

Seguridad eléctrica en redes de alumbrado público.

Su aplicación y mantenimiento predictivo

Ing. Raúl A. González
 ragonzalez@edenor.com.ar
 El autor es socio de AEA,
 integrante de diversos Grupos de Estudio*

La red de distribución pública de baja tensión trifásica de trescientos ochenta y doscientos veinte volts (380-220 V) emplea el esquema de conexión a tierra TN, neutro múltiplemente conectado a tierra y masas eléctricas expuestas conectadas a neutro, que permite controlar la seguridad de las personas ante los contactos indirectos. Se dispone ahora aplicarlo también a las redes de alumbrado público.

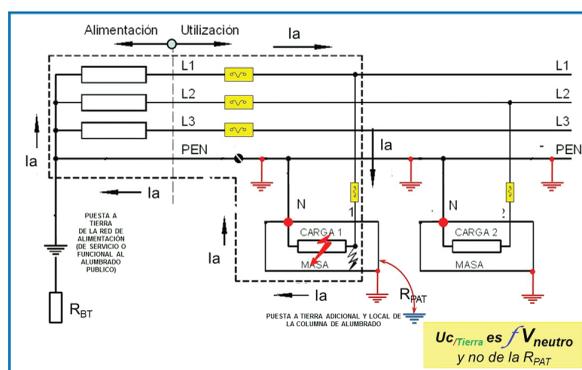
La Asociación Electrotécnica Argentina – AEA– emite reglamentaciones de uso eléctrico [1], cuyos requisitos de seguridad sobre las instalaciones de centros de transformación de media y baja tensión; líneas aéreas de baja tensión –incluye los puntos de suministro y medición metálicos–; líneas subterráneas de baja tensión, e instalaciones de alumbrado público limitan la tensión de contacto aún bajo falla de red, fase-masa o fase-tierra. En falla fase-tierra, para su control se fija el potencial del neutro respecto a “tierra alejada” (tierra o masa eléctrica que no pertenece a la red de distribución o utilización). Su parámetro de control, la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro, depende de la resistividad eléctrica real del suelo, no del valor absoluto (menor o igual a diez ohms –10 Ω–). El neutro pasa a ser un conductor de seguridad.

Se indica cómo crear la condición de seguridad inicial ante contactos indirectos en la red dedicada al alumbrado público. Se demuestra que el nivel inicial de seguridad de la red pública de distribución de baja tensión mejora al conectar utilizadores a igual esquema de conexión a tierra (usuarios, alumbrado público, señalización vial, etc.), conformando un sistema global de tierra.

Se aplica mantenimiento predictivo a la red dedicada al alumbrado público que, con dos mediciones de resistencia eléctrica de puesta a tierra y revisión ocular de todas las columnas, permite verificar la condición y permanencia de nivel de seguridad en el tiempo.

Introducción

En la red pública de distribución de baja tensión, neutro y masas eléctricas expuestas son equipotenciales y conectadas a una puesta a tierra local. Se conforma un esquema de conexión a tierra TN-S local. El lazo de falla totalmente galvánico permite circular una elevada corriente de fase a masa, por contacto o baja aislación, similar a la de falla interna en el propio consumo. Se produce así la actuación efectiva de la protección local, por interruptor termomagnético o fusible, y desconecta rápidamente la alimentación.



Por ser el neutro un conductor de seguridad (PEN), debe cumplir que:

- ▶ ante una falla despejada de corta duración, la tensión de contacto en función del tiempo de liberación de la falla será el admisible [2];
- ▶ ante falla no despejada, típica falla a tierra, su potencial respecto a tierra alejada será menor o igual a cincuenta volts (50 V);
- ▶ ante una falla, se asegura este potencial si su resistencia eléctrica de puesta a tierra total es función de la resistividad eléctrica real del suelo, pues la resistencia de falla fase a tierra o a parte conductora extraña vinculada a tierra, lo será.

Así, brinda seguridad a las personas ante situaciones operativas, de averías o vandálicas en la instalación. El potencial de masa eléctrica expuesta depende del limitado al neutro (menor o

igual a cincuenta volts) reducido cincuenta por ciento (50%), por el perfil de variación de potencial de la jabalina vertical local, no dependiendo de la caída de tensión en su resistencia eléctrica de puesta a tierra.

Al extender el esquema de conexión a tierraTN-S y estos criterios de puesta a tierra a otros servicios públicos distribuidos como el alumbrado público, se reduce aún más el riesgo y la exposición futura a tensiones de contacto indirectas peligrosas.

