

# Análisis implementación del doble Aislamiento en el alumbrado público

1<sup>st</sup> Arenas Jean

E3T

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

Jean2172164@correo.uis.edu.co

2<sup>nd</sup> Avila Wilmer

E3T

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

wilmer2181751@correo.uis.edu.co

**Abstract**—Double insulation in street lighting systems has been widely recommended by international standards as a measure for electrical safety and continuity of service. However, there are challenges associated with its implementation. This article discusses some of the key aspects of double insulation, different grounding systems, fault scenarios, proposed solutions and practical considerations for effective monitoring and maintenance. Topics such as indirect contact protection, installation requirements, additional insulation barriers and insulation testing techniques are addressed. The analysis highlights the importance of adopting a total approach combining double insulation with supplementary measures to ensure optimum safety throughout the life of the system. .

**Index Terms**—Doble aislamiento, protección de equipos, riesgos de fallas, sistemas eléctricos, seguridad eléctrica.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alumbrado público son equipos eléctricos accesibles al público y expuestos a diversos riesgos naturales y causados por el hombre. En condiciones de falla, pueden aparecer potenciales peligrosos en las partes metálicas, exponiendo a las personas a riesgos de descarga eléctrica. Para reducir estos riesgos, los estándares internacionales, como la IEC 60364, recomiendan el uso de componentes de Clase II, es decir, equipos con doble aislamiento o aislamiento reforzado, para todos los elementos del sistema de alumbrado público, incluyendo luminarias, cables y empalmes. En el caso de los postes, aunque muchos son metálicos y requieren este tipo de aislamiento, es importante señalar que algunos se fabrican en concreto, lo cual les confiere propiedades aislantes naturales. No obstante, incluso en postes de concreto, es importante asegurar que todos los componentes eléctricos y metálicos incorporados cumplan con los estándares de seguridad eléctrica para garantizar la protección integral del sistema y la seguridad de las personas.

En este trabajo, se realizó una búsqueda utilizando las siguientes palabras clave en español e inglés:

- "Luminaria" / "Luminaire"
- "Alumbrado público" / "Street lighting"
- "Doble aislamiento" / "Double insulation"

Las bases de datos consultadas incluyeron Scopus, Google Académico y las bases de datos de IEEE. Debido a la limitada cantidad de artículos específicos sobre doble aislamiento en

alumbrado público, se ha ampliado la búsqueda para incluir información sobre "doble aislamiento en equipos de uso final", lo cual proporciona contexto y conocimientos relevantes aplicables al alumbrado público. Primero se presentará el doble aislamiento con sus ventajas y consideraciones, para luego abordar el tema de los artículos consultados.

## II. DOBLE AISLAMIENTO EN EQUIPOS DE USO FINAL

El doble aislamiento es un concepto de seguridad eléctrica que se aplica no solo al alumbrado público, sino también a una amplia gama de equipos eléctricos de uso final. Este principio implica la presencia de dos capas de aislamiento eléctrico entre las partes energizadas y las partes accesibles del equipo.

### A. Beneficios del doble aislamiento

- Mayor seguridad: Reduce el riesgo de descargas eléctricas al proporcionar una barrera adicional contra el contacto con partes energizadas.
- Flexibilidad de instalación: Los equipos con doble aislamiento no requieren conexión a tierra, lo que simplifica la instalación y reduce costos.
- Durabilidad: El aislamiento adicional puede prolongar la vida útil del equipo al protegerlo mejor contra factores ambientales y desgaste.
- Cumplimiento normativo: Muchos estándares internacionales, como IEC 60335 para electrodomésticos, requieren o recomiendan el doble aislamiento para ciertos tipos de equipos.

### B. Consecuencias y consideraciones

- Costo inicial: Los equipos con doble aislamiento pueden ser más costosos de fabricar debido a los materiales y procesos adicionales requeridos.
- Mantenimiento especializado: La reparación de equipos con doble aislamiento puede requerir técnicos especializados para mantener la integridad del sistema de aislamiento.
- Falsa sensación de seguridad: Si no se mantiene adecuadamente, el doble aislamiento puede degradarse con el tiempo, lo que podría llevar a situaciones peligrosas si los usuarios confían excesivamente en esta característica.

- Limitaciones en diseño: La necesidad de incorporar doble aislamiento puede imponer restricciones en el diseño y tamaño de los equipos.

### III. APLICACIÓN AL ALUMBRADO PÚBLICO

Los principios del doble aislamiento en equipos de uso final son directamente aplicables a los sistemas de alumbrado público. Las luminarias, postes y otros componentes del sistema pueden beneficiarse de esta tecnología para mejorar la seguridad y confiabilidad.

#### A. Consideraciones específicas para alumbrado público

- Exposición ambiental: Los sistemas de alumbrado público están constantemente expuestos a elementos como lluvia, sol y contaminación, lo que hace que el doble aislamiento sea particularmente importante para mantener la seguridad a largo plazo.
- Accesibilidad pública: Dado que estos sistemas están al alcance del público, el doble aislamiento proporciona una capa adicional de protección contra contactos accidentales.
- Mantenimiento reducido: El doble aislamiento puede reducir la necesidad de mantenimiento frecuente, lo cual es beneficioso para sistemas de alumbrado que a menudo se instalan en lugares de difícil acceso.
- Adaptabilidad a diferentes estructuras: El doble aislamiento permite mayor flexibilidad en la instalación de luminarias en diversos tipos de postes y estructuras, incluyendo aquellos que no tienen una conexión a tierra confiable.

Tras considerar estas aplicaciones generales y beneficios del doble aislamiento en equipos de uso final, es importante examinar su implementación específica en sistemas de alumbrado público. Los artículos consultados en esta investigación abordan directamente este tema, explorando los desafíos únicos y las soluciones propuestas para el uso de doble aislamiento en entornos urbanos de iluminación. A continuación, se presenta un análisis de estos estudios, comenzando con una revisión de los diferentes sistemas de puesta a tierra y protección contra contactos indirectos utilizados en alumbrado público, seguido por los requisitos específicos y consideraciones para la implementación efectiva del doble aislamiento en estos sistemas.

### IV. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS

Los documentos analizados describen varios sistemas de puesta a tierra y protección contra contactos indirectos utilizados en sistemas de alumbrado público. El sistema TT utiliza una conexión a tierra independiente para los equipos y dispositivos de protección contra corrientes residuales (RCD). El sistema TN-S tiene un conductor de puesta a tierra separado conectado al electrodo de tierra de la fuente de alimentación. El sistema TI, recomendado por la IEC para sistemas de alumbrado público, utiliza componentes de Clase II sin conexión a tierra intencional, confiando en el doble aislamiento para

la protección contra contactos indirectos. Para una mayor claridad, a continuación, se presentan los esquemas de los distintos sistemas de puesta a tierra.

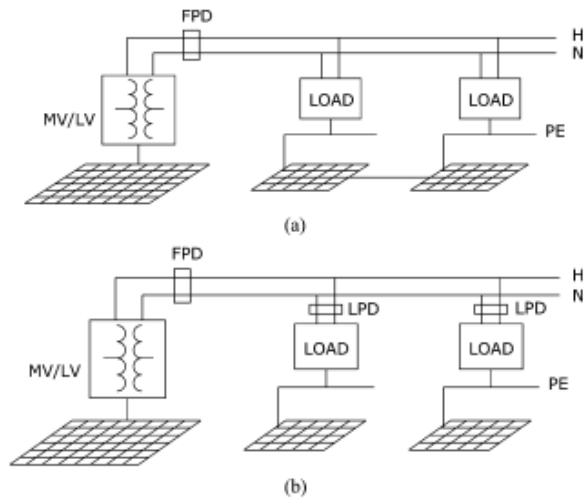


Fig. 1. (a) TT system with light poles collectively protected by the same FPD and (b) independently protected by local protective devices LPD.

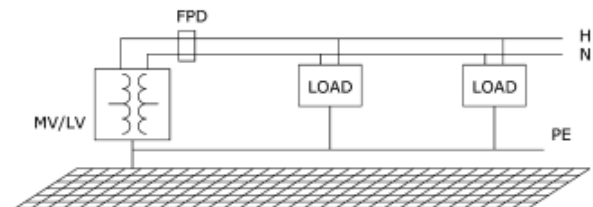


Fig. 2. TN-S system: protective conductors (PE) are connected to the powersupply ground electrode.

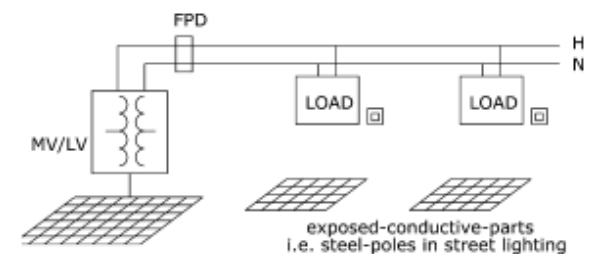


Fig. 3. In TI systems, the neutral point is grounded and the poles (potential ECPs) are Class II.

### V. REQUISITOS Y CONSIDERACIONES PARA EL DOBLE AISLAMIENTO

Para que un sistema de alumbrado público se considere de Clase II, cada componente, desde el punto inicial del circuito hasta cada luminaria, debe tener doble aislamiento que se mantenga en el tiempo. Esto implica requisitos especiales de instalación, como técnicas específicas para derivaciones a las luminarias en los huecos de los postes. Además, las

conexiones y empalmes deben garantizar el mantenimiento del doble aislamiento durante la instalación. A pesar de las certificaciones de fábrica, existe un riesgo de degradación del aislamiento debido a factores externos, como agentes atmosféricos, impactos accidentales, roedores o mantenimiento inadecuado.

#### VI. DESAFÍOS Y SOLUCIONES PARA EL DOBLE AISLAMIENTO

A pesar de las ventajas del doble aislamiento, existe el riesgo de que se degrade con el tiempo debido a factores naturales, impactos accidentales o mantenimiento inadecuado. En instalaciones extensas, incluso un pequeño número de componentes con fallas de aislamiento puede exponer a las personas a riesgos de descarga eléctrica, especialmente en postes metálicos. Los documentos proponen soluciones complementarias, como el uso de dispositivos de corriente residual con rearme automático y el pintado de postes metálicos con barniz aislante. Estas medidas ayudan a detectar fallas de aislamiento, evitar la permanencia de fallas y proporcionar una barrera adicional contra riesgos de descarga.

#### VII. DISPOSITIVOS DE CORRIENTE RESIDUAL CON REARME AUTOMÁTICO

Los dispositivos de corriente residual (RCD) con rearme automático son una solución propuesta para complementar el doble aislamiento en sistemas de alumbrado público. Estos dispositivos están diseñados para interrumpir el suministro eléctrico en caso de una falla a tierra y, después de verificar la ausencia de fallas permanentes, restablecer automáticamente el servicio. Esto evita interrupciones innecesarias del servicio de alumbrado y permite detectar y mitigar fallas de aislamiento de manera efectiva. Los RCD con rearme automático pueden configurarse con diferentes programas de restablecimiento, tiempos de retardo y número máximo de intentos de rearme antes de requerir una intervención manual.

#### VIII. BARNIZ AISLANTE PARA POSTES METÁLICOS

Otra solución complementaria propuesta es el pintado de postes metálicos con un barniz aislante. Este barniz, que cumple con los estándares IEC 60464, proporciona una barrera de aislamiento adicional para los postes de acero, que naturalmente están conectados a tierra a través de sus cimientos. El uso de barniz aislante ayuda a mitigar el riesgo de potenciales de contacto peligrosos en caso de fallas en el doble aislamiento de otros componentes instalados en los postes. Las pruebas y la certificación del barniz aislante se realizan en muestras de postes antes de su aplicación en campo.

#### IX. CONCLUSIONES

- **Importancia del doble aislamiento:** Los documentos consultados resaltan la adopción de equipo de Clase II, que implica un doble o reforzado aislamiento, como una medida crítica para mejorar la seguridad en los sistemas de alumbrado público. Este tipo de aislamiento reduce significativamente el riesgo de contactos indirectos y

potenciales choques eléctricos, especialmente en sistemas expuestos al público y a condiciones ambientales adversas.

