpliendo con las condiciones indicadas en las normas (continuidad eléctrica, 2 bajadas por pararrayo y anillo de puesta a tierra), la probabilidad que impacte una descarga en los edificios, es de 0,19 %, es decir que puede impactar un rayo aproximadamente cada 530 años.

De considerar como nivel de protección el definido como IV en la norma IEC1024, al realizar el estudio estadístico significa que la probabilidad que impacte una descarga en los edificios se reduce a 0,02 %, representando de esta manera una descarga cada 4780 años aproximadamente.

A su vez de considerar el Nivel de protección I, la tasa de fallas equivalente, sería de una descarga cada 740 700 años.

### 5 DIRECTIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS:

Las soluciones propuestas se basan en la aplicación de las directivas presentadas en las

normas elaboradas por NPFA, VDE, NF, IEC y las recomendaciones del CCITT de las referencias [1], [2], [3], [4], [5] y [6].

#### 5.1. Sistema de protección externo.

A partir de las simulaciones realizadas, se plantean como ejemplos las alternativas de protección obtenidas para los niveles de protección IV y I, indicados en la norma IEC1024-1, Figuras 4 y 5.

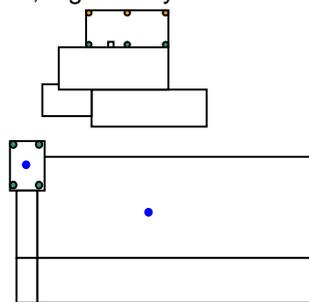


Figura 4: Puntas de captación Nivel IV-IEC

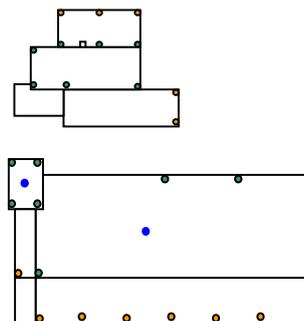


Figura 5: Puntas de captación Nivel I-IEC

A continuación se resumen las indicaciones generales a considerar en los componentes del sistema de protección externo.

##### 5.1.1.-Sistema de captación.

La definición del sistema de captación depende del nivel de protección pretendido para la instalación. En Argentina ninguna "entidad" o "institución" ha especificado niveles de protección obligatorios. Por lo tanto el requerimiento final queda a consideración del propietario o responsable de la instalación a ser protegida.

Se propone como sistema de captación, puntas captadoras unidas entre si con conductor perimetral equipotencializador.

En el caso de torres arriostradas, las riendas constituirán los conductores de conexión al conductor perimetral equipotencializador del techo, por lo que deberán cumplir con los requerimientos de las normas.

Instalaciones y equipos eléctricos y de maquinaria de ascensores, instalaciones de aire acondicionado, presurizadores, etc., no deben unirse a los dispositivos captadores, ni a los componentes del sistema de protección contra descargas atmosféricas, en prevención de eventuales daños producidos por corrientes parciales de rayo. De esta manera, estas instalaciones, de ser posible, se protegerán por medio de puntas captadoras dispuestas al lado de las mismas, ubicadas de manera que se cumplan las distancias de aislamiento previstas. Las escaleras metálicas exteriores de acceso al techo, deberán ser conectadas al conductor perimetral en el punto de ingreso al techo, y en el caso de distar de un conductor de bajada en menos de la distancia  $d$  indicada, deberán conectarse a la bajada en el punto inferior. Las escaleras metálicas exteriores que se apoyen en el suelo, y sus puestas a tierra, en caso de poseerlas, deberán estar correctamente conectadas a la puesta a tierra del sistema de protección.

Toda cañería, tubos o conductos metálicos, que ingresan al edificio a proteger deberán ser conectados al sistema de protección contra rayos en el punto de ingreso al mismo, (ya sea en forma directa o a través de separadores de chispas).

#### **5.1.2.-Sistema de bajada o derivación.**

Se deberán disponer conductores de bajada o derivadores de manera tal que desde el punto de impacto hasta tierra existan al menos dos trayectorias en paralelo para la corriente y la longitud de estas trayectorias se reduzca al mínimo. Se dispondrán los derivadores de forma que constituyan en la medida de lo posible, la prolongación directa de los conductores del dispositivo captador.

Los conductores de bajada deberán ser instalados tal que el camino a tierra sea lo más recto y vertical posible, evitando la formación de curvas o lazos.

Se podrá utilizar como sistema de bajadas o derivadores, a la armadura de acero interconectada del hormigón, siempre y cuando se pueda acceder a las mismas y se asegure la continuidad eléctrica de las partes metálicas.