Debido a la concentración del uso eléctrico en zonas urbanizadas, se propone dar un carácter global a los sistemas de puesta a tierra de servicios asociados [3 y 4].

En alumbrado público, solo se aplicaba el concepto de "seguridad activa", con esquema de conexión a tierraTT e interruptor diferencial, que al detectar fuga de corriente a tierra, desconecta la alimentación. Si no existe o no funciona este interruptor, el valor perdurable (real) de la resistencia eléctrica de puesta a tierra de la columna no limita la tensión de contacto indirecto a valores seguros. La seguridad no era redundante.

Propiedades de la puesta a tierra del neutro

Limitar el potencial de contacto aun con la red bajo falla, "seguridad pasiva", de fase a neutro, a masa eléctrica conectada a neutro, a tierra alejada o a parte conductora extraña vinculada a tierra. Para ello se debe cumplir que:

- ▶ cada masa eléctrica expuesta esté conectada al neutro y a su puesta a tierra local. La protección eléctrica, de quien depende su potencial de contacto admitido, debe actuar en tiempo máximo de cinco segundos (5 s);
- ▶ su potencial permanente, respecto a tierra alejada ante falla de fase contra una parte metálica ajena a la red en contacto con tierra, debe ser menor o igual a cincuenta volts (50 V).

Este parámetro de seguridad (menor o igual a cincuenta volts) se cumple bajo la siguiente relación de resistencias eléctricas de puestas a tierra:

$$\frac{R_{\text{pat.total}}}{R_{\text{mín}}} \leq \frac{50 \text{ V}}{(U_0 - 50) \text{ V}} \quad (1)$$

En la fórmula, $R_{\text{PAT.total}}$ es la resistencia eléctrica de todas las puestas a tierra del neutro en paralelo; $R_{\text{mín}}$, el valor mínimo de resistencia eléctrica de puesta a tierra de parte conductiva ajena a la red (columna o estructura de alumbrado público, cartel con o sin uso eléctrico, señalización urbana, semáforo, etc.) no conectada al neutro de la red de distribución de baja tensión, y a través de la cual una falla de fase a tierra puede ocurrir, y U_0 es la tensión fase-tierra nominal del sistema.

Nota: La resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro es tal que la sobretensión en las fases sanas no supera el valor máximo admitido de doscientos cincuenta volts (250 V)

Puesta a tierra del neutro de red de distribución de baja tensión

La determinación de $R_{\text{mín}}$ se basa en medir la resistencia eléctrica de puesta a tierra del cincuenta por ciento (50%) de las jabalinas conectadas al neutro, en toda la traza de red considerada. Una cada cuatrocientos metros (400 m), jabalinas de acero-cobre, de dos metros de longitud, hincadas a ras del suelo. Se mide la resistencia eléctrica de puesta a tierra, se termina de enterrar y se conecta al neutro. Estas jabalinas quedan, en principio, con el valor de resistencia eléctrica de puesta a tierra inicial medido, es decir, en función de la resistividad eléctrica real del suelo.

Nota: La medición de cada resistencia eléctrica de puesta a tierra debe realizarse, de existir, en la época de menor resistividad eléctrica del suelo (de resistencia eléctrica de puesta a tierra menor). Caso contrario, cuando llegue esa época, deberá realizarse nuevamente.

Se busca el menor valor de $R_{\text{mín}}$ y, con la ecuación (1), se calcula el valor de $R_{\text{PAT.total}}$ del neutro, que limita su potencial respecto a "tierra alejada".

Para mantener este valor acotado en el tiempo, se limita la resistencia eléctrica de puesta a tierra de cada jabalina restante (intermedia con las iniciales), al máximo de 1,5 veces la media de las mediciones iniciales. Se puede emplear para ello jabalinas en paralelo, dispersores lineales o anillos.

Si el valor medido de $R_{\text{PAT.totales}}$ menor al calculado, se cumple la condición de seguridad requerida. La reducción inicial de la $R_{\text{PAT.total}}$ del neutro,

evita la abrupta pérdida de seguridad y urgente adecuación.

El neutro y las tomas de tierra conforman al conductor de seguridad. Por lo tanto, sus conexiones enterradas no deben ser afectadas por vibración o corrosión (deben ser de cobre, sin ajuste por roscas y a compresión). Modelo a compresión elástica, aplicable mediante llave tipo "pico de loro".



La conexión fija a borne o bloque de PAT, con termina la paleta cerrada y arandela de seguridad.

Puesta a tierra del neutro de red de alumbrado público

La red para alumbrado público es similar a la de distribución en baja tensión, pero la reglamentación AEA establece para el alumbrado público las siguientes condiciones o requisitos adicionales:

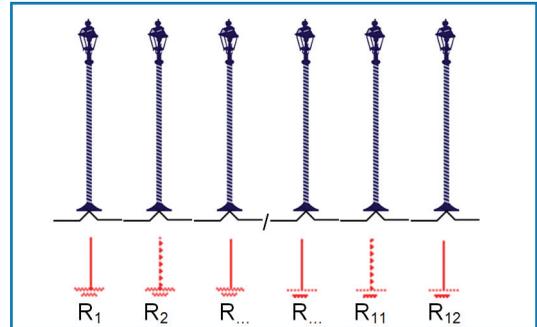
- ▶ Jabalina de acero-cobre, de 1,5 metros de longitud. Toma de tierra y conexión, interior a la columna.
- ▶ Medir la resistencia eléctrica de puesta a tierra por columna, con la jabalina conectada.
- ▶ Determinar R_{\min} y calcular la media de todas las mediciones. La resistencia eléctrica de puesta a tierra de cada columna no debe superar 1,5 veces la media.
- ▶ Conectar las columnas también al neutro.
- ▶ La resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro se puede medir como en distribución pública de baja tensión, o calcular.

Nota: La "seguridad pasiva" no se aplica a redes de alumbrado público con menos de diez columnas de alumbrado, bajo la misma conexión de neutro

Seguridad ante contactos indirectos

Como ejemplo, se indica cómo realizar la verificación inicial de la puesta a tierra del neutro. Se

instalan doce columnas en suelo con resistividad eléctrica no homogénea, de cien a cuatrocientos ohm-metro (Ωm). El veinticinco por ciento (25%) referido a cien, el resto, a cuatrocientos. La variación por columna es de veinte ohm-metro (100, 120, 140, 400, 380, 340, 320, 300, 280, 260, 240, 220). Una vez hincadas totalmente las jabalinas y conectadas a las columnas, se mide cada resistencia eléctrica de puesta a tierra.



$$R_1 = 73 \Omega / R_2 = 87 \Omega / R_3 = 102 \Omega / R_4 = 291 \Omega / R_5 = 276 \Omega / R_6 = 247 \Omega / R_7 = 233 \Omega / R_8 = 218 \Omega / R_9 = 204 \Omega / R_{10} = 189 \Omega / R_{11} = 174 \Omega / R_{12} = 160 \Omega$$

Se determina el valor mínimo. R_{\min} de setenta y tres ohms (73 Ω). Se calcula la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro para $V_{N/ta}$ menor o igual a cincuenta volts (50 V):

$$R_{PAT, total} = \frac{50V}{220V - 50V} \times 73 \Omega = 0,294 \times 73 \Omega = 21,5 \Omega$$

$$R_{PAT, total N} = 21,5 \Omega$$

Se calcula la media del conjunto de mediciones

$$R_{prom} = (R_1 + R_2 + R_{...} + R_{11} + R_{12}) / 12 = 189 \Omega$$

Ninguna resistencia eléctrica de puesta a tierra debe superar 1,5 el promedio, 283 ohms. La jabalina número cuatro lo supera, se reduce agregando una jabalina o dispersor en paralelo: $R_{4, corregido}$ igual a doscientos treinta ohms (230 Ω). Se lleva registro del valor de resistencia eléctrica de puesta a tierra de cada columna. Al

conectar rígidamente la jabalina y el neutro, a cada columna se conforma el esquema de conexión a tierra TN-S.

Para el $V_{N/ta}$ menor o igual a cincuenta volts, el valor medido de la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro debe ser menor o igual al calculado.

$$R_{\text{med PAT total N}} = \Sigma 1/[(1/R_1) + (1/R_2) + \dots + (1/R_{12})]$$

$$R_{\text{med PAT total}} = 12,8 \Omega$$

$$R_{\text{med PAT total N}} < R_{\text{PAT total N}}$$

$$12,8 \Omega < 21,5 \Omega \rightarrow \Delta_R \geq 60\%$$

Si $R_{\text{med.PAT.totalN}}$ permanece menor o igual a $R_{\text{PAT.totalN}}$, la condición de seguridad se mantiene. Para mejorar el control con revisiones y adecuaciones programadas, no de emergencia ante la pérdida de la seguridad, se recomienda mantener la diferencia entre ambos valores (ΔR) no menor al cincuenta por ciento (50%), reduciendo, para ello, los valores más altos de resistencia eléctrica de puesta a tierra medidos inicialmente.

Desvíos sistemáticos a favor de la seguridad: no se han considerado algunas particularidades que mejoran el nivel de seguridad inicial, como ser que:

- ▶ si aumenta la resistividad eléctrica del suelo, la tensión de contacto sobre la persona disminuye;
- ▶ la resistencia eléctrica de puesta a tierra total de la red de neutro del alumbrado público siempre disminuye al estar conectada en paralelo a la red de neutro de la distribución pública de baja tensión y se amplía la diferencia entre el valor real de $R_{\text{PAT.total}}$ del neutro y el calculado.

Seguridad ante contactos directos

Los puntos con tensión o su acceso deben estar fuera del alcance involuntario de la persona; poseer tapa o puerta con tornillo de seguridad o cerradura y barrera interior aislante de

retiro voluntario, ambas con advertencia por peligro de intrusión, por ejemplo:

- ▶ No ubicar el tablero de comando y protección al alcance de las personas, ubicarlo a 2,5 metros de altura, o más sobre toda posición practicable circundante y accesible a las personas.



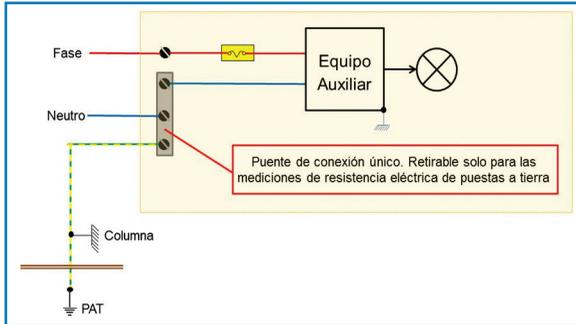
- ▶ En las columnas, solo incluir borneras. Son de bajo nivel de avería y libres de revisión periódica. La protección eléctrica, incluirla en la luminaria.
- ▶ Tornillo de seguridad con cabeza fusible en las tapas de columnas. Rompe la cabeza al torque de ajuste, deja expuesta una superficie plana de borde cónico y bajo espesor, que impide su retiro con herramientas comunes. Para retirarlo, se lo debe perforar con taladro y emplear herramienta especial. Se reduce así el riesgo por intrusión.



- ▶ Barrera aislante interior de retiro voluntario, con advertencia. Impide el contacto inadvertido.



La protección eléctrica y la conexión entre el neutro, la masa eléctrica y la toma de tierra deberían ubicarse en el interior de la luminaria dado que en la explotación siempre se debe acceder a ella. Se reducen así los tiempos de intervención y se mejora su condición de conservación.



Seguridad inicial y en expansión

Si la red de distribución de baja tensión es el único suministro eléctrico en la vía pública, y su neutro en forma pasiva e intrínseca por diseño es el medio que brinda seguridad, ¿cómo influye esta condición de seguridad, al alimentar a usuarios particulares y en el desarrollo de diversas redes que brindan otros servicios públicos distribuidos? Mediante la expansión bajo el esquema de conexión a tierra TN y/o TN-S en:

- ▶ puntos de suministro y medición de usuarios, con gabinetes metálicos (de aislación clase I);
- ▶ líneas dedicadas al alumbrado público o sobre red pública de baja tensión, con columnas metálicas o de hormigón;
- ▶ señalización y control de tránsito automotor;

se logra que la $R_{PAT, total}$ del neutro interconectado disminuya sistemáticamente, reduciendo así el potencial del neutro respecto de "tierra alejada". Mejora y es más estable el nivel de seguridad inicial

Aplicación de redes aéreas de distribución de baja tensión y dedicadas al alumbrado público, en áreas compartidas

El ejemplo aplica a la menor cantidad posible de puestas a tierra conectadas al neutro en zona urbana.

- ▶ Área: doce manzanas en cuatro sectores
- ▶ Puesta a tierra en el CT: cuarenta ohms (40 Ω), entre todos los neutros de las salidas (cuatro).

- ▶ Puesta a tierra del neutro cada doscientos metros (200 m), cantidad: doce.
- ▶ Puntos de suministro y medición metálicos: con esquema de conexión a tierra TN-S solo el veinticinco por ciento (25%), cantidad: ciento dos (102), el resto, de material sintético, de aislación clase II.
- ▶ Alumbrado público asociado: una columna con esquema de conexión a tierra TN-S en cada cruce de calle por cuadra, cantidad: veinticuatro, el resto, brazos de alumbrado sobre postes de baja tensión de madera en cada esquina por cuadra, sin puesta a tierra.
- ▶ Resistividad eléctrica del suelo: veinticinco por ciento (25%) de la puesta a tierra se considera con cien ohm-metro (100 Ωm), el resto, con cuatrocientos (400).

Teniendo en cuenta esta conformación mínima, la condición de seguridad variará de la siguiente forma:

a) Inicial de la red de distribución de baja tensión:

$$R_{\min} 55 \Omega, R_{\text{pat total teórica}} 16,2 \Omega \text{ y } R_{\text{pat total real}} 9,7 \Omega \\ (60\% \text{ de } R_{\text{pat total teórica}}) \times V_{N/\text{tierra alejada}} = 33 \text{ V.}$$

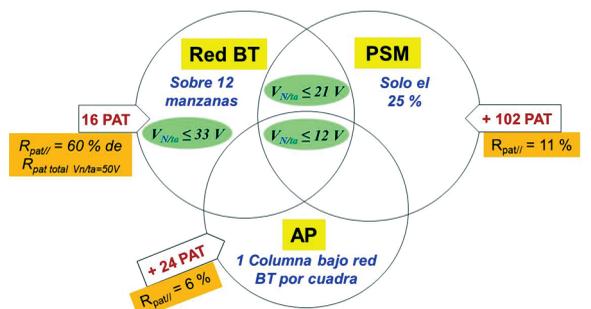
Si la $R_{\text{pat total teórica}}$ fuera igual a la $R_{\text{pat total real}}$, el potencial $V_{N/\text{tierra alejada}}$ sería igual a cincuenta volts (50 V).

b) Inicial de la red baja tensión, más la debida a cada punto de suministro y medición metálicos:

$$R_{\min} 55 \Omega, R_{\text{pat total teórica}} 16,2 \Omega \text{ y } R_{\text{pat total real}} 1,8 \Omega \\ (11\% \text{ de } R_{\text{pat total teórica}}) \times V_{N/\text{tierra alejada}} = 21 \text{ V.}$$

c) Inicial de la red baja tensión y punto de suministro y medición, más la debida al alumbrado público:

$$R_{\min} 55 \Omega, R_{\text{pat total teórica}} 16,2 \Omega \text{ y } R_{\text{pat total real}} 1,1 \Omega \\ (6\% \text{ de } R_{\text{pat total teórica}}) \times V_{N/\text{tierra alejada}} = 12 \text{ V.}$$



Sin considerar los desvíos sistemáticos. De emplear líneas dedicadas al alumbrado público, con columnas de alumbrado, la incidencia de sus puestas a tierra será mayor, reduciendo aún más el $V_{N/\text{tierra alejada}}$.

Mantenimiento predictivo de las puestas a tierra de alumbrado público

Mantenimiento basado en la medición de una resistencia eléctrica de puesta a tierra de columna y la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro. Parámetros que indican si el nivel establecido de seguridad eléctrica permanece. Puede aplicarse en cualquier época del año.

Partiendo de la línea dedicada anterior, se asume que al paso del tiempo se afectan los valores de puesta a tierra y que, además, existe un cierto nivel de robo y/o vandalismo. Varía de la forma siguiente: R_1 cortada / $R_2 = 105 \Omega$ / $R_3 = 150 \Omega$ / $R_4 = 190 \Omega$ / $R_5 = 145 \Omega$ / $R_6 = 270 \Omega$ / $R_7 = 250 \Omega$ / R_8 cortada / $R_9 = 234 \Omega$ / $R_{10} = 250 \Omega$ / R_{11} cortada / $R_{12} = 300 \Omega$

Se deben realizar las siguientes acciones

- 1º. Abrir el interruptor principal de alimentación al alumbrado público.
- 2º. Desconectar el neutro del alumbrado público de la de red de distribución de baja tensión que la alimenta.
- 3º. Con telurímetro y toroides auxiliares, medir la resistencia eléctrica de puesta a tierra en una columna, conectada a la columna y al neutro, por ejemplo en la número doce.

$$R_{\text{med}} = R_{12} + R_{\text{paralelo 1 a 11}} = 322,56 \Omega$$

- 4º. Con telurímetro y jabalinas auxiliares, medir la misma resistencia eléctrica de puesta a tierra, pero desconectada del neutro

$$R_{12} = 300 \Omega.$$

- 5º. Calcular la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro de la línea de alumbrado público:

$$R_{\text{paralelo 1 a 11}} = R_{\text{med}} - R_{12} = 22,56 \Omega$$

$$R_{\text{medPAT total}} = (R_{\text{paralelo 1 a 11}} \times R_{12}) / (R_{\text{paralelo 1 a 11}} + R_{12})$$

$$R_{\text{med PAT total}} = 21 \Omega$$

Verificación de la seguridad:

$$R_{\text{med PAT total}} = 21 \Omega < R_{\text{PAT total N}} = 21,5 \Omega$$

Aun con algunas puestas a tierra cortadas y elevado valor de resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro (más de sesenta y cinco por ciento -65%-), la línea de alumbrado público (sin conectarla a la red de distribución pública de baja tensión) presenta un nivel de seguridad aceptable.

Esta es una consideración extrema, pues en realidad las acciones de vandalismo y de robo deben ser adecuadas antes de realizar las mediciones y, si se detecta un incremento de $R_{\text{medPAT total}}$ mayor al treinta por ciento (30%), es recomendable realizar la programación de su adecuación sin urgencia ni pérdida de la seguridad.

Nota 1: Al conectar el neutro de alumbrado público al de red pública de distribución de baja tensión, la gran extensión de esta hace que disminuya la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro (veinte por ciento en el kilómetro cuadrado), mejorando la condición de seguridad inicial de ambas redes. La reglamentación de alumbrado público indica que esta conexión debe ser rígida, solo separable con herramienta y sin incluir protección eléctrica.

Nota 2: Si en una columna se corta la toma de tierra, la seguridad aún se mantiene, pues el potencial a tomar por la columna es el del neutro del alumbrado público (menor o igual a cincuenta volts).

Nota 3: En instalaciones de alumbrado público, compartiendo redes aéreas públicas de distribución de baja tensión, con o sin conductor de encendido, también se aplica el mantenimiento predictivo. Con igual frecuencia pero distinta consideración de la resistencia eléctrica de puesta a tierra de referencia.

6. Experiencia de aplicación en alumbrado público

La empresa LuSal, en la ciudad capital de la provincia de Salta, hace cinco años que aplica estos conceptos de seguridad en alumbrado público. Su personal de explotación y mantenimiento verifica y adecua las instalaciones existentes mediante las siguientes acciones:

- ▶ Conversión del esquema de conexión a tierra TT al TN y TN-S
- ▶ Verificación de la existencia y el estado de cada puesta a tierra.

- ▶ Medición de la resistencia eléctrica de puesta a tierra en cada columna, con la jabalina conectada. (luego, también conecta el neutro)
- ▶ Determinación del valor mínimo y medio
- ▶ Verificación decada resistencia eléctrica de puesta a tierra en función del valor medio
- ▶ Cálculo del valor de la $R_{pat\ total}$ para $V_n = 50\text{ V/ta}$
- ▶ Reducción de algunos valores elevados de resistencia eléctrica de puesta a tierra, para definir un $\Delta_r \geq 50\%$



A cuatro años de aplicar el mantenimiento predictivo, los resultados en seguridad y explotación son positivos. Se aplican ya a los nuevos diseños de redes de alumbrado público.



Mejoras

Las reglamentaciones de la AEA para instalaciones exteriores, según distintas fallas probables por tipo de instalación, exigen un nivel de seguridad ante contactos indirectos adecuado y estable en el tiempo. Mejora las técnicas anteriores de verificación al medir parámetros predictivos. Además, por interconectar sus neutros en forma rígida, logra más efectividad, confiabilidad y estabilidad en el tiempo.

Por seguridad activa y pasiva

- ▶ Activa: alumbrado público con esquema de conexión a tierraTT. Protección general de la línea por interruptor diferencial. Una falla en cualquier columna interrumpe todo el servicio dedicado al alumbrado público y es

difícil localizarla. Si el interruptor diferencial no actúa (por falla, robo o vandalismo) no posee un nivel adicional de seguridad pasiva, y con valores medios de resistencia eléctrica de puesta a tierra local puede llegarse en las columnas a una tensión de contacto indirecto peligrosa. Daños o robos en el tablero de comando y control afectan la seguridad de las columnas.

- ▶ Activa y pasiva: alumbrado público con esquema de conexión a tierraTN-S. Protección individual por fusible en cada columna o luminaria. Posee niveles adicionales de seguridad pasiva, basados en la puesta a tierra de la columna y en el límite impuesto a la tensión de contacto indirecto (potencial de neutro menor o igual a cincuenta volts) aun con toma de tierra de columna vandalizada. Daños o robos en el tablero de comando y control no afectan la seguridad de las columnas.

Al limitar la falta de luz al punto con falla, se facilita al frentista solicitar su reparación y a la empresa, reponer el servicio, se mejora así la calidad de servicio y se reducen los costos de explotación.

Si bien la seguridad pasiva solo puede aplicarse a líneas dedicadas al alumbrado público con diez o más puntos de alumbrado. Si sus neutros se unen en forma rígida, se puede aplicar a grupos de menor cantidad de puntos de alumbrado cuya suma alcance dicho valor mínimo, compartiendo o no el encendido o la fase de alimentación, pero sí sus neutros.

Por tipo de mantenimiento

- ▶ Mantenimiento preventivo (esquema de conexión a tierraTT): Frecuencia anual, verificando cada interruptor diferencial y cada puesta a tierra. Del primero, que exista y no presente daños por exposición a la intemperie (por ejemplo, puerta de gabinete con filtraciones o abierta) o roturas por vandalismo. Probar su funcionamiento interno por pulsador local, confirmando su ajuste de corriente de actuación y su acción por inyección de corriente a

través de la instalación, desde el punto más alejado. De la puesta a tierra de cada masa eléctrica expuesta, que exista, tenga toma de tierra íntegra y resistencia eléctrica de puesta a tierra menor o igual a cuarenta ohms (40Ω).

- ▶ Mantenimiento predictivo (esquema de conexión a tierra TN-S): frecuencia bienal en alumbrado vial y anual en lugares de pública concurrencia (plazas y parques públicos), verificando la resistencia eléctrica de puesta a tierra en una columna y la resistencia eléctrica de puesta a tierra total del neutro, y que cada columna tenga íntegra su toma de tierra y conexión al neutro.

Por el esquema de conexión a tierra TN-S

- ▶ Reducción de mediciones de puesta a tierra: doscientos por kilómetro cuadrado con esquema de conexión a tierra TT y solo veinte con TN-S. No se exige adecuar a bajos valores absolutos (menores o iguales a cinco o diez ohms), sino relacionados con la resistividad del suelo.
- ▶ Verificación del nivel de seguridad, se percibe su afección y se adecua sin urgencia.
- ▶ Explotación y mantenimiento más efectivos, con costos reducidos.
- ▶ Mejoramiento de la expectativa de vida útil del balasto y de la lámpara, o del controlador y los leds.
- ▶ Disminución de la corrosión galvánica de las columnas

Conclusiones

Costos involucrados

La aplicación de las reglamentaciones vigentes de la AEA no implica acceder a mayores costos en alumbrado público, solamente realizar las acciones técnicas, ya necesarias y exigidas en las instalaciones de diseños anteriores.

El alumbrado público existente con esquema de conexión a tierra TT, de seguridad activa, es fácilmente convertible al esquema TN-S de seguridad activa y pasiva. Solo debe realizarse la verificación completa, con las siguientes acciones mínimas:

8.1.1. Adecuación de la instalación existente de AP

El AP existente con ECT "TT", de seguridad "activa", es fácilmente convertible al ECT "TN-S" de seguridad "activa y pasiva". Solo debe realizarse la verificación completa, con las siguientes acciones mínimas

- ▶ En el tablero de comando y control: alejarlo del alcance de las personas; si es metálico, aplicarle también un esquema de conexión a tierra TN-S o emplear solo doble aislación; eliminar el interruptor diferencial; conectar en forma rígida el neutro del alumbrado público al de distribución pública de baja tensión; verificar la protección eléctrica general instalada sobre las fases; verificar el cableado y conexionado; instalar barrera aislante interior, retirable en forma voluntaria, con advertencia de peligro.
- ▶ En las columnas de alumbrado: verificar existencia, estado, tipo de jabalina y continuidad de la toma de tierra; medir la resistencia eléctrica de puesta a tierra en cada columna, con la jabalina conectada; con toma de tierra de desarrollo externo a la columna, adecuar su protección mecánica; verificar el cableado y conexionado; eliminar protección eléctrica sobre el neutro; conectar rígidamente el neutro del alumbrado público a la columna y a la puesta a tierra; instalar la barrera aislante interior, retirable en forma voluntaria, con advertencia de peligro, y colocar la tapa de la abertura con el tornillo de seguridad y la advertencia de peligro.

Se recomienda realizar en forma conjunta, el mantenimiento general de estructura y pintura.

Respecto de la instalación nueva de alumbrado público, preverla de acuerdo a los requisitos y opciones reglamentarias vigentes. Lo cual implica no aplicar esquema de conexión a tierra TT sin confiabilidad suficiente en a) la protección ambiental, ausencia de robo y vandalismo, sobre el tablero de comando y control y el interruptor diferencial general; b) la realización total del mantenimiento preventivo anual del interruptor diferencial (por pulsador de prueba

interna, y verificar su regulación de corriente de actuación, por circulación de corriente desde el punto de alumbrado más alejado); c) la medición de la resistencia eléctrica de puesta a tierra de cada columna y su adecuación a valores mínimos necesarios.

Caso contrario se debe aplicar esquema de conexión a tierra TN-S, seguridad activa y pasiva.

Responsabilidad

Por impulsar nuevos diseños que permiten mejoras en seguridad eléctrica, mantenimiento y conservación, explotación, y calidad de servicio y de producto, se brinda a las autoridades de aplicación la posibilidad de poder afrontar de mejor forma su responsabilidad sobre la prestación del servicio y la seguridad eléctrica en la vía pública.

Municipios, cooperativas, rntes de regulación o control y consejos profesionales pueden capacitar rápidamente al personal de supervisión, explotación y control, a través de los talleres de diseño sobre líneas aéreas de baja tensión y alumbrado público que dicta la AEA, tanto en su sede central, como en la modalidad in company. Los nuevos proyectos, por mayor exigencia en pliegos técnicos de licitación, mejoran en cuanto a cumplimiento reglamentario y a su explotación flexible y mantenimiento efectivo.

Compromiso social

Se avanza sobre un tema reiterado en áreas urbanas o suburbanas muy concurridas, como parques, paseos y plazas, el riesgo de choque eléctrico por intrusión en columnas y conexión clandestino. Se limitan la acciones de vandalismo y robo en los tableros de comando y control: mayor permanencia de áreas públicas iluminadas (por pérdida puntual de luz) favorece a la seguridad de las personas. Las instalaciones de alumbrado público existentes pueden ser adecuadas fácilmente, a muy bajo costo, logrando las mismas condiciones de eficiencia en seguridad, mantenimiento y explotación ■

Referencias

- [1] Reglamentaciones AEA:
 - 95401 "Centros de Transformación y Suministro en MT" - 2006
 - 95201 "Líneas Aéreas Exteriores de BT" - 2009
 - 95101 "Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones" - 2015
 - 95703 "Instalaciones Eléctricas de Alumbrado Público y Control de Tránsito Vial" - 2009
- [2] CIDEL 2014 y BIEL 2015 Buenos Aires, Argentina – AEA - "Seguridad eléctrica en redes públicas de distribución en BT y alumbrado". Ing. Vinson E. G. e Ing. González R. A.
- [3] CONEXPO Salta 2014/Mendoza 2016, Argentina - AEA - "Seguridad eléctrica en Alumbrado Público". Ing. González R. A.
- [4] Gobierno y Servicios Públicos 2012 Buenos Aires, Argentina - AEA - "Seguridad eléctrica en Alumbrado Público". Ing. González R. A.
- [5] LuSal "Alumbrado de Salta". Contacto: Director Técnico. Ing. Benjamín Montellano (*bm@lusal.com.ar*).

*El Ing. Raúl A. Rodríguez dicta las siguientes capacitaciones en AEA:

- ▶ Taller de diseño líneas aéreas de MT y centros de transformación Aéreos MT/BT
- ▶ Taller de diseño sobre líneas aéreas de BT
- ▶ Distribución y alumbrado público
- ▶ Puesta a tierra en sistemas de distribución de MT y BT

Presidente Organismos de Estudio AEA: Líneas Aéreas de BT y Alumbrado Público()

El presente trabajo ha sido presentado en la Conexpo Mendoza Edición 2016, en el marco de las actualizaciones de las Resoluciones AEA 95703 Alumbrado Público y AEA 95201 Líneas Aéreas Exteriores de Baja Tensión, cuya Edición actualizada 2016 está prevista antes del cierre del año.