- **Reducción de Riesgos de Choque Eléctrico:** La implementación de equipos de Clase II garantiza que, incluso en caso de fallo del aislamiento primario, el aislamiento secundario previene el contacto con partes conductoras energizadas. Esto es muy importante en sistemas de alumbrado público que no están conectados mediante un conductor de protección común, lo cual es común en muchas instalaciones urbanas.
- **Mantenimiento y Supervisión:** Se recomienda la supervisión periódica y el mantenimiento del sistema de aislamiento doble. Esto incluye la verificación de la efectividad del aislamiento y la implementación de programas de monitoreo para detectar fallos potenciales antes de que se conviertan en peligros significativos. La integración de dispositivos de corriente residual (RCD) con capacidad de reinicio automático también es aconsejable para evitar fallos de puesta a tierra prolongados y garantizar la continuidad del servicio.
- **Sistemas de Aislamiento Especializados:** Los documentos sugieren la adopción de sistemas como el TI (Isolated Terra) que, junto con el uso de equipos de Clase II, permiten mantener un alto nivel de seguridad sin la necesidad de desconectar automáticamente la alimentación en caso de fallo de aislamiento. Esto es particularmente útil en áreas con alta circulación peatonal o vehicular, donde la pérdida de iluminación podría crear condiciones peligrosas.
- **Recomendaciones de Diseño e Instalación:** La instalación de componentes con doble aislamiento requiere técnicas especializadas, especialmente en las conexiones y derivaciones de cables. El uso de materiales adecuados y métodos de instalación correctos es importante para mantener la integridad del sistema de doble aislamiento durante toda su vida útil.

#### X. RECOMENDACIONES

Para garantizar la máxima seguridad en los sistemas de alumbrado público, es importante promover y adoptar ampliamente el uso de equipos con doble aislamiento, clasificados como Clase II. Estos equipos no solo deben incluir las luminarias, sino también todos los componentes asociados, como cables y conexiones, que son críticos para mantener la integridad del sistema eléctrico. Este enfoque asegura que todo el sistema esté protegido contra posibles fallos de aislamiento, reduciendo los riesgos de choques eléctricos.

Además, es importante establecer programas regulares de inspección y mantenimiento para garantizar que el doble aislamiento siga siendo efectivo durante toda la vida útil del sistema. Las pruebas periódicas de resistencia del aislamiento y la implementación de sistemas de monitoreo continuo pueden detectar y alertar sobre posibles fallos antes de que

se conviertan en peligros significativos. La adopción de estas prácticas de mantenimiento proactivo es importante para la prevención de accidentes y para la continuidad del servicio.

La incorporación de dispositivos avanzados de protección, como los dispositivos de corriente residual (RCD) con capacidades de auto-reinicio, es otra recomendación clave. Estos dispositivos pueden desconectar el circuito automáticamente en caso de detectar fallos de aislamiento, lo que no solo mejora la seguridad sino que también evita interrupciones prolongadas en el servicio. Este tipo de tecnología un poco mas avanzada debería hacer parte de la infraestructura de seguridad de cualquier sistema de alumbrado público moderno.

Por último, es importante que el personal técnico encargado de la instalación y mantenimiento de estos sistemas esté adecuadamente capacitado. La formación especializada en técnicas y procedimientos específicos para trabajar con equipos de Clase II es muy importante para asegurar que las prácticas de instalación y mantenimiento se realicen correctamente. Este nivel de capacitación ayuda a mantener los altos estándares de seguridad y eficiencia que se requieren para los sistemas de alumbrado público.

#### REFERENCES

- [1] BERNSTEIN, T. (1983). Electrocutation and Fires Involving 120/240-V Appliances, 5.
- [2] G. Parise, L. Martirano, y M. Mitolo, "Electrical Safety of Street Light Systems," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 26, no. 3, pp. 1952-1959, July 2011.
- [3] G. Parise, L. Parise, y L. De Rosa, "Electrical Safety in Street Lighting Systems Against Loss of Service Continuity and Shock Hazards," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 6, pp. 5711-5719, Nov./Dec. 2018.
- [4] G. Parise, L. Martirano, M. Mitolo, Chu & Gassman, T. Baldwin, y S. Panetta, "Grounding of Distributed Low-Voltage Loads: The Street Lighting Systems," IEEE, 2010.
- [5] Chamy, P. G., Bednarski, T. E., & Bennett, J. L. (1973). Insulating Materials for Double Insulated Power Tools. En 1973 IEEE IAS Annual Meeting (pp. 573-577). IEEE.