De no poder utilizarse, o de no existir, la armadura metálica de las estructuras como bajadas, los materiales y dimensiones de los componentes del sistema de conductores de bajada indicados por las normas.

Las bajadas deberán estar sujetadas a la estructura como máximo cada 1 m.

Para las estructuras a proteger con un nivel III, la distancia media entre conductores de bajada deberá ser de 20 m. Para las estructuras a proteger con un nivel II, la distancia media entre conductores de bajada deberá ser de 15 m.

En lo posible los conductores de bajada se colocarán en las esquinas, **lejos de puertas o ventanas, y lejos del alcance de los transeúntes.**

Los conductos metálicos transversales a los conductores de bajada, deberán estar unidos a los mismos, en los puntos superior e inferior.

#### **5.1.3.-Sistema de puesta a tierra**

Se utilizará como electrodo de tierra un conductor anular, de material y dimensiones indicadas en las normas. Este electrodo deberá estar enterrado, preferiblemente, a una profundidad mayor o igual a 0,50 m y, al menos, a una distancia de 1 m de los muros del edificio, de manera de asegurar una tensión de paso y tensión de contacto aceptables.

El número mínimo de jabalinas será dos (2).

Desde el punto de vista de la protección contra el rayo, la mejor solución es una toma de tierra integrada en el edificio y prevista para todos los fines (por ejemplo protección contra el rayo, circuitos de alimentación en baja tensión y circuitos de telecomunicación y control). Las tomas de tierra que deban estar separadas, se conectarán a la toma de tierra integrada mediante una conexión equipotencial constituida por "limitadores de sobretensión" o vías de chispas.

Todos los sistemas de puesta a tierra dentro o sobre la estructura deberán ser interconectados para proveer un potencial de tierra común.

Las mallas de tierra de edificios contiguos deberán estar interconectadas, de manera que todas las tierras de la planta se encuentren conectadas.

Las instalaciones de protección contra rayos deberán ser montadas por personal técnico e idóneo.

#### **5.2. Sistema de equipotencialización interno.**

- Se definen Areas Físicas dentro de las cuales se consideran agrupados los equipos de manera de realizar una red de **equipotencialización local** constituido por conductores de mínima longitud:

**A1.- Oficinas técnicas.** Computadoras, impresoras y teléfonos.

**A2.- Gabinete de equipos de telefonía y datos.** Enlaces de fibra óptica y líneas telefónicas.

**A3.- Gabinete equipos de radio.** Equipos de VHF, UHF, fuentes de CC y modems.

**A4.- Sala de control.** Computadoras, interfaces de datos, impresoras y teléfonos.

**A5.- Tableros de media tensión.** Registradores de variables eléctricas e interfaces de datos.

- Se instalará un anillo conductor perimetral que abarque aquellas áreas que se encuentren a un mismo nivel del suelo al cual se vincularán con el mínimo recorrido posible los conductores de equipotencialización de cada área individual. De acuerdo a la localización física de las áreas definidas anteriormente los conductores perimetrales serán dos y comprenderán las siguientes áreas:

**Perimetral I.** Oficinas Técnicas y Gabinete de equipos de telefonía y datos.

**Perimetral II.** Gabinete de equipos de radio, Sala de Control y Tableros de media tensión.

- La vinculación de los Perimetrales con la red de puesta a tierra del edificio se realizará siguiendo recorridos de longitud mínima, con trayectos parciales horizontales y verticales de ser necesario, hasta alcanzar el nivel del suelo por el interior del edificio. La trayectoria de estos conductores será siempre descendente, pudiendo un conductor proveniente del Perimetral I (nivel superior) vincularse con el Perimetral II (nivel inferior) en su camino hacia la red de tierra dispuesta en el exterior del edificio. Cada perimetral contará con un mínimo de dos vinculaciones a la red de puesta a tierra de edificio y partirán de puntos opuestos de él.
- La red de equipotencialización será única y cumplirá simultáneamente las funciones de protección contra descargas atmosféricas y tierra de seguridad no pudiendo existir otra red con diferentes puntos de vinculación y/o puesta a tierra.
- En el edificio del Laboratorio/depósito se delimitará una sola área que contenga las computadoras, impresoras y otros equipos electrónicos, disponiendo de un anillo perimetral que se vinculará a la puesta a tierra local siguiendo las mismas reglas indicadas anteriormente.
- La vinculación entre ambos edificios se realizará mediante un conductor que une las puestas a tierra locales y circulará por el conducto subterráneo que contiene a los conductores de datos, comunicaciones, etc.

que se describe posteriormente en el punto 5.8.

