



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**

## **Implementación de luminarias led para mejorar la eficiencia energética del alumbrado público en sector de Palmira - SED AS3179, Huaraz, 2025**

### **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista**

#### **AUTOR**

**Walter Yovani MACHADO VELÁSQUEZ**

#### **ASESOR**

**Dr. Walter Alejandro GUZMÁN ESTREMADOYRO**

**Lima, Perú**

**2026**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Machado, W. (2026). *Implementación de luminarias led para mejorar la eficiencia energética del alumbrado público en sector de Palmira - SED AS3179, Huaraz, 2025*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

|                                  |                                                                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Datos de autor</b>            |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Walter Yovani Machado Velásquez                                                           |
| Tipo de documento de identidad   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 46742783                                                                                  |
| URL de ORCID                     | No Aplica                                                                                 |
| <b>Datos de asesor</b>           |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Walter Alejandro Guzmán Estremadoyro                                                      |
| Tipo de documento de identidad   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 21143307                                                                                  |
| URL de ORCID                     | <a href="https://orcid.org/0000-0002-7550-0371">https://orcid.org/0000-0002-7550-0371</a> |
| <b>Datos del jurado</b>          |                                                                                           |
| <b>Presidente del jurado</b>     |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Fernando Jose Oyanguren Ramirez                                                           |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 07566297                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 1</b>      |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Edy Alberto Roman Ccorahua                                                                |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 06767696                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 2</b>      |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Hugo Avila Vargas                                                                         |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 09295655                                                                                  |
| <b>Datos de investigación</b>    |                                                                                           |
| Línea de investigación           | Calidad y Eficiencia Eléctrica – Innovación Tecnológica                                   |
| Grupo de investigación           | No Aplica                                                                                 |
| Agencia de financiamiento        | No Aplica                                                                                 |

|                                                        |                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación geográfica de la investigación               | País: Perú<br>Departamento: Ancash<br>Provincia: Huaraz<br>Distrito: Independencia<br>Urbanización: Palmira<br>Latitud: -9.50056<br>Longitud: -77.53682 |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Enero 2025 - diciembre 2025                                                                                                                             |
| URL de disciplinas OCDE                                | Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica<br><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a>     |



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
Teléfono 619-7000 Anexo 4226  
Calle Germán Amezaga 375 – Lima I – Perú



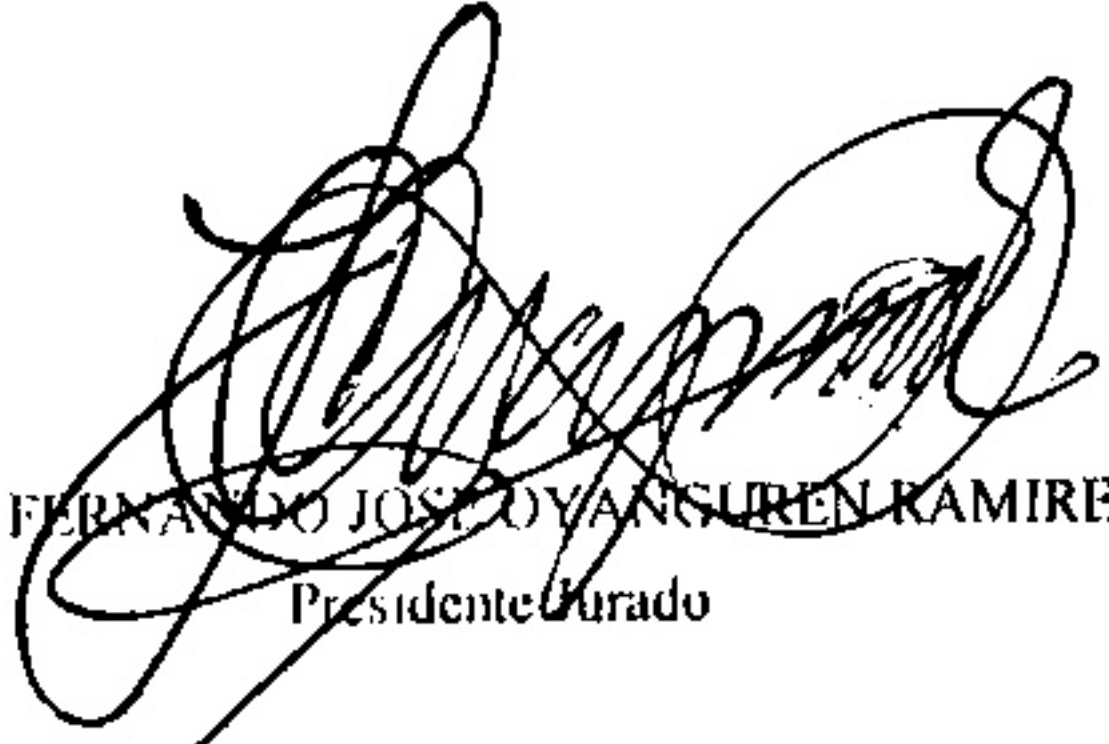
**ACTA DE SUSTENTACIÓN**  
**TRABAJO DE**  
**SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**ACTA N°69/FIEE-PPP/2026**

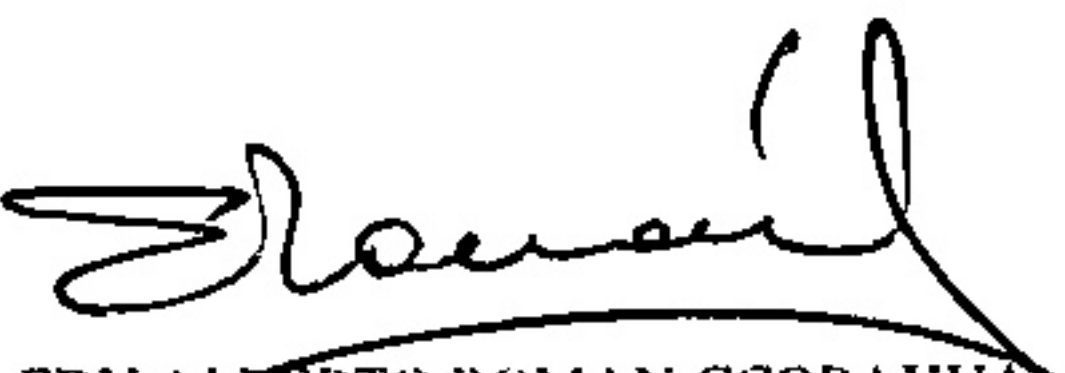
Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 18 de Septiembre del 2026, como Presidente de Jurado el **DR. FERNANDO JOSE OYANGUREN RAMIREZ**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA**, el Miembro de Jurado el **DR. HUGO AVILA VARGAS** y Miembro Asesor el **DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **WALTER YOVANI MACHADO VELÁSQUEZ** con código 14190173 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS LED PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN SECTOR DE PALMIRA - SED AS3179, HUARAZ, 2025**.

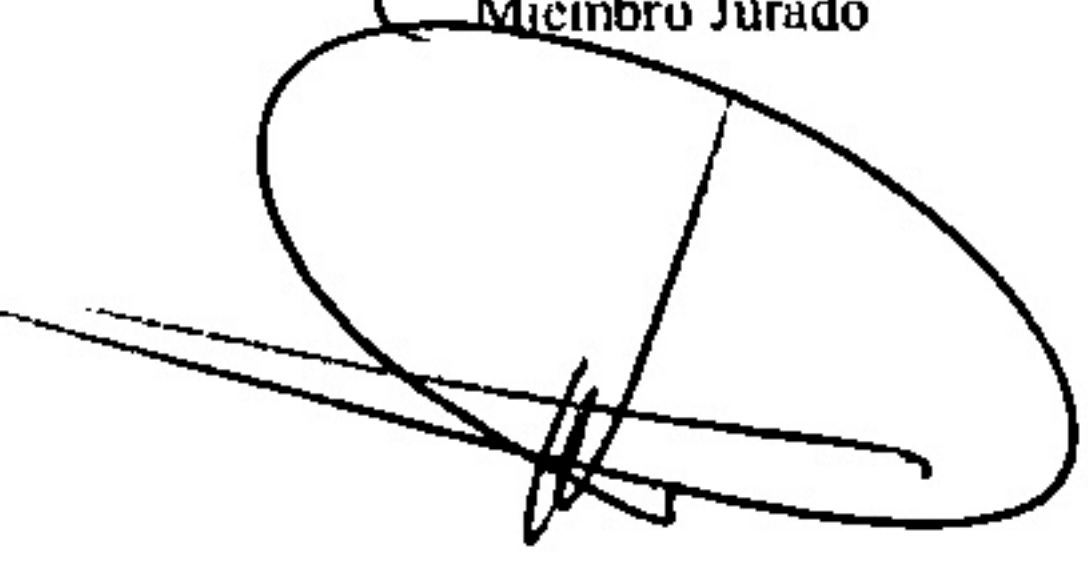
El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 15 (quince).

Ciudad Universitaria, 18 de Septiembre del 2026

  
DR. FERNANDO JOSE OYANGUREN RAMIREZ  
Presidente Jurado

  
MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA  
Miembro Jurado

  
DR. HUGO AVILA VARGAS  
Miembro Jurado

  
DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO  
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE  
**SAN MARCOS**  
Universidad del Perú, Decana de América

## **CERTIFICADO DE SIMILITUD**

Yo, **WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°71/FIEE-PPP/2026 del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS LED PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN SECTOR DE PALMIRA - SED AS3179, HUARAZ, 2025**, presentado por el bachiller **WALTER YOVANI MACHADO VELÁSQUEZ**, para optar el título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 12% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Ingeniero Electricista.

Lima, 18 de Septiembre del 2026

Firma del Asesor

DNI: 21143307

Nombres y apellidos del asesor:

**WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi madre, Luisa Velásquez Sánchez, y a la memoria de mi padre, Gustavo Julio Machado Guevara. Quienes con su respaldo económico y moral me sostuvieron en mis tiempos de universitario, logrando juntos hacer realidad los objetivos trazados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Dr. Walter Alejandro Guzmán Estremadoyro, mi asesor, por su valiosa guía y sabios consejos a lo largo de este proceso de mi formación profesional. Asimismo, expreso mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y a sus docentes por brindarme las herramientas científicas necesarias en las aulas.

## RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “Implementación de luminarias LED para mejorar la eficiencia energética del alumbrado público en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025” se desarrolló para optimizar el desempeño energético del sistema de alumbrado público que empleaba luminarias de vapor de sodio de alta presión con mayores niveles de consumo eléctrico y menor calidad lumínica.

El objetivo general fue implementar luminarias del tipo LED para mejorar la eficiencia energética del alumbrado público en la zona de estudio. Se adoptó un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo–aplicativo, incluyendo un diagnóstico del sistema inicial y la evaluación financiera de la implementación.

Los resultados evidenciaron que el sistema inicial estuvo conformado por 34 luminarias de 70 W. Tras la implementación de luminarias LED, el consumo promedio mensual disminuyó de 637.18 kWh a 352.55 kWh, logrando un ahorro energético de 284.63 kWh (44.67%). El costo promedio mensual de operación disminuyó de S/ 290.11 a S/ 160.52. Asimismo, se obtuvo un VAN= S/11,552.33 y una TIR= 28%, considerándose una tasa de descuento de 8.7%.

Se concluye que la implementación de luminarias LED mejoró la eficiencia energética y constituye una alternativa técnica y financieramente viable para la modernización del alumbrado público.

**Palabras claves:** *Luminarias LED, luminarias vapor de sodio, eficiencia energética, calidad lumínica, viabilidad financiera.*

## ABSTRACT

This Professional Proficiency Project, titled “Implementation of LED Fixtures to Improve the Energy Efficiency of Street Lighting in the Palmira Sector—SED AS3179, Huaraz, 2025,” was developed to optimize the energy performance of the street lighting system, which previously used high-pressure sodium vapor fixtures that consumed more electricity and provided lower-quality light.

The overall objective was to install LED streetlights to improve the energy efficiency of public lighting in the study area. A quantitative approach was adopted, with a descriptive-applied scope, including an assessment of the initial system and a financial evaluation of the implementation.

The results showed that the original system consisted of 34 70-watt light fixtures. After installing LED light fixtures, average monthly energy consumption decreased from 637.18 kWh to 352.55 kWh, resulting in energy savings of 284.63 kWh (44.67%). The average monthly operating cost decreased from S/ 290.11 to S/ 160.52. Additionally, the net present value (NPV) was S/11,552.33 and the internal rate of return (IRR) was 28%, based on a discount rate of 8.7%.

It is concluded that the implementation of LED lighting improved energy efficiency and represents a technically and financially viable alternative for the modernization of street lighting.

**Keywords:** *LED lighting, sodium vapor lighting, energy efficiency, light quality, financial viability.*

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMEN</b>                                                             | <b>iv</b> |
| <b>ABSTRACT</b>                                                            | <b>v</b>  |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b>                                                      | <b>vi</b> |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>                                            | <b>1</b>  |
| 1.1 Objetivos del informe                                                  | 1         |
| 1.2 Estructura del informe                                                 | 2         |
| <b>CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD</b> | <b>3</b>  |
| 2.1. Institución – Actividad que desarrolla                                | 3         |
| 2.2. Período de duración de la actividad                                   | 3         |
| 2.3. Finalidad y objetivos de la entidad                                   | 3         |
| 2.4. Razón social                                                          | 4         |
| 2.5. Dirección postal                                                      | 4         |
| 2.6. Nombre y correo electrónico del profesional a cargo                   | 4         |
| <b>CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>                           | <b>5</b>  |
| 3.1 Organización de la actividad                                           | 5         |
| 3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad                                  | 6         |
| 3.2.1 Finalidad                                                            | 6         |
| 3.2.2 Objetivos                                                            | 7         |
| 3.3 Problemática                                                           | 7         |
| 3.3.1 Problema general                                                     | 7         |
| 3.3.2 Problemas específicos                                                | 8         |
| 3.3.3 Justificación e importancia de la investigación                      | 8         |
| 3.4 Metodología                                                            | 10        |
| 3.4.1 Bases teóricas                                                       | 10        |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2 Marco conceptual                                       | 17        |
| 3.5 Procedimiento                                            | 28        |
| 3.5.1 Recopilación de información técnica                    | 28        |
| 3.5.2 Diagnóstico del sistema de alumbrado público existente | 30        |
| 3.5.3 Selección técnica de luminarias LED                    | 30        |
| 3.5.4 Implementación del reemplazo                           | 31        |
| 3.5.6 Evaluación de la modernización del alumbrado público   | 32        |
| 3.6 Resultado de la actividad                                | 34        |
| 3.6.1 Estado inicial del sistema SED AS3179                  | 34        |
| 3.6.2 Implementación de luminarias LED                       | 41        |
| 3.6.3 Variación entre luminaria LED y vapor de sodio         | 42        |
| 3.6.4 Viabilidad financiera del sistema LED- SED AS3179      | 48        |
| <b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>                  | <b>54</b> |
| 4.1 Descripción de la implementación                         | 54        |
| 4.2. Evaluación económica                                    | 55        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</b>                              | <b>57</b> |
| <b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES</b>                          | <b>58</b> |
| <b>CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>              | <b>59</b> |
| <b>CAPÍTULO VIII: ANEXOS</b>                                 | <b>63</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Organigrama de Pacífico Sur Ingeniería y Servicios         | 5  |
| <b>Figura 2</b> Lámpara de vapor de sodio                                  | 23 |
| <b>Figura 3</b> Luminaria de la marca Jوسف (modelo Astro)                  | 24 |
| <b>Figura 4</b> Luminaria de la marca Jوسف (modelo Eco)                    | 24 |
| <b>Figura 5</b> Luminaria de la marca Jوسف (modelo Pallqa)                 | 25 |
| <b>Figura 6</b> Luminaria de la marca Celsa (modelo Zeus)                  | 25 |
| <b>Figura 7</b> Esquema de conexión de un LED                              | 27 |
| <b>Figura 8</b> Luminaria LED (marca Philips)                              | 28 |
| <b>Figura 9</b> Detalle de las actividades del mantenimiento de luminarias | 33 |
| <b>Figura 10</b> Costo de mantenimiento de luminaria en campo              | 34 |
| <b>Figura 11</b> Topología del Circuito A de la SED AS3179                 | 36 |
| <b>Figura 12</b> Topología del Circuito B de la SED AS3179                 | 38 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Tipos de Alumbrado Según la Clasificación Vial</i>       | 18 |
| <b>Tabla 2</b> Identificación de tipos de calzada                          | 20 |
| <b>Tabla 3</b> Niveles de Luminancia e iluminancia                         | 20 |
| <b>Tabla 4</b> Características generales del sistema de la SED AS3179      | 29 |
| <b>Tabla 5</b> Luminarias existentes en el circuito A de la SED AS3179     | 35 |
| <b>Tabla 6</b> Luminarias existentes en el circuito B de la SED AS3179     | 37 |
| <b>Tabla 7.</b> Características técnicas de luminarias de VSAP             | 39 |
| <b>Tabla 8</b> Consumo energético, SED AS3179, enero a diciembre 2024      | 40 |
| <b>Tabla 9</b> Comparación del consumo energético mensual                  | 43 |
| <b>Tabla 10</b> Reporte Mensual de Mediciones de Calidad del VSAP          | 45 |
| <b>Tabla 11</b> Reporte Mensual de Mediciones de Calidad del LED           | 47 |
| <b>Tabla 12</b> Comparación económica anual del alumbrado público          | 50 |
| <b>Tabla 13</b> Parámetros considerados para la evaluación financiera      | 51 |
| <b>Tabla 14</b> Inversión inicial para la implementación de luminarias LED | 51 |
| <b>Tabla 15</b> Flujo de caja del proyecto                                 | 52 |

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Objetivos del informe**

Actualmente, la empresa Hidrandina S.A. viene desarrollando un proceso progresivo de modernización del sistema de alumbrado público en la ciudad de Huaraz mediante la transición de luminarias convencionales a luminarias con tecnología LED. En este proceso, la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C. participa como empresa contratista encargada de ejecutar actividades vinculadas con la implementación y mantenimiento del sistema de alumbrado público.

No obstante, en determinados sectores aún permanece una infraestructura híbrida donde predominan luminarias de vapor de sodio a alta presión (VSAP), condición que genera mayores requerimientos de consumo energético, incremento en la frecuencia de mantenimiento correctivo y mayores costos de operación.

Asimismo, esta situación representa un desafío para el cumplimiento de los niveles mínimos de luminancia e iluminancia exigidos para el servicio de alumbrado público conforme a la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución (Resolución Ministerial N.º 013-2003-EM/DM, 2003).

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo implementar luminarias del tipo LED para mejorar la eficiencia energética del alumbrado público en el sector Palmira – SED AS3179, Huaraz, considerando criterios de calidad del suministro, seguridad eléctrica y sostenibilidad operativa. Asimismo, se busca evaluar el comportamiento energético, lumínico y financiero derivado del proceso de modernización tecnológica, con la finalidad

de contribuir a la optimización del servicio y a la reducción de los costos operativos asociados al sistema de alumbrado público.

## **1.2 Estructura del informe**

A continuación, los capítulos que forman parte del actual trabajo son: el Capítulo I expone la introducción del informe, en la que se define el objetivo de la investigación y se detalla cómo está organizado el documento, estableciendo así el alcance del estudio realizado. El Capítulo II describe la entidad donde se llevó a cabo la actividad profesional y el periodo de ejecución de la actividad.

El Capítulo III se aborda la descripción de la actividad profesional, la estructura organizativa de la entidad, los objetivos de la actividad, la metodología aplicada, el procedimiento ejecutado y los resultados asociados.

El Capítulo IV desarrolla la discusión de resultados y la evaluación económica-financiera del proyecto. Por último, los Capítulos V, VI y VII contienen las conclusiones, seguidas de las recomendaciones y referencias bibliográficas, respectivamente, complementándose con los apéndices.

## **CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD**

### **2.1. Institución – Actividad que desarrolla**

El presente trabajo de suficiencia profesional se basa en la experiencia laboral obtenida en la sucursal de Huaraz de la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C. Esta entidad se desempeña como una contratista clave para la concesionaria Hidrandina S.A., asumiendo la responsabilidad operativa del sistema eléctrico en la zona. Brinda los servicios de mantenimiento industrial y sistemas de generación, alquiler de vehículos, maquinaria y equipos, contratistas generales de personal y obras civiles y asesoría técnica de proyectos.

Entre sus principales clientes locales de Huaraz está Hidrandina y Antamina.

### **2.2. Período de duración de la actividad**

El periodo de duración de la actividad fue de 2 años, desde el mes de enero del año 2024 hasta el mes de diciembre del año 2025.

### **2.3. Finalidad y objetivos de la entidad**

La finalidad de la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C es proveer servicios de ingeniería y mantenimiento que garanticen la continuidad y eficiencia del alumbrado público, cumpliendo con los niveles de calidad exigidos por Hidrandina S.A. y la normativa nacional.

## **2.4. Razón social**

Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C. RUC: 20445419983

## **2.5. Dirección postal**

Sede operativa Huaraz: Av. Independencia N° 1232

Sede Legal: Av. Pardo N° 224 oficina 301 Chimbote

## **2.6. Nombre y correo electrónico del profesional a cargo**

José Carlos Velasquez Villanueva

josecarlosvelasquezvillanueva@gmail.com

## CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

### 3.1 Organización de la actividad

Para garantizar el cumplimiento de los compromisos contractuales con la concesionaria Hidrandina S.A. y asegurar la operatividad del sistema de alumbrado público en Huaraz, la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C. ha establecido una estructura funcional. Este tipo de estructura jerárquica permite a la organización un flujo de información eficiente para la atención de mantenimientos preventivos y correctivos.

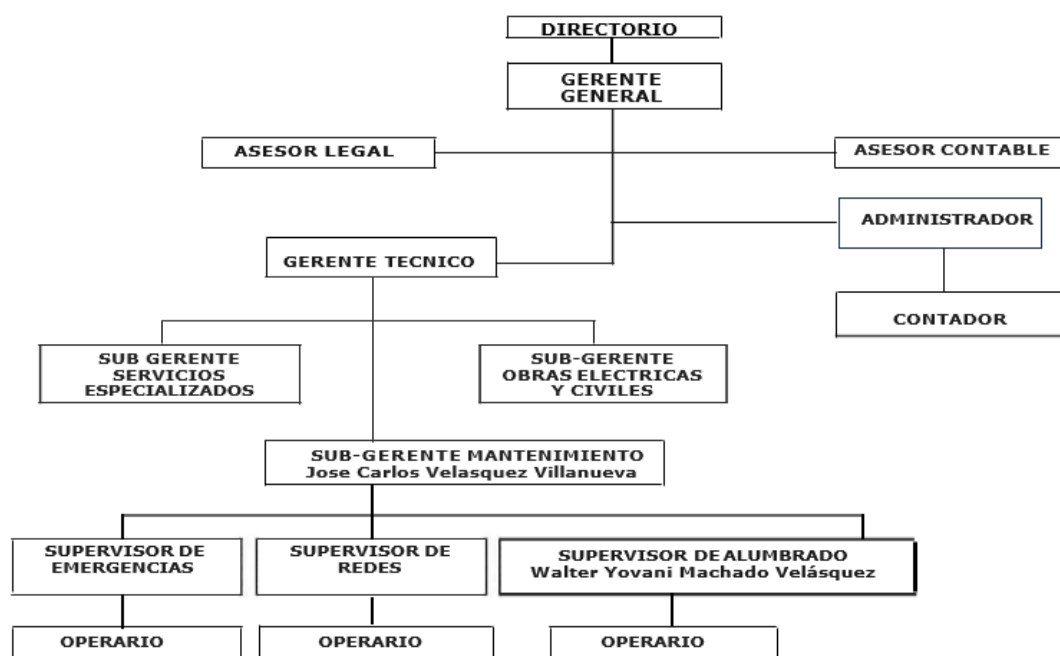


**Figura 1 Organigrama de Pacífico Sur Ingeniería y Servicios.**

Fuente. Elaboración propia a partir de registros internos de la empresa analizada.

Como se visualiza en la Figura 1, el organigrama de la empresa analizada evidencia una estructura organizativa de tipo funcional y jerárquica, orientada a garantizar la adecuada planificación, supervisión y ejecución de las actividades operativas.

La dirección estratégica se encuentra a cargo del Directorio y la Gerencia General, apoyados por áreas de asesoría legal, contable y administrativa. En el ámbito técnico, la Gerencia Técnica lidera las unidades especializadas, entre ellas la Subgerencia de Mantenimiento, de la cual dependen las áreas operativas de emergencias, redes, alumbrado y líneas de transmisión.

En base al organigrama mostrado, el autor del presente TSP desempeñó el cargo de Supervisor de Alumbrado Público, siendo responsable de la ejecución y el seguimiento técnico de las actividades asociadas al reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED y verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas con el fin de garantizar tanto la calidad como la continuidad del servicio.

Asimismo, las actividades ejecutadas fueron desarrolladas bajo dependencia de la Subgerencia de Mantenimiento (cargo que corresponde al jefe inmediato especificado), área responsable de supervisar y dirigir la ejecución de los planes operativos y objetivos establecidos para la ejecución de la modernización del alumbrado urbano público, además de coordinar directamente con Hidrandina.

## **3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad**

### **3.2.1 Finalidad**

La finalidad principal del actual TSP es la implementación de una tecnología más eficiente dentro del sistema de alumbrado público en Huaraz. El llevar a cabo el reemplazo de lámparas antiguas de vapor de sodio por luminarias LED permite modernizar el parque de alumbrado público y ahorrar costos operativos y de mantenimiento para la concesionaria encargada de administrar el alumbrado público.

Específicamente, se obtendrá un menor consumo de energía eléctrica; puesto que, las luminarias LED son más efectivas que las de vapor de sodio, esto hace que produzcan una mejor iluminación consumiendo una menor cantidad de potencia. y, además, se obtendrá un menor gastos operativos; dado que, los equipos LED tienen una vida útil superior a los equipos de vapor de sodio; es decir, se gasta significativamente menos en repuestos y en el despliegue de personal técnico para reparaciones constantes.

### **3.2.2 Objetivos**

#### **3.2.2.1 Objetivo General.**

Implementar las luminarias LED para mejorar eficiencia energética del alumbrado público en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025.

#### **3.2.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar el estado inicial del alumbrado público en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025
- Determinar la variación de consumo energético y calidad lumínica entre luminaria LED y luminaria de vapor de sodio en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025
- Evaluar la viabilidad financiera del sistema de iluminación LED en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025.

### **3.3 Problemática**

#### **3.3.1 Problema general**

¿De qué manera la implementación de luminarias LED mejora la eficiencia energética el alumbrado público en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025?

### **3.3.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el estado inicial del alumbrado público en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025?
- ¿En qué medida varía el consumo energético y la calidad lumínica entre luminaria LED y luminaria de vapor de sodio en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025?
- ¿Es viable financieramente el sistema de iluminación LED en sector de Palmira- SED AS3179, Huaraz, 2025?

### **3.3.3 Justificación e importancia de la investigación**

#### **3.3.3.1 Justificación por Conveniencia**

El presente TSP se justifica por conveniencia debido a la necesidad de optimizar el sistema de alumbrado público de Huaraz, el cual actualmente presenta limitaciones en eficiencia energética y mayores requerimientos de mantenimiento asociados al uso de luminarias de vapor de sodio. La implementación de luminarias LED permitirá reducir el consumo de energía eléctrica, disminuir la frecuencia de fallas y optimizar la gestión operativa del sistema. En este sentido, el estudio resulta conveniente al proporcionar una alternativa técnica viable que contribuye a la modernización del alumbrado público.

#### **3.3.3.2 Justificación social**

Desde el punto de vista social, la actual investigación se justifica porque la mejora de los grados de iluminación en las áreas públicas contribuye directamente a incrementar la seguridad ciudadana y reducir riesgos asociados a accidentes de tránsito y actos delictivos. Asimismo, una adecuada iluminación favorece el desarrollo de actividades sociales y económicas durante horas nocturnas, beneficiando a la población de la ciudad de Huaraz. Así, transitar hacia luminarias LED no solo mejora la calidad del

servicio de alumbrado público, sino que además influye de modo positivo en la calidad de vida de los ciudadanos ante mejores condiciones de iluminación del servicio público.

#### ***3.3.3.3 Justificación práctica***

Desde el enfoque práctico, el presente TSP se sustenta en la necesidad de plantear una alternativa viable frente a las deficiencias del sistema de alumbrado público en la ciudad de Huaraz. La adopción de luminarias LