

Evaluación técnica de los equipos de doble aislamiento exigidos para instalaciones de uso final de la electricidad para alumbrado público.

Jean Stid Arenas Mejía y Wilmer Antonio Ávila Vásquez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista

Director:

José David Esparza

Magister en ingeniería eléctrica

Codirector:

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en ingeniería eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones

Bucaramanga

2024

**Contenido**

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Introducción .....  | 8           |
| 1. Conceptos previos .....  | 9           |
| 1.1 Fundamentos de los equipos de doble aislamiento .....                     | 9           |
| 1.2 Construcción y materiales utilizados .....                                | 9           |
| 1.3 Tipos de equipos de doble aislamiento .....                               | 10          |
| 1.4 Normativas internacionales .....  | 11          |
| 1.5 Regulaciones nacionales .....   | 12          |
| 1.6 Certificaciones y conformidad .....                                       | 12          |
| 1.7 Características específicas de las luminarias con doble aislamiento ..... | 13          |
| 1.8 Beneficios y desafíos en el contexto del alumbrado público .....          | 14          |
| 1.9 Impacto en el consumo energético .....                                    | 15          |
| 1.10 Consideraciones Ambientales .....  | 16          |
| 2. Desarrollo de la solución .....  | 17          |
| 2.1 Definición de criterios de inspección .....                               | 17          |
| 2.1.1 Integridad del aislamiento .....  | 18          |
| 2.1.2 Funcionalidad .....   | 19          |
| 2.1.3 Seguridad .....   | 19          |
| 2.2 Planificación de recursos .....   | 22          |
| 2.2.1 Personal .....  | 22          |
| 2.2.2 Herramientas .....  | 23          |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.3 EPP.....  | 23 |
| 2.2.4 Tiempo .....  | 23 |
| 2.2.5 Costo .....   | 24 |
| 2.2.6 Inspección visual.....                                      | 24 |
| 2.2.6.1 Preparación. ....   | 25 |
| 2.2.6.2 Inspección de daños físicos.....                          | 25 |
| 2.2.6.3 Verificación de etiquetas de advertencia. ....            | 25 |
| 2.2.6.4 Verificación de componentes.....                          | 25 |
| 2.2.6.5 Inspección de Conexiones.....                             | 25 |
| 2.2.7 Pruebas de resistencia de aislamiento .....                 | 25 |
| 2.2.7.1 Conexión del Megohmetro. ....                             | 26 |
| 2.2.7.2 Aplicación del voltaje. ....                              | 26 |
| 2.2.7.3 Lectura de la resistencia.....                            | 27 |
| 2.2.7.4 Registro del valor.....                                   | 27 |
| 2.2.8 Prueba funcional .....                                      | 28 |
| 2.2.8.1 Energización de la luminaria. ....                        | 28 |
| 2.2.8.2 Observación de anomalías. ....                            | 29 |
| 2.2.9 Medición de la corriente de contacto .....                  | 29 |
| 2.2.9.1 Comparación con los límites establecidos. ....            | 30 |
| 2.2.9.2 Revisión documental y elaboración del informe final. .... | 30 |
| 2.3 Aplicación del Protocolo de Inspección .....                  | 31 |
| 2.3.1 Selección de la muestra de inspección.....                  | 31 |
| 2.3.2 Prueba de inspección visual.....                            | 33 |

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE DOBLE AISLAMIENTO 4

2.3.3 Prueba de asilamiento ..... 34

2.3.4 Pruebas de funcionamiento ..... 36

2.3.5 Prueba de corriente de contacto ..... 37

3. Conclusiones ..... 41

Referencias Bibliográficas ..... 44

**Lista de Figuras**

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. Esquema general, Lista de verificación.....                                  | 21          |
| Figura 2. Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80W.....                               | 33          |
| Figura 3. Prueba de aislamiento Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80W .....        | 35          |
| Figura 4. Prueba funcional Luminaria ROY ALPHA ROYAL II CLASE II 80W.....              | 36          |
| Figura 5. Prueba de corriente de contacto Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80 ... | 37          |

## Resumen

**Título:** Evaluación técnica de los equipos de doble aislamiento exigidos para instalaciones de uso final de la electricidad para alumbrado público\*.

**Autores:** Jean Stid Arenas Mejía y Wilmer Antonio Ávila Vásquez\*\*

**Palabras Claves:**

### Descripción

Este trabajo aborda la evaluación técnica de equipos de doble aislamiento en luminarias de alumbrado público, para garantizar la seguridad eléctrica y el cumplimiento normativo. La importancia radica en prevenir accidentes eléctricos y proteger a personas y animales. Se propone diseñar una metodología de evaluación basada en regulaciones como IEC 60598-1:2022, RETIE (Resolución 40117 del 2024), NTC 2050 y RETILAP (Resolución 40150 del 2024). Esta metodología analizará las ventajas del doble aislamiento, establecerá criterios para mantenimiento preventivo y proporcionará procedimientos minuciosos de evaluación. Se espera que su implementación mejore significativamente la seguridad en instalaciones de alumbrado público, reduzca riesgos de fallas eléctricas y aumente la eficiencia en inspección y mantenimiento. Los impactos potenciales incluyen el fortalecimiento de la seguridad pública, la optimización de recursos en mantenimiento de infraestructuras de iluminación y la promoción de prácticas más seguras en la industria. La metodología considerará la adaptabilidad a diferentes condiciones de instalación, la capacitación del personal y los plazos de implementación, contribuyendo así a un alumbrado público más seguro y eficiente.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones Director: José David Esparza Magister en ingeniería eléctrica Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga Doctor en ingeniería eléctrica

### Abstract

Title: Technical evaluation of the double insulation equipment required for end-use installations of electricity for public lighting \*.

**Authors:** Jean Stid Arenas Mejía y Wilmer Antonio Ávila Vásquez\*\*

### Keywords

### Description

This work deals with the technical evaluation of double insulated equipment in street lighting luminaires, which is to ensure electrical safety and regulatory compliance. The importance lies in preventing electrical accidents and protecting people and animals. It is proposed to design an evaluation methodology based on regulations such as IEC 60598-1:2022, RETIE (Resolution 40117 of 2024), NTC 2050 and RETILAP (Resolution 40150 of 2024). This methodology will analyze the advantages of double insulation, establish criteria for preventive maintenance and provide thorough evaluation procedures. Its implementation is expected to significantly improve safety in public lighting installations, reduce the risk of electrical failures, and increase inspection and maintenance efficiency. Potential impacts include strengthening public safety, optimizing resources in lighting infrastructure maintenance, and promoting safer practices in the industry. The methodology will consider adaptability to different installation conditions, personnel training and implementation timelines, thus contributing to safer and more efficient public lighting.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones Director: José David Esparza Magister en ingeniería eléctrica Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga Doctor en ingeniería eléctrica

## Introducción

La seguridad eléctrica es muy importante en nuestra vida diaria y entorno laboral, especialmente en instalaciones de uso final como el alumbrado público. Históricamente, la protección contra riesgos eléctricos se ha centrado en sistemas de puesta a tierra y dispositivos de protección contra sobrecorrientes. Sin embargo, estos métodos tradicionales pueden ser insuficientes en ciertas aplicaciones, particularmente en alumbrado exterior donde las condiciones ambientales y de acceso presentan desafíos únicos. En este contexto, la evaluación técnica de equipos del doble aislamiento en luminarias de alumbrado público emerge como una solución innovadora. A diferencia de enfoques anteriores, esta metodología se enfoca en la prevención de riesgos directamente en la fuente, ofreciendo una capa adicional de seguridad. La importancia de este enfoque radica en su potencial para reducir significativamente los accidentes eléctricos y mejorar la protección hacia personas y equipos en espacios públicos.

Este proyecto propone diseñar una metodología integral para evaluar estos equipos, basándose en normas y reglamentos como lo son la IEC 60598-1:2022, RETIE (Resolución 40117 del 2024), NTC 2050 en su segunda edición y RETILAP (Resolution 40150 of 2024). Lo que distingue este trabajo es su enfoque holístico, que no solo considera la evaluación técnica, sino también aspectos de mantenimiento preventivo. Se espera que esta metodología resulte en una comprensión más detallada del funcionamiento de estas luminarias, criterios claros para su evaluación y procedimientos específicos para su mantenimiento. Los impactos previstos incluyen un aumento en la seguridad de las instalaciones de alumbrado público, una reducción en la frecuencia de fallas eléctricas, y la promoción de prácticas más seguras en la industria.

Al abordar esta brecha en la seguridad eléctrica, este proyecto busca no solo mejorar la integridad de los sistemas de alumbrado público, sino también establecer un nuevo estándar en la evaluación y mantenimiento de equipos eléctricos en espacios públicos, contribuyendo así a un entorno urbano más seguro y eficiente.

## **1. Conceptos previos**

### **1.1 Fundamentos de los equipos de doble aislamiento**

Los equipos de doble aislamiento se diseñan cuidadosamente para evitar que las partes conductoras estén accesibles al usuario, incluso en casos de fallos internos. Esto se logra mediante una combinación de aislamiento básico y aislamiento suplementario (IEC, 2016). El aislamiento básico es proporcionado por el propio aislamiento de los conductores eléctricos, mientras que el aislamiento suplementario, generalmente en forma de una doble capa aislante, agrega una barrera adicional.

### **1.2 Construcción y materiales utilizados**

Algunos de los materiales de aislamiento eléctrico más comúnmente utilizados incluyen papel, mica, teflón, caucho, plástico, cloruro de polivinilo (PVC), vidrio, cerámica, porcelana, entre otros (Daware, 2016). Cada uno de estos materiales tiene propiedades únicas que los hacen

adecuados para ciertas aplicaciones. El aislamiento sólido es el tipo de aislamiento más ampliamente utilizado y viene en varias formas, como papel, algodón, seda, plástico, vidrio, cerámica, mica, madera, y aire (Chaudhari, 2021). El aislamiento líquido, como el aceite mineral, se utiliza en transformadores, reguladores y disyuntores para ayudar a disipar el calor generado. Los aislantes gaseosos, como el aire y el gas SF<sub>6</sub>, se utilizan en interruptores de circuito y otros equipos de alta tensión. Es importante destacar que los equipos de doble aislamiento están diseñados de tal manera que no requieren una conexión a tierra. Esto significa que, incluso en caso de un fallo, no se produce una tensión peligrosa que pueda causar una descarga eléctrica. Esto se logra normalmente porque tienen dos capas de material aislante que rodean las partes con tensiones peligrosas o utilizando un aislamiento reforzado.

### **1.3 Tipos de equipos de doble aislamiento**

Los equipos de doble aislamiento se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde electrodomésticos, herramientas eléctricas, luminarias y el alumbrado público. Uno de los principales usos de los equipos de doble aislamiento es en el alumbrado público, donde se requiere un alto nivel de seguridad eléctrica durante la instalación, el mantenimiento y la operación de las luminarias. En este contexto, se emplean tanto equipos con cubierta aislante, como luminarias y balastos, equipos con cubierta metálica, y herramientas eléctricas portátiles utilizadas para el mantenimiento. Las herramientas eléctricas portátiles, como taladros y sierras, a menudo incorporan el diseño de doble aislamiento para proteger al usuario de descargas eléctricas durante su uso (De Silva y Perera, 2017). Además de las herramientas eléctricas y el alumbrado público, los equipos de doble aislamiento también se utilizan en el campo de la electromedicina (El

aislamiento eléctrico en los equipos electromédicos, 2015) donde los equipos electromédicos que se conectan al cuerpo humano deben ser muy seguros, aquí es donde cobra importancia el buen aislamiento eléctrico. Existen tres tipos generales de equipos de doble aislamiento: los que incorporan una cubierta aislante, los de cubierta metálica y los mixtos. Cada uno de estos tipos de equipos tiene sus propias características y usos, y la elección del tipo de equipo a utilizar depende de la aplicación específica y de los requisitos de seguridad (pardell, 2024).

#### **1.4 Normativas internacionales**

Normas internacionales, como la IEC 61140:2016, establecen las pautas generales para el diseño y la prueba de equipos de doble aislamiento. Adicionalmente, existen normas específicas para diferentes tipos de equipos. Entre ellas, la IEC 60598-1:2022 es particularmente relevante, ya que se centra en las luminarias utilizadas en el alumbrado público. Esta norma proporciona los requisitos de seguridad y de rendimiento que deben cumplir las luminarias de doble aislamiento para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad en instalaciones.

La familia de normas IEC 61140:2016 aborda la protección contra los choques eléctricos, estableciendo aspectos comunes de las instalaciones y equipos eléctricos para garantizar su seguridad. Estas normas se aplican tanto a condiciones normales como a condiciones de falla única y también abordan la protección complementaria, la protección contra las quemaduras eléctricas y los efectos fisiológicos sin efecto nocivo para la salud. Sin embargo, estas normas no definen las clases de protección para todos los equipos eléctricos. Las clases de protección contra choques eléctricos se establecen en otras normas IEC, como la UNE-EN 60529:2018 para los grados de protección IP y la IEC 60034:2010 para máquinas eléctricas rotativas.

En Estados Unidos, la norma UL 1097 cubre los equipos eléctricos marcados como "Doble Aislamiento" o "Doble Aislado" para ser utilizados de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional, ANSI/NFPA 70:2019. En Europa, un equipo de doble aislamiento debe ser etiquetado como clase II, doble aislamiento y llevar el símbolo de doble aislamiento (un cuadrado dentro de otro cuadrado). Además, la Regulación 410.3.3 de BS 7671:2018 (Reglamento de Instalaciones Eléctricas del Reino Unido) describe cuatro medidas de protección comunes: desconexión automática de suministro, doble o aislamiento reforzado, separación eléctrica y voltaje extra-bajo proporcionado por SELV o PELV.

### **1.5 Regulaciones nacionales**

En Colombia, el principal marco normativo para el alumbrado público es el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP Resolution 40150 of 2024). Este reglamento establece los requisitos y especificaciones técnicas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público en el territorio nacional. El RETILAP aborda aspectos como los niveles de iluminación, la eficiencia energética, la seguridad eléctrica y los requisitos de calidad para los equipos utilizados en el alumbrado público, incluyendo las luminarias de doble aislamiento.

### **1.6 Certificaciones y conformidad**

Las regulaciones gubernamentales y las normativas de seguridad eléctrica exigen la conformidad y certificación de las luminarias de doble aislamiento utilizadas en alumbrado

público. En la Unión Europea, estas luminarias deben cumplir con la Directiva de Baja Tensión y llevar el marcado CE como evidencia de conformidad. Los procedimientos de pruebas y ensayos para estas luminarias deben seguir normas específicas, como la IEC 60598-1:2022 para luminarias en general y la IEC 60598-2-3:2002+AMD1:2011+AMD2:2016 para luminarias de alumbrado público

Los fabricantes de luminarias de doble aislamiento tienen obligaciones legales para garantizar la seguridad de sus productos. Deben seguir prácticas de diseño y fabricación seguras, considerando las condiciones específicas a las que están expuestas estas luminarias en exteriores. Las regulaciones de etiquetado y marcado son muy importantes para garantizar la seguridad y la conformidad de las luminarias de doble aislamiento para alumbrado público. La IEC 60417-1:2002 establece símbolos de seguridad que se utilizan en el mercado de estos productos, incluyendo el símbolo de doble aislamiento (un cuadrado dentro de otro cuadrado).

Estos símbolos proporcionan información clara sobre la seguridad del producto.

Además, las normativas de importación y exportación son muy importantes para las luminarias de doble aislamiento destinadas al alumbrado público. Estas luminarias deben cumplir con las regulaciones específicas de cada país o región donde se comercializarán, lo que puede incluir requisitos adicionales relacionados con la eficiencia energética, la resistencia a la intemperie y la compatibilidad electromagnética.

### **1.7 Características específicas de las luminarias con doble aislamiento**

Las luminarias de alumbrado público con doble aislamiento están diseñadas para soportar las condiciones ambientales adversas a las que están expuestas. Estas luminarias incluyen una

carcasa exterior hecha de materiales resistentes a la intemperie, como polímeros reforzados o aleaciones de aluminio, que proporcionan una protección robusta contra la humedad, el polvo y los impactos mecánicos (Schneider Electric, 2019). En su interior, estas luminarias cuentan con componentes eléctricos y electrónicos con doble aislamiento, lo que garantiza que incluso si una capa falla, la otra continúa brindando protección contra el contacto eléctrico. Además, estas suelen tener un diseño modular que permite un fácil mantenimiento y sustitución de componentes sin comprometer la integridad del aislamiento (Philips, 2018).

### **1.8 Beneficios y desafíos en el contexto del alumbrado público**

Los equipos de doble aislamiento en el alumbrado público ofrecen varios beneficios, incluyendo una seguridad mejorada al evitar el acceso a partes conductoras, mayor resistencia a condiciones ambientales adversas gracias a carcasas exteriores robustas, y un mantenimiento simplificado debido a su diseño modular. Además, contribuyen significativamente a la eficiencia energética, lo que puede resultar en importantes ahorros económicos a largo plazo, considerando que el alumbrado público puede representar hasta el 50% del consumo eléctrico municipal en algunas regiones. Sin embargo, estos equipos también presentan desafíos, como la complejidad en su diseño y fabricación, que puede aumentar los costos iniciales. La selección de materiales de aislamiento adecuado para las condiciones específicas del alumbrado público requiere investigación más a detalle. El cumplimiento con diversas normativas internacionales y locales, así como la obtención de certificaciones energéticas como Energy Star o DesignLights Consortium, pueden ser procesos rigurosos para los fabricantes. Finalmente, lograr un equilibrio

óptimo entre la durabilidad necesaria para las condiciones del alumbrado público y la máxima eficiencia energética representa un desafío continuo en el diseño de estos equipos.

### **1.9 Impacto en el consumo energético**

Las luminarias con doble aislamiento utilizadas en el alumbrado público representan una excelente opción para mejorar la eficiencia energética en las ciudades. Estas luminarias, especialmente cuando están equipadas con tecnología LED, pueden contribuir en gran medida a reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono asociadas. Esto es particularmente importante considerando que, según datos de la European Energy Efficiency Platform, el alumbrado público puede llegar a suponer entre el 30% y el 50% del consumo total de electricidad municipal en Europa. El doble aislamiento en estas luminarias no solo proporciona seguridad adicional, sino que también ayuda a minimizar las pérdidas de energía al reducir la transferencia de calor, lo que resulta en un ahorro energético significativo a largo plazo. Para garantizar y demostrar la eficiencia de estas luminarias, las certificaciones energéticas juegan un papel crucial. Programas como Energy Star o DesignLights Consortium (DLC) proporcionan datos y recursos valiosos sobre la eficiencia energética de los equipos de iluminación, ayudando a los municipios y gestores de alumbrado público a identificar productos de alta calidad y bajo consumo. Estas certificaciones generalmente requieren que los fabricantes realicen pruebas siguiendo procedimientos estandarizados, similar a lo establecido por el Departamento de Energía de EE.UU. en su Código de Regulaciones Federales. Al optar por luminarias de doble aislamiento certificadas y eficientes, las ciudades pueden lograr un alumbrado público más sostenible, reduciendo significativamente su huella de carbono y sus costos operativos a largo plazo.

### **1.10 Consideraciones Ambientales**

Las luminarias con doble aislamiento utilizadas en el alumbrado público, como se mencionó anteriormente, pueden tener un impacto ambiental positivo significativo. Estas luminarias contribuyen a reducir el consumo eléctrico y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. Por ejemplo, en España, el alumbrado público representa aproximadamente 2900 GWh/año de consumo eléctrico, lo que equivale al 1,8% del consumo total eléctrico nacional y genera una emisión anual de alrededor de 1.740.000 toneladas de CO<sub>2</sub>. Las luminarias con doble aislamiento, especialmente cuando incorporan tecnología LED, pueden ayudar a reducir estas cifras.

Además de la eficiencia energética, estas luminarias pueden contribuir a la sostenibilidad al reducir la cantidad de residuos electrónicos. La durabilidad y seguridad proporcionadas por el doble aislamiento pueden prolongar la vida útil de las luminarias, disminuyendo la frecuencia de reemplazo y, por ende, la generación de residuos. En la Unión Europea, la gestión de estos residuos está regulada por la Directiva RAEE, que establece pautas para la recolección, reciclaje y disposición adecuada de luminarias y otros dispositivos eléctricos.

La tendencia hacia sistemas de aislamiento sostenibles, renovables y respetuosos con el medio ambiente está influyendo en el diseño de luminarias de alumbrado público. Estos nuevos materiales de aislamiento ofrecen ventajas medioambientales específicas en comparación con los materiales convencionales, lo que puede mejorar aún más el perfil ecológico de las luminarias de doble aislamiento en el alumbrado público.

El impacto ambiental positivo de las luminarias de doble aislamiento depende de su diseño, eficiencia y gestión de residuos. Una adecuada administración de estos factores maximiza los

beneficios ambientales. El ciclo de vida completo debe considerarse para lograr un impacto realmente positivo.

## **2. Desarrollo de la solución**

Los pasos por seguir en la evaluación de luminarias de doble aislamiento para alumbrado público serán los siguientes: primero, se definirán criterios de inspección que consideren los aspectos específicos de estas luminarias. Luego, se elaborará una lista de verificación y se planificarán los recursos necesarios. Una vez establecidos estos elementos, se procederá con el procedimiento de evaluación. Finalmente, se documentará todo el trabajo realizado, incluyendo recomendaciones y acciones correctivas en caso de incumplimiento de la normativa. Todo el proceso se realizará siguiendo las normas nacionales e internacionales pertinentes mencionadas en este proyecto, y se registrará mediante la lista de verificación desarrollada.

### **2.1 Definición de criterios de inspección**

En la inspección de luminarias con doble aislamiento para alumbrado público, se pueden considerar diversos criterios como la resistencia a impactos, la protección contra ingreso de partículas y agua, la eficiencia energética, la emisión lumínica, costos, la resistencia a la corrosión, la reducción en la huella de carbono, y la compatibilidad electromagnética. Sin embargo, este trabajo se concentrará en tres criterios, los cuales son: la integridad del aislamiento, la

funcionalidad de la luminaria y la seguridad. Estos tres aspectos son muy importantes para garantizar el rendimiento óptimo y la confiabilidad de las luminarias en el entorno del alumbrado público.

### ***2.1.1 Integridad del aislamiento***

La evaluación de luminarias de doble aislamiento para alumbrado público se centra en la inspección visual de los equipos, buscando signos de daño físico como grietas, desgaste o decoloración, y verificando la ausencia de humedad y corrosión que puedan comprometer el aislamiento. Esta inspección se basa en normativas relevantes como la IEC 61140-1:2016 e IEC 60598-1:2022, que establecen requisitos específicos para garantizar la protección contra choques eléctricos. Como indica la IEEE 902-2018, “la definición de criterios de inspección debe basarse en la revisión de normativas técnicas relevantes y en la colaboración con expertos en seguridad eléctrica”, siendo muy importante para establecer una base sólida en la evaluación. La lista de verificación, herramienta durante las inspecciones, debe ser estructurada y muy bien detallada, incluyendo aspectos como la integridad de la carcasa, el estado de componentes internos, conexiones eléctricas, marcados de seguridad y conformidad con especificaciones del fabricante. Adicionalmente, se realizarán las pruebas de aislamiento descritas en la IEC 60598-1:2022, que complementarán la inspección visual. La planificación de recursos debe contemplar tanto el equipo técnico necesario como la capacitación adecuada del personal, asegurando una evaluación precisa y segura de las luminarias de doble aislamiento en el alumbrado público.

### ***2.1.2 Funcionalidad***

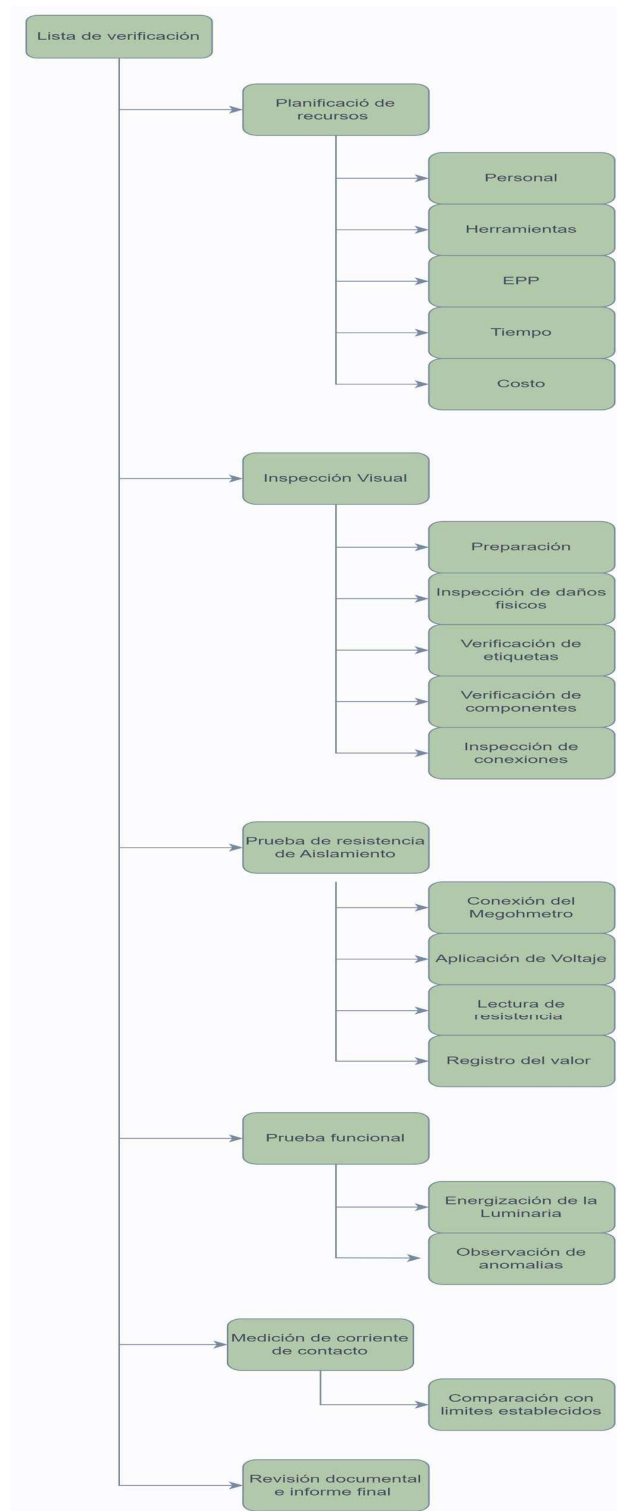
Esta evaluación incluye la realización de pruebas específicas, como la medición de tensión, corriente de salida y otros parámetros de rendimiento, para verificar que los dispositivos cumplan con los estándares establecidos de seguridad. Estas pruebas se basan en normas internacionales como la IEC 61140-1:2016, IEC 60598-1:2022 y UNE-EN 60598-2-3:2003, así como en normas y reglamentos nacionales como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIIE) resolución 40117 del 2024, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) y la NTC 2050 en su segunda edición. Los procedimientos de prueba utilizan las especificaciones del fabricante, que determinan la clasificación esperada de la luminaria en condiciones normales de funcionamiento. Estas evaluaciones no solo garantizan la seguridad de las luminarias de doble aislamiento, sino también su cumplimiento con los estándares de rendimiento establecidos por el fabricante, asegurando así su eficacia en el uso diario en el alumbrado público.

### ***2.1.3 Seguridad***

"El análisis de cumplimiento y seguridad implica la revisión minuciosa de los datos de inspección para asegurar que las luminarias de doble aislamiento cumplan con las normativas aplicables" (Evaluación de Seguridad Eléctrica, ANSI Z10). La seguridad eléctrica es un requisito muy importante para evitar riesgos en el alumbrado público. Por lo tanto, se realizará una prueba de corriente de contacto que, junto con la verificación de etiquetas con especificaciones técnicas del equipo y advertencias antes realizadas, permitirá constatar que las luminarias cumplan con

estándares y regulaciones específicas. Esta revisión abarca normativas relevantes, tales como la IEC 60598-1:2022, que especifica los requisitos generales y ensayos para luminarias, y la UNE-EN 60598-2-3:2003, que establece los requisitos particulares para luminarias de alumbrado público. El objetivo principal es garantizar que las luminarias de doble aislamiento no solo funcionen correctamente, sino que además cumplan con las normas de seguridad, minimizando así el riesgo de accidentes y lesiones tanto para los usuarios como para los técnicos de mantenimiento, al mismo tiempo que se preserva la integridad del sistema de alumbrado público.

A continuación, se presenta un esquema general de la lista de verificación que se seguirá para la realización de las pruebas. Después de presentar el esquema general, se profundizará en cómo se llevará a cabo cada ítem ahí expuesto.

**Figura 1.***Esquema general, Lista de verificación*

## **2.2 Planificación de recursos**

Para implementar el protocolo de inspección propuesto, se seleccionó un circuito de alumbrado público en Floridablanca, aplicando la norma ISO 2859-1:2014 para determinar una muestra representativa de luminarias. Esta metodología permite optimizar recursos y tiempo, garantizando una evaluación confiable. Se realizó una visita a las bodegas San Jorge en Girón, Santander, donde se obtuvieron muestras de luminarias recientemente renovadas, no por averías sino como parte de una actualización planificada. La información detallada, incluyendo certificados, fichas técnicas, croquis del circuito y registro fotográfico, se presentará en los anexos. Este enfoque combina la aplicación práctica del protocolo con un muestreo estadísticamente válido, proporcionando una base sólida para la evaluación del sistema de alumbrado público.

### ***2.2.1 Personal***

Se debe contar con personal debidamente capacitado en temas de seguridad eléctrica y con experiencia en la realización de inspecciones técnicas de integridad de aislamiento y funcionalidad de dispositivos para llevar a cabo la evaluación. Se debe incluir a ingenieros eléctricos o técnicos especializados en el tipo de equipo que será evaluado. Es importante garantizar que este personal esté familiarizado con las normas UNE-EN 62841-1:2016, IEC 60598-1:2022 e IEC 61140:2016, así como con los reglamentos pertinentes aplicables.

### ***2.2.2 Herramientas***

Las herramientas necesarias pueden incluir multímetros para medir tensión y corriente, cables y puntas de pruebas para medir las corrientes de contacto, equipos de prueba de aislamiento como Megohmetro para verificar el estado de este y herramientas manuales para inspeccionar físicamente el equipo.

### ***2.2.3 EPP***

Para realizar las pruebas de manera segura, es fundamental utilizar equipos de protección personal (EPP) adecuados, que pueden incluir desde casco de seguridad, guantes aislantes, gafas de seguridad, calzado de seguridad con puntera de acero dieléctrico, ropa de protección como overoles para evitar quemaduras en caso de cortocircuitos. Es muy importante seguir las normativas de seguridad, recibir capacitaciones adecuada, inspeccionar regularmente los EPP y reportar cualquier incidente o lesión a las autoridades correspondientes.

### ***2.2.4 Tiempo***

Tratar de **estimar** el tiempo requerido para cada prueba eléctrica, funcional, también se debe incluir el tiempo invertido en la revisión documental de los equipos a evaluar.

### ***2.2.5 Costo***

Determinar costo de alquiler/compra de instrumentos, materiales, EPP, y tarifa del personal técnico involucrado.

### ***2.2.6 Inspección visual***

Se debe realizar una inspección visual minuciosa de las luminarias de acuerdo con lo descrito por la IEC 60598-1:2022, verificando la ausencia de grietas, desgastes, daños o anomalías que comprometan la integridad de ambas capas del doble aislamiento. Es importante confirmar la presencia y legibilidad de etiquetas de advertencia sobre riesgo eléctrico y doble aislamiento, representadas por el símbolo de doble cuadrado y el código IP según la UNE-EN 60529:2018. Además, se debe inspeccionar la integridad de todas las cubiertas plásticas interiores y exteriores, barreras de protección, cables y conexiones eléctricas internas, asegurándose de que no presenten grietas, perforaciones, daños visibles, desgaste del aislamiento, sobrecalentamiento anormal al tacto o acumulación de humedad, overspray o polvo/suciedad. Se debe prestar especial atención a las juntas y sellos, verificando que los tornillos y sujeciones estén correctamente ajustados y que no haya piezas sueltas o componentes dañados dentro de la luminaria. Esta inspección visual garantiza que todos los componentes críticos no presenten anomalías que comprometan la seguridad de uso de la luminaria, determinando si existen riesgos de seguridad eléctrica antes de proceder a energizarla. En caso de que se presenten inconformidades en las pruebas realizadas, se debe realizar un mantenimiento preventivo a las luminarias según sea su respectiva inconformidad. Se procederá de la siguiente manera:

**2.2.6.1 Preparación.** Realizar la inspección visual en un área ordenada y con buena iluminación. Tener a mano linterna, guantes de nitrilo, y los formularios de registro.

**2.2.6.2 Inspección de daños físicos.** Examinar detalles como grietas en las carcasas de plástico, decoloración localizada, daños en etiquetas, oxidación de contactos eléctricos, y cualquier otro signo de desgaste o deterioro fuera de lo normal.

**2.2.6.3 Verificación de etiquetas de advertencia.** Corroborar que todas las etiquetas reglamentarias estén presentes y legibles. Verificar advertencias sobre riesgo eléctrico, doble aislamiento (símbolo doble cuadrado) y cualquier otra calcomanía o rótulo exigido.

**2.2.6.4 Verificación de componentes.** Verificar que todos los componentes estén instalados correctamente y que no haya piezas sueltas o faltantes. Esto incluye tornillos, cables, conectores, tarjetas electrónicas y otros componentes.

**2.2.6.5 Inspección de Conexiones.** Verificar ausencia de corrosión en terminales y firmeza de conexiones eléctricas. Observar que no haya cables pelados o mal aislados.

### ***2.2.7 Pruebas de resistencia de aislamiento***

Los ensayos deben efectuarse sobre tres partes del revestimiento siguiendo los requerimientos de la norma IEC 60598-2-3:2003 especializada en luminarias de alumbrado público. Esta norma se basa en la IEC 60598-1:2022, también hay que tener en cuenta las

recomendaciones de seguridad presentes en la IEC 61140:2016 para protección contra descargas eléctricas. Esto permite verificar de una mejor manera la integridad del aislamiento. Se utilizará un instrumento adecuado para realizar estas pruebas como lo es un megóhmetro o un telurómetro que incorpore esta función, el equipo debe permitir inyectar al menos 500V en corriente continua. Es importante asegurarse de que el equipo a evaluar esté completamente desconectado de la red eléctrica, condensadores en paralelo, condensadores montados entre las partes activas y el cuerpo, dispositivo de impedancia de protección e inductancias de alisado o transformadores conectados entre partes activas, antes de realizar cualquier prueba. Durante las mediciones, el equipo debe cumplir en todo momento con los límites permisibles indicados para doble aislamiento y otros requisitos de seguridad eléctrica establecidos en las normas antes mencionadas. De no cumplir con la norma, se procederá a etiquetar el equipo como un equipo inaceptable para la prueba y que debe retirarse de funcionamiento para evitar fallas, pérdidas en el sistema eléctrico y de vidas de seres vivos que tengan contacto con el equipo. Se procederá de la siguiente forma:

**2.2.7.1 Conexión del Megohmetro.** Para esta prueba se utilizó un Megohmetro. Este equipo es el UT 51A de la marca UNI-T. Este cuenta con tres terminales para hacer la prueba: se conecta el cable positivo (rojo) del equipo a uno de los puntos de la barrera de aislamiento a medir. Luego, se conecta el cable del neutro (negro) al otro lado de la barrera de aislamiento. El terminal verde de tierra fue conectado a la tierra existente de los bancos sobre los cuales se realizó la prueba.

**2.2.7.2 Aplicación del voltaje.** Seleccionar un voltaje de prueba de 500V DC, basado en lo establecido en la norma IEC 60598-1:2022 para este tipo de pruebas en luminarias con doble aislamiento, considerando el nivel de tensión al que funciona el equipo al cual se le realizará la

prueba. Energizar con el Megohmetro y mantener aplicado el voltaje por el tiempo necesario, teniendo en cuenta las características del equipo de medida que se está utilizando y la luminaria que se está evaluando, que en este caso es de 1 minuto. Monitorear si hay una caída del aislamiento durante este tiempo.

**2.2.7.3 Lectura de la resistencia.** Durante todo el tiempo que dure la prueba, el valor de la resistencia debería quedarse relativamente estable. Aunque en la norma IEC 60335-1:2022 no se especifica el valor de aislamiento aceptable, un valor de 2 MΩ en adelante son considerados valores buenos. Cabe mencionar que los valores obtenidos pueden tener un cierto error asociado, proveniente de la incertidumbre de medición del equipo utilizado para realizar las pruebas. El equipo de medida UT 51A de la marca UNI-T para medir la resistencia de aislamiento tiene una precisión especificada de  $\pm(2\%+5)$  Among them 30~100V(50/60Hz) (2%+8). La precisión del Megohmetro se expresa como  $\pm(2\%+5)$  para la mayoría de las mediciones, y  $\pm(2\%+8)$  específicamente para el rango de 30~100V a 50/60Hz. Esto significa que el error máximo es el 2% de la lectura más un número fijo de dígitos (5 o 8, según el rango). Por ejemplo, si mide 500V, la precisión sería  $\pm(2\% \text{ de } 500 + 5) = \pm 15\text{V}$ . Es decir, la medición real podría estar entre 485V y 515V. Por lo tanto, los valores de resistencia de aislamiento medidos con el Megohmetro UT 51A deben analizarse considerando esta precisión e incertidumbre especificada por el fabricante.

**2.2.7.4 Registro del valor.** Registrar el valor obtenido en el formato específico para esta prueba, el cual se encuentra en la sección de anexos. Este registro es importante para la elaboración del informe final. El valor medido será decisivo para evaluar la seguridad del equipo y su aptitud

para el uso previsto. Con base en este resultado, se determinará si el equipo cumple con los estándares de seguridad requeridos para su aplicación específica.

### ***2.2.8 Prueba funcional***

Energice la luminaria y verifique su correcto funcionamiento siguiendo las pautas establecidas en la norma IEC 60598-1:2022. Realice pruebas funcionales para confirmar el rendimiento en diversas condiciones de operación durante periodos prolongados, prestando atención a cualquier anomalía como parpadeo inusual, rendimiento lumínico inferior al esperado, temperaturas excesivas, o presencia de humos u olores extraños, lo cual podría indicar problemas de aislamiento o fallos en componentes críticos. Mida la corriente de contacto desde los puntos especificados más adelante y corrobore que cumpla con los límites establecidos en la norma. Verifique la operación efectiva de los mecanismos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y sobrecalentamiento, así como cualquier otra función especializada o característica de seguridad incorporada a la luminaria. Asegúrese de que el funcionamiento y los mecanismos de seguridad de la luminaria de doble aislamiento cumplan con los requerimientos de la norma IEC 60598-1:2022. Documente todas las observaciones relevantes durante las pruebas para su inclusión en el informe de inspección. Se procederá de la siguiente forma:

**2.2.8.1 Energización de la luminaria.** Antes de energizar la luminaria, asegurarse de que esté correctamente instalada y conectada a la red eléctrica siguiendo las especificaciones del fabricante y las normas de seguridad aplicables. Verifique que todas las conexiones estén firmes y seguras. Luego, active la alimentación eléctrica y observe el comportamiento inicial de la

luminaria. Tenga en cuenta que algunas luminarias LED modernas pueden tener un breve periodo de estabilización al encenderse, así que observe durante unos minutos para evaluar su funcionamiento completo.

**2.2.8.2 Observación de anomalías.** Preste atención a cualquier anomalía en el funcionamiento de la luminaria. Esto puede incluir parpadeo inusual, variaciones de intensidad, emisión de luz no uniforme, ruidos anormales (como zumbidos), calentamiento excesivo de la carcasa, o rendimiento lumínico inferior al esperado. Observe si hay signos de humo, chispas u olores extraños que puedan indicar problemas eléctricos. Cualquiera de estos síntomas podría ser un indicador de un problema en el sistema de doble aislamiento o en otros componentes críticos de la luminaria.

### ***2.2.9 Medición de la corriente de contacto***

La medición de la corriente de contacto para luminarias de doble aislamiento (Clase II) se realiza según el Anexo G de la norma IEC 60598-1:2022. La luminaria se somete a ensayo a una temperatura ambiente de  $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , conectada a su tensión y frecuencia asignadas mediante el circuito de ensayo indicado en la figura G.1, de esta misma norma. Se utiliza un dedo de ensayo normalizado como sonda, aplicándolo a las partes metálicas accesibles o partes aislantes recubiertas con una hoja metálica de  $10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ . La medición se realiza utilizando la red de medición de la figura G.2 del anexo G de la IEC 60598-1:2022, con las posiciones de los interruptores e, n y p según se especifica en la tabla G.1 presente en el anexo G de la norma antes mencionada, para luminarias de Clase II. Las tensiones  $U_1$  y  $U_2$ , se miden en valores de cresta,

ignorando las primeras lecturas que pueden verse influenciadas por las capacitancias del circuito. Es importante notar que para luminarias de Clase II, se ignora el conductor de protección y cualquier borne de tierra funcional se considera como una parte accesible para el ensayo.

**2.2.9.1 Comparación con los límites establecidos.** Compara los resultados de las pruebas con las especificaciones proporcionadas por el fabricante. Si hay alguna discrepancia podría indicar un problema con el dispositivo.

**2.2.9.2 Revisión documental y elaboración del informe final.** Revisar la documentación provista por el fabricante, incluyendo manuales, informes de pruebas y certificados de seguridad, para verificar que la luminaria cumpla con los estándares y regulaciones aplicables según la norma UNE-EN IEC 60598-1:2022. Se debe confirmar que el fabricante declara explícitamente la incorporación de doble aislamiento mediante el símbolo correspondiente (doble cuadrado), que el manual de instalación y mantenimiento advierta sobre los riesgos de dañar el aislamiento y brinde instrucciones para una instalación y mantenimiento seguros. La revisión documental debe asegurar que toda la información provista por el fabricante esté en consonancia con los estándares y requerimientos de seguridad eléctrica aplicables a luminarias de alumbrado público con doble aislamiento, incluyendo la clasificación IP adecuada para uso en exteriores y las características fotométricas y eléctricas específicas de la luminaria.

El informe final de la evaluación técnica se elaborará de manera detallada. Este documento incluirá un registro completo de todas las inspecciones y pruebas realizadas, especificando la fecha, hora y detalles de cada procedimiento. Se documentarán minuciosamente los resultados obtenidos, incluyendo mediciones y lecturas específicas, así como cualquier problema o anomalía

encontrada durante el proceso. El informe también detallará las acciones tomadas para resolver dichos problemas, incluyendo ajustes, reparaciones o reemplazos de componentes. Para garantizar la integridad y trazabilidad, cada entrada será firmada y fechada, y se buscará la aprobación de un supervisor. El documento final resumirá todos los hallazgos, proporcionará un análisis de los problemas encontrados y sus soluciones, y ofrecerá recomendaciones para futuras inspecciones. Se utilizará un formato estandarizado para facilitar su presentación y comprensión por parte de todas las partes interesadas, y se complementará con los anexos pertinentes de la investigación para una evaluación completa y detallada.

## **2.3 Aplicación del Protocolo de Inspección**

### ***2.3.1 Selección de la muestra de inspección***

La norma ISO 2859-1:2014 es una norma internacional que establece procedimientos de muestreo para inspecciones por atributos. Esta norma es ampliamente utilizada en diversas industrias para determinar si un lote de productos cumple con los requisitos de calidad especificados. El enfoque de muestreo por atributos implica seleccionar una muestra representativa del lote y evaluar si cada unidad de la muestra cumple o no con los criterios de aceptación establecidos.

En el contexto, la norma ISO 2859-1:2014 puede aplicarse para inspeccionar lámparas LED y evaluar su conformidad con los estándares de calidad requeridos. Para aplicar esta norma, se define el tamaño del lote, que en este caso fue de 25 luminarias, se establece el nivel de inspección, que siguiendo los precedentes consultados para este trabajo de grado será una

inspección normal y se determina el Nivel de Calidad Aceptable (NCA), que será del 1%. Luego, utilizando las tablas y procedimientos de la norma, se calcula el tamaño de la muestra representativa a inspeccionar. La aplicación correcta de la norma ISO 2859-1 en la inspección de lámparas LED en el alumbrado público ofrece varios beneficios. Además de garantizar un nivel de calidad adecuado, permite optimizar los recursos de inspección, reducir costos y minimizar las interrupciones en el servicio de alumbrado público. Asimismo, el cumplimiento de esta norma internacional demuestra el compromiso de las autoridades locales con la seguridad, la eficiencia energética y la calidad de la infraestructura urbana.

Como se mencionó antes se decidió utilizar un muestreo doble para el circuito de 25 luminarias LED, con un nivel de inspección II y un NCA del 1%. Idealmente, el tamaño de la muestra debería ser de 5 luminarias del mismo lote seleccionadas aleatoriamente. Sin embargo, durante nuestra visita a la bodega número 39 de Bodegas San Jorge, se constató que solo había disponible una luminaria de la clase requerida para nuestro estudio. Esta situación está documentada en un informe de visita que se incluye en el apartado de anexos. Debido a esta limitación, no fue posible obtener la muestra ideal de 5 luminarias, por lo que las pruebas se realizaron únicamente con la luminaria disponible. El croquis del circuito elegido también se encuentra en el apartado de anexos. En este circuito, las luminarias seleccionadas comparten poste con otras destinadas a iluminar zonas peatonales, debido a uso del estudio seleccionado de muestreo debíamos tomar solo como referencia las luminarias de la vía vehicular y no tuvimos en cuenta la de vía peatonal.

### ***2.3.2 Prueba de inspección visual***

Siguiendo los lineamientos anteriormente mencionados, y con las herramientas y el formato dispuesto para esta prueba, se procede a iniciar la inspección de la luminaria seleccionada. Toda la información referente a la luminaria, así como el diligenciamiento del formato puede ser consultada en la sección de anexos.

#### **Figura 2.**

*Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80W*



Basado en la inspección visual planteada según los criterios establecidos en la IEC 60598-1:2022, se puede afirmar que la luminaria examinada se encuentra en condiciones generales satisfactorias. No se observaron grietas, desgastes significativos, daños o anomalías que pudieran comprometer la integridad de las capas de aislamiento. Las cubiertas interiores y exteriores, barreras de protección, cables y conexiones eléctricas internas se presentan intactas, sin signos de

perforaciones, daños visibles o desgaste. No se detectó acumulación de humedad, overspray o polvo/suciedad excesivos. Las juntas y sellos mantienen su integridad, los tornillos y sujeciones están correctamente ajustados, un poco desgastados, pero nada más. No se encontraron piezas sueltas o componentes dañados dentro de la luminaria. El único aspecto por destacar es un desgaste notorio en las etiquetas, atribuible a la exposición prolongada a las adversidades climáticas. Este desgaste, si bien no compromete la integridad estructural o funcional de la luminaria, podría requerir atención en futuras inspecciones para garantizar la legibilidad continua de la información de seguridad.

### ***2.3.3 Prueba de aislamiento***

Siguiendo los lineamientos anteriormente mencionados, y con las herramientas y el formato dispuesto para esta prueba, se procede a iniciar la prueba de aislamiento. El diligenciamiento del formato puede ser consultado en la sección de anexos.

**Figura 3.**

*Prueba de aislamiento Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80W*



Basándose en los procedimientos de prueba descritos y los estándares establecidos en las normas IEC 60598-2-3:2003, IEC 60598-1:2022 e IEC 61140:2016, se llevó a cabo la prueba de resistencia de aislamiento en la luminaria utilizando el Megohmetro UT 51A de UNI-T. Se aplicó un voltaje de prueba de 500V DC durante 1 minuto en tres partes distintas del revestimiento de la luminaria, conforme a lo especificado. En todos los puntos de prueba, los valores de resistencia de aislamiento obtenidos superaron el umbral mínimo de  $2\text{ M}\Omega$ , manteniéndose estables durante el período de medición. Estos resultados, considerando la precisión del instrumento de  $\pm(2\%+5)$  Among them  $30\sim 100\text{V}(50/60\text{Hz})(2\%+8)$ , indican que la luminaria cumple satisfactoriamente con los requisitos de aislamiento eléctrico. Por lo tanto, se puede concluir que la luminaria ha pasado la prueba de aislamiento en todos los puntos especificados, demostrando su aptitud para el uso previsto y cumpliendo con los estándares de seguridad requeridos para su aplicación en alumbrado público.

### 2.3.4 Pruebas de funcionamiento

Basado en la prueba funcional realizada de acuerdo con las pautas establecidas en la norma IEC 60598-1:2022, se puede afirmar que la luminaria examinada demostró un funcionamiento óptimo.

#### Figura 4.

*Prueba funcional Luminaria ROY ALPHA ROYAL II CLASE II 80W*



Al energizar la luminaria, esta se encendió de manera adecuada (tapando su celda) y mantuvo un rendimiento constante durante el período de observación, que fue poco más de 1 minuto. No se detectaron anomalías como parpadeo inusual, variaciones de intensidad o emisión de luz no uniforme. El rendimiento lumínico se mantuvo dentro de los parámetros esperados, sin signos de disminución. No se observaron temperaturas excesivas en la carcasa ni se percibieron ruidos anormales como zumbidos. Además, no hubo presencia de humo, chispas u olores extraños

que pudieran indicar problemas eléctricos o de aislamiento. La luminaria respondió adecuadamente a la prueba de funcionamiento, sin mostrar signos de sobrecarga o mal funcionamiento. En resumen, la luminaria funcionó como debería, cumpliendo con las expectativas de rendimiento y seguridad establecidas por la normativa aplicable.

### ***2.3.5 Prueba de corriente de contacto***

Siguiendo los lineamientos anteriormente mencionados, y con las herramientas y el formato dispuesto para esta prueba, se procede a iniciar la prueba de corriente de contacto. El diligenciamiento del formato puede ser consultada en la sección de anexos.