### 5.3. Torre de antenas de radio.

- Todas las estructuras de las antenas montadas sobre la torre de antenas se unirán galvánicamente a la torre mediante morsetos que garanticen la vinculación a lo largo del tiempo. También el pararrayos deberá cumplir esta condición.
- El pararrayos contará con un conductor de bajada vinculado a la torre también en el extremo inferior y que se desdoblará en dos conductores, hacia ambos lados del edificio, para terminar cada uno de ellos en una jabalina de puesta a tierra. Estas jabalinas formarán parte de la red externa de puesta a tierra y estarán vinculadas a ella por el conductor perimetral.
- Los conductores coaxiales deberán correr agrupados entre sí y juntos a la estructura de la torre hasta el extremo inferior de esta. Se alejarán de la base de la torre en forma horizontal y luego descenderán en forma vertical hasta el nivel del terreno que circunda el edificio. El recorrido deberá ser siempre descendente u horizontal.
- En el punto de ingreso de los cables coaxiales al edificio se dispondrá de una placa de cobre que contenga conectores coaxiales pasantes de manera que todos los blindajes resulten unidos entre sí y a la placa en forma segura y permanente. Finalmente esta se vinculará a una jabalina de puesta a tierra a la que también converge uno de los dos conductores de puesta a tierra del pararrayos de la torre. Esta jabalina también estará vinculada al conductor perimetral exterior que vincula todas las jabalinas alrededor del edificio.
- Cualquier otro conductor proveniente de algún sistema montado sobre la torre (balizas, equipos meteorológicos, antena de TV, etc.) deberá cumplir con las directivas mencionadas previamente en todos sus aspectos.
- Cada una de las riendas de la torre deberá estar unida galvánicamente a la estructura en el extremo superior y entre si en cada uno de los puntos de anclaje. A su vez cada punto de anclaje deberá poseer una jabalina de puesta a tierra que estará vinculada también al conductor perimetral exterior.

- Se deberá garantizar la continuidad eléctrica entre cada uno de los tramos de la torre.

#### 5.4. Líneas telefónicas del sistema público y del sistema de onda portadora.

- Todas las líneas telefónicas provenientes de la oficina comercial y desde el sistema de onda portadora deberán ser protegidas en el arribo al Edificio principal con dispositivos de protección contra descargas atmosféricas. Los dispositivos de protección requieren de una conexión de baja inductancia a la red de equipotencialización.
- Los requerimientos típicos de los dispositivos de protección son:

Tensión nominal: 110 V~  
 Corriente nominal: 1A  
 Corriente de rayo por conductor: 2,5 kA(10/350)  
 Corriente de rayo total: 5 kA(10/350)  
 Corriente nominal de descarga: 20 kA(8/20)  
 Corriente de rayo total: 20 kA (8/20)  
 Nivel de protección entre conductores:  $\leq 600$  V (con corriente de rayo)  
 Nivel de protección entre conductores y tierra:  $\leq 300$  V (con corriente de rayo)  
 Tiempo de respuesta:  $\leq 25$  ns

#### 5.5. Red de datos entre computadoras.

- Todas las líneas de la red Ethernet que parten del HUB instalado a las salidas/entradas del equipo de enlace de fibra óptica con la Oficina comercial se protegerán con dispositivos de protección contra descargas atmosféricas. Los dispositivos de protección requieren de una conexión de baja inductancia a la red de equipotencialización.
- Los requerimientos típicos de los dispositivos de protección son:

Tensión nominal:  $\pm 8$  V  
 Corriente nominal de descarga entre conductores: 300 A (8/20)  
 Corriente nominal de descarga a tierra: 300 A (8/20)  
 Nivel de protección entre conductores:  $\leq 40$  V (con corriente de descarga)  
 Nivel de protección entre conductores y tierra:  $\leq 40$  V (con corriente de descarga)  
 Tiempo de respuesta:  $\leq 1$  ns

- Los conductores para la red Ethernet serán de doble par retorcido blindado denominado STP y correspondientemente los conectores RJ45 serán metálicos.

- Entre cada computadora y el cable de la red Ethernet se instalará un dispositivo de protección individual con las mismas características indicadas anteriormente.
- Lo descrito anteriormente es aplicable también a la computadora instalada en el Edificio de Laboratorio/depósito, cumpliendo además con las directivas enunciadas en el punto 5.8 respecto al recorrido del conductor de la red de datos.

#### 5.6. Red de datos RS232 entre computadora y enlace de telecontrol.

- El vínculo mediante la interfaz RS232 existente entre la computadora de la Sala de Control y el Modem correspondiente al equipo de radio se protegerá en ambos extremos mediante la instalación de dispositivos protectores caracterizados con los siguientes parámetros:

Tensión nominal:  $\pm 12$  V  
 Corriente nominal de descarga: 100 A (8/20)  
 Corriente máxima de descarga: 1 kA (8/20)  
 Nivel de protección (entre conductores y tierra de señal):  $\leq 24$  V (con corriente de descarga)  
 Nivel de protección (entre tierra de señal y de protección):  $\leq 200$  V (con corriente de descarga)  
 Tiempo de respuesta:  $\leq 1$  ns

- El conductor de datos será del tipo denominado multipar blindado y los correspondientes conectores tipo D serán con caja metálica.

#### 5.7. Red de datos RS485 entre computadora de control y Equipos de medición de variables eléctricas.

- La red RS485 existente entre la computadora de la Sala de Control y el conjunto de Equipos de medición de variables eléctricas se protegerá mediante la instalación de dispositivos protectores. Un extremo es el correspondiente a la computadora de la Sala de Control, mientras que el otro extremo será el punto de ingreso al primer equipo de medición de variables eléctricas al cual arriba el conductor de la RS485 en la Sala de tableros de media tensión.

Las características típicas de cada dispositivo protector son:

Tensión nominal: 5 V  
 Corriente nominal: 100 mA  
 Corriente de rayo por conductor: 2,5 kA(10/350)  
 Corriente de rayo total: 5 kA(10/350)

Corriente nominal de descarga: 20 kA(8/20)  
Corriente de rayo total: 20 kA(8/20)  
Nivel de protección entre conductores:  $\leq 15$  V  
(con corriente de rayo)  
Nivel de protección entre conductores y tierra:  
 $\leq 15$  V (con corriente de rayo)  
Tiempo de respuesta:  $\leq 1$  ns

- Los conductores para la red propiamente dicha serán del tipo denominado par blindado. La vinculación del blindaje se realizará en ambos extremos a las correspondientes redes de tierra locales.

#### 5.8. Disposición de cables de alimentación de energía, redes de datos y comunicaciones.

- Dentro de cada edificio (fundamentalmente en el principal por su gran volumen) se establecerán caminos de recorrido mínimo para vincular las diferentes Areas Físicas.
- Deberá establecerse un camino único para vincular dos áreas y por él circularán todos los conductores requeridos (datos, telefonía, telecontrol, etc) acompañado del correspondiente conductor de equipotencialización.
- Los conductores de la red de datos (Ethernet), teléfonos, comunicaciones, energía eléctrica u otros que vinculen el Edificio Principal con el edificio del Laboratorio/depósito se llevarán por un **conducto subterráneo junto con el conductor de equipotencialización** que vincula ambas redes de tierra interna de los edificios.
- Los conductores coaxiales provenientes de la **Placa de puesta a tierra** instalada en el lugar de acceso al edificio se llevarán hasta el **Gabinete de equipos de radio** a nivel del piso o por debajo de él.

#### 5.9. Directivas generales.

- Cualquier ampliación o modificación futura en alguna de las partes del sistema se deberá ajustar a las directivas particulares y generales para no invalidar parcial o totalmente el grado de protección original.
- Toda jabalina de puesta a tierra existente podrá ser utilizada como parte de la red de puesta a tierra del sistema de protección contra el rayo siempre que se la vincule **exclusivamente con el conductor perimetral exterior** al edificio.
- Entre la **red** de distribución de **gas pública y la interna** se instalará una **vía de**

**chispas**, en el lugar donde ambas se hallan desvinculadas galvánicamente, para unir ambas redes en forma transitoria en aquellas circunstancias en que llegaran a desarrollarse diferencias de potencial peligrosas entre ambas. Las características típicas del dispositivo son:

- Corriente nominal de descarga 100 kA(8/20)  
Diferencia de potencial con onda 1,2/50: 600 V
- Todos los dispositivos comprendidos en cada área y que resulten vinculados con otros pertenecientes a otra diferente, serán **energizados únicamente** por la fuente de alimentación ininterrumpible (UPS).
  - La red de energía general de 3x380/220VCA solo se utilizará para iluminación, calefacción, ventilación, herramientas y máquinas en general.
  - Los conductores de **puesta a tierra de seguridad** de todos aquellos equipos y/o máquinas alimentados con la red de energía general de 3x380/220VCA **no** compartirán los conductores de la red de equipotencialidad interna. El **único punto en común** de ambos sistemas será el **conductor perimetral externo**.

#### 6 REFERENCIAS:

- [1].- NPFA 780. Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.
- [2].- VDE 0185 parte 1. Instalación de Protección Contra Rayos.
- [3].- NF C 17-100. Protection des structures contre la foudre.
- [4].- NF C 17-102. Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage.
- [5].- IEC 1024-1. Protection of structures against lightning.
- [6].- CCITT. Protección contra el rayo de las líneas e instalaciones de telecomunicación.