#### **Figura 5.**

*Prueba de corriente de contacto Luminaria ROY ALPHA RALED II CLASE II 80*



De acuerdo con los procedimientos establecidos en el Anexo G de la norma IEC 60598-1:2022, se realizó la medición de la corriente de contacto en la luminaria de doble aislamiento (Clase II). La prueba se efectuó a una temperatura ambiente de  $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , utilizando el circuito

de ensayo especificado en el anexo y aplicando un dedo de ensayo normalizado como sonda en las partes metálicas accesibles y partes aislantes recubiertas. Los resultados obtenidos en todas las mediciones, considerando las diferentes posiciones de los interruptores e, n y p según la tabla G.1 para luminarias de Clase II, fueron satisfactorios. Todos los valores registrados se mantuvieron por debajo del límite máximo de 0.7 mA establecido en la norma IEC 60598-1:2022. Estos resultados indican que la luminaria cumple con los estándares de seguridad requeridos en cuanto a la corriente de contacto, demostrando un rendimiento óptimo en esta prueba crítica de seguridad eléctrica.

Teniendo este trabajo ya realizado pasamos una discusión donde se analizarán los resultados y sus implicaciones

**Enfoque en la Seguridad Eléctrica:** La evaluación de las luminarias de doble aislamiento para alumbrado público desempeña un papel muy importante en garantizar la seguridad eléctrica en instalaciones urbanas. Los potenciales fallos en estos equipos pueden tener consecuencias graves, incluyendo riesgos para la vida humana y daños materiales. Por lo tanto, este trabajo se enfocó en la importancia de estas luminarias para prevenir accidentes eléctricos en espacios públicos.

**Cumplimiento con Normativas y Regulaciones:** Estas luminarias están sujetas a normativas y regulaciones específicas, como la UNE-EN IEC 60598-1:2022 de la que el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) resolución 40150 del 2024 se apoya en la mayoría de las pruebas del tema del interés. La investigación busca esclarecer cómo estas regulaciones se aplican y cómo las luminarias cumplen con estándares de seguridad eléctrica y eficiencia energética en el contexto del alumbrado público.

**Eficiencia Energética y Sostenibilidad:** Además de la seguridad, la eficiencia energética es un aspecto muy importante en las instalaciones de alumbrado público. Este trabajo explora cómo las luminarias de alumbrado público con doble aislamiento contribuyen a la eficiencia energética y cómo esto influye en la sostenibilidad y la reducción de costos. Las luminarias de doble aislamiento no requieren una conexión a tierra, lo que ahorra en materiales de conductores y en mantenimiento, ya que no se presentan oxidaciones ni pérdidas. De manera general, se puede estimar que un plan de ahorro de energía puede reducir los costos de una empresa entre un 5% y un 20% (MONTESINOS, s.f.). Al reducir las pérdidas de calor en los sistemas de alumbrado público, se disminuye el consumo de electricidad (Morelos, s.f.), lo cual contribuye al cuidado del medio ambiente y ayuda a las empresas y municipios a reducir sus costos energéticos.

Las luminarias de doble aislamiento también incorporan tecnologías avanzadas, como balastos electrónicos de alta eficiencia, que optimizan el uso de energía y prolongan la vida útil de las lámparas (Luminaire Classifications, 2024). Estas características no solo mejoran la eficiencia energética, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y a la reducción de costos operativos en instalaciones de alumbrado público (Luminaire Classifications, 2024). En conclusión, la implementación de luminarias de doble aislamiento en el alumbrado público no solo es una estrategia viable para mejorar la eficiencia energética, sino que también se alinea con los objetivos de sostenibilidad y reducción de costos, destacando la importancia de adoptar tecnologías avanzadas en infraestructuras urbanas para lograr un impacto positivo tanto económico como ambiental.

**Selección y Utilización Adecuada de Equipos:** Un aspecto muy importante a tratar es la selección adecuada de luminarias de doble aislamiento para diferentes entornos de alumbrado público y la correcta manera de implementarlas en los sistemas de iluminación urbana. Esto

incluye considerar factores como las condiciones ambientales (temperatura, humedad, contaminación), requisitos de iluminación específicos de cada zona urbana, eficiencia energética, y facilidad de mantenimiento. La correcta selección e implementación de estas luminarias no solo mejora la seguridad eléctrica, sino que también optimiza el rendimiento lumínico y la durabilidad del sistema de alumbrado público. Esto promueve prácticas idóneas en la planificación urbana y en la gestión de infraestructuras de iluminación pública.

**Impacto Ambiental:** El impacto ambiental de las luminarias de alumbrado público con doble aislamiento puede evaluarse en términos de su fabricación, uso y desecho. Estas luminarias no solo mejoran la eficiencia energética, sino que también presentan ventajas ambientales importantes a lo largo de su ciclo de vida. En la fabricación, se utilizan materiales más duraderos y menos contaminantes, y la ausencia de una conexión a tierra reduce la necesidad de cobre, un metal cuya extracción y procesamiento son ambientalmente costosos (Gaston et al., 2021). Durante su uso, las luminarias con doble aislamiento son más eficientes energéticamente gracias a tecnologías avanzadas como balastos electrónicos de alta eficiencia y fuentes de luz LED, que no solo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la generación de electricidad, sino que también prolongan la vida útil de los componentes, disminuyendo la frecuencia de reemplazo y el desperdicio (Shahzad et al., 2022; Longo et al., 2020).

Al final de su vida útil, estas luminarias generan menos residuos peligrosos, ya que la ausencia de cobre minimiza los problemas de oxidación y los LED no contienen mercurio, lo que facilita su gestión de desechos y reduce el impacto ambiental (Kumar et al., 2019). En conclusión, las luminarias con doble aislamiento no solo son más eficientes energéticamente, sino que también presentan beneficios ambientales considerables en su fabricación, uso y desecho, alineándose con la creciente preocupación sobre sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

**Concientización y Educación:** La investigación desempeñará un papel importante en la sensibilización de profesionales en el campo de la electricidad y la iluminación sobre la importancia de estos equipos y su influencia en aspectos como la seguridad, la eficiencia energética y el medio ambiente. En Colombia, las normativas relacionadas con el alumbrado público han evolucionado para adaptarse a los avances tecnológicos y normativos actuales. Aunque anteriormente se promovía el uso de luminarias de doble aislamiento como medida de seguridad eléctrica, las regulaciones actuales consideran más ampliamente la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental. Según el informe de la Asociación Colombiana de Energía Solar y Eficiencia Energética (ACOLSOL), la implementación de tecnologías de iluminación avanzadas no solo reduce el consumo de energía, sino que también minimiza las emisiones de carbono, apoyando así los objetivos de desarrollo sostenible del país (ACOLSOL, 2023). Este punto de vista no solo fomenta prácticas más responsables entre los profesionales del sector, sino que también impulsa la adopción de tecnologías innovadoras que son importantes para un futuro energéticamente eficiente y ambientalmente sostenible.

### 3. Conclusiones

Según los resultados obtenidos de esta propuesta, se ha reforzado la necesidad de comprender en profundidad las implicaciones de las luminarias de doble aislamiento para alumbrado público, tanto en lo que respecta al cumplimiento normativo como a su función en la prevención de accidentes eléctricos.

La inspección visual detallada de la luminaria reveló hallazgos significativos, como un desgaste excesivo de las etiquetas. Sin embargo, no se observaron daños en el aislamiento del cableado ni signos de desgaste general. Esta evaluación resalta la importancia de realizar inspecciones visuales minuciosas para identificar posibles aspectos a mejorar o riesgos potenciales, tanto antes de la instalación como durante el mantenimiento rutinario de estos equipos de iluminación.

Las pruebas de resistencia de aislamiento y corriente de contacto arrojaron resultados aceptables según la IEC 60598-1:2022, superando los valores mínimos, hablado del valor de resistencia de aislamiento, y no superando el valor máximo de corriente de contacto establecido también por esta norma. Esto comprueba que, a pesar de la exposición a condiciones ambientales adversas, los niveles de aislamiento y seguridad se mantienen, proporcionando confiabilidad al usuario de que no se presentarán accidentes eléctricos debido a corrientes de contacto o desgaste del aislamiento en las luminarias evaluadas.

La prueba de funcionamiento reveló aspectos importantes como la distribución lumínica. La revisión documental confirmó que la luminaria contaba con información del fabricante sobre su doble aislamiento, destacando así la importancia de disponer de documentación adecuada para garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo.

Es importante evaluar los requisitos y necesidades específicas de aislamiento y seguridad eléctrica en las instalaciones de alumbrado público para seleccionar las luminarias adecuadas que cumplan con las normas. Se recomienda realizar una investigación a profundidad de fabricantes y proveedores confiables, comparando características técnicas, normativas y certificaciones de las luminarias. La planificación detallada de la instalación debe considerar la ubicación óptima, el montaje según especificaciones y normas, la facilidad de acceso y el mantenimiento.

Es muy importante capacitar al personal en operación segura, mantenimiento, identificación de riesgos y primeros auxilios eléctricos específicos para sistemas de alumbrado público. Se debe implementar un programa de monitoreo y mantenimiento preventivo periódico según las recomendaciones del fabricante y las normativas aplicables. Mantener registros detallados de selección, instalación, mantenimiento e incidentes relacionados es importante para la gestión a largo plazo de estos sistemas.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del rendimiento, comparando con criterios de seguridad y eficiencia establecidos, identificando áreas de mejora y tomando medidas correctivas. Es importante promover el conocimiento mediante formación continua, comunicación efectiva y fomentar una cultura de seguridad eléctrica donde todos los involucrados en el mantenimiento y operación del alumbrado público se sientan responsables.

En general, se requiere un enfoque integral que combine inspecciones visuales, pruebas eléctricas, evaluaciones funcionales, verificación de cumplimiento de normas y revisión de documentación para identificar posibles riesgos y garantizar un uso seguro y eficiente de las luminarias de doble aislamiento en sistemas de alumbrado público. Este enfoque no solo mejorará la seguridad eléctrica, sino que también contribuirá a la eficiencia energética y la sostenibilidad de las infraestructuras urbanas.

### Referencias Bibliográficas

- American National Standards Institute. (s.f.). *IEEE Recommended Practice for Insulation Testing of Large AC Rotating Machinery with High Direct Voltage*, 36.
- American Psychological Association. (s.f.). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de Apastyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Avila, S. (27 de Diciembre de 2023). *Empleado que murió electrocutado en Valledupar llevaba 3 días trabajando con empresa*. [https://www.pulzo.com/nacion/valledupar-hoy-empleado-que-murio-electrocutado-tenia-3-dias-empresa-PP3346871A#google\\_vignette](https://www.pulzo.com/nacion/valledupar-hoy-empleado-que-murio-electrocutado-tenia-3-dias-empresa-PP3346871A#google_vignette).
- Cadick, J., Capelli-Schellpfeffer, M., & Neitzel, D. K. (2005). *Electrical Safety Handbook*. McGraw- Hill Education.
- CCS (2020). Seguridad en las Instalaciones Eléctricas <https://ccs.org.co/seguridad-en-las-instalaciones-electricas/>
- Com.mx. (s.f.). *¿Qué significa que una herramienta tenga doble aislamiento?* Recuperado el 9 de octubre de 2023, de <https://respuestasrapidas.com.mx/que-significa-que-una-herramienta-tenga-doble-aislamiento/>
- Conte. (15 de noviembre de 2023). *Cifras accidentes eléctricos durante el año 2022 en Colombia*. <https://www.conte.org.co/cifras-accidentes-electricos-durante-el-ano-2022-en-colombia/>
- Conte. (s.f.). *En 2018 murieron 180 colombianos por accidentes eléctricos*. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de <https://www.conte.org.co/en-2018-murieron-180-colombianos-por-accidentes-electricos/>

- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- Dipali Chaudhari (2021). *18 Different types of Electrical Insulating Materials | Insulation Class*.  
<https://dipslab.com/types-electrical-insulating-materials-classes/>
- Electrical Insulators (2016). *Insulating Materials and Different Types*  
[https://www.electricaleasy.com/2016/11/electrical-insulators.html#google\\_vignette](https://www.electricaleasy.com/2016/11/electrical-insulators.html#google_vignette)
- Electricals blog (20 de enero de 2022). *Types of Electrical Insulation Classes- Application*.  
[https://electricalsblog.com/types-of-insulating-material-and-class#google\\_vignette](https://electricalsblog.com/types-of-insulating-material-and-class#google_vignette)
- Energy. (s.f.). *Oficina de eficiencia energética y energías renovables*.  
<https://www.energy.gov/eere/buildings/implementation-certification-and-enforcement>
- GAL Electric. (2020, 1 de junio). *Fallas de aislamiento: Enemigas de su sistema eléctrico*.  
<https://www.galelectric.com.co/blog/fallas-de-aislamiento/>
- Harwood, S. (s/f). *Los 4 puntos de atención a la salud y seguridad en construcciones*.
- IEC 61010-031. (s.f.). *En International Standard* (pág. 28).
- IEEE Transactions on Industry Applications. (s.f.) Revista técnica del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE
- IEEE Xplore. (s.f.). *Base de datos académica que contiene artículos y conferencias técnicas en ingeniería eléctrica y electrónica*.
- Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). (s.f.). *Electrical and Electronic Engineering*. <https://www.nist.gov/el>.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (s.f.). *Electrical. Departamento de Labor de EE. UU*. <https://www.osha.gov/>.

Insulation outlook (1 de junio de 2014). *Insulation Systems: Inspection and Maintenance*

<https://insulation.org/io/articles/insulation-systems-inspection-and-maintenance/>

Karlen, M., & Benya, J. (2017). *Lighting Design Basics*. John Wiley & Sons.

Mennekes My Power Connection. (s.f.). *Tipos de protección IP y clases de protección IP*

<https://www.mennekes.es/informacion/conocimientos-para-el-tecnico-electricista/normas-y-reglamentos/tipos-de-proteccion-ip-y-clases-de-proteccion-ip/>

Miao, L. L. (2004). A specification-based approach to testing polymorphic attributes. *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM*. Seattle, WA, USA.

Miller, R., & Miller, M. (2015). *Electricity and Electronics for HVAC*. McGraw-Hill Education.

Montesinos, F. V. (s.f.). *Ahorro de energía en las industrias*

<https://blog.generaclar.com/ahorro-de-energia-en-las-industrias>

Morelos, C. P. (s.f.). *Aislamiento térmico eficiencia energética reducción costo s*

<https://nutec.com/es/newsroom/articulos/aislamiento-termico-eficiencia-energetica-reduccion-costos/>

Muhammad Rafiq, M. S. (2020). *Sustainable, Renewable and Environmental-Friendly*. 43.

National Fire Protection Association (NFPA). (s.f.). *National Electrical Code*. Última edición relevante.

Noticias Caracol. (8 de noviembre de 2023). *Joven murió electrocutado en Barrancabermeja mientras cambiaba una bombilla en la casa.*

<https://www.noticiascaracol.com/colombia/joven-murio-electrocutado-en-barrancabermeja-mientras-cambiaba-una-bombilla-en-la-casa-rg10>

- Org.co. (s.f.). *Cifras accidentes eléctricos durante el año 2021*. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de <https://www.conte.org.co/cifras-accidentes-electricos-durante-el-ano-2021/>
- Pardell, X. (2024). *Aislamiento eléctrico* <https://www.pardell.es/aislamiento-electrico.html>
- Podo, E. (2018, 20 de septiembre). *Pérdida de aislamiento – Cómo identificarla y solucionarla*. Podo. <https://www.mipodo.com/blog/informacion/perdida-aislamiento-como-identificarla/>
- Revista esta española de electrónica (2015, noviembre). *El aislamiento eléctrico en los equipos electro médicos*. <https://www.redeweb.com/articulos/instrumentacion/el-aislamiento-electrico-en-los-equipos-electromedicos/>
- Revista Semana. (2023, 17 de agosto). *La impresionante cifra de colombianos que han muerto los últimos seis años por el uso fraudulento de energía*. <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/la-impresionante-cifra-de-colombianos-que-han-muerto-los-ultimos-seis-anos-por-el-uso-fraudulento-de-energia/202302/>
- Rezi, A., & Allam, M. (1995). Techniques in array processing by means of transformations. *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69 (págs. 133-180). San Diego: Academic Press.
- ScienceDirect. (s.f.). *Base de datos que ofrece acceso a revistas científicas y técnicas*.
- Seguridad minera. (s.f.). *Historial de Seguridad y Accidentes Eléctricos*
- Shehzad, Z. (4 de Julio de 2023). *Double Insulated Tools | Symbol and Safety Benefits*. <https://www.hseblog.com/how-double-insulated-tools-help-protect-against-shock-in-wet-environments/>
- Sole, A. C. (2006). *Instrumentación Industrial*. Mexico: Alfaomega.

Vela, F. (2020). *Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. Perú.*

<https://www.redalyc.org/journal/816/81664593008/html/>

Vergara, C. (4 de junio de 2023). *Trabajador de empresa de telecomunicaciones murió electrocutado en Bello.* Noticias Caracol:

<https://www.noticiascaracol.com/antioquia/bello/trabajador-de-empresa-de-telecomunicaciones-murio-electrocutado-en-bello-rg10>

Wigner, E. P. (2005). Theory of traveling wave optical laser. *Phys. Rev.*, 134, A635-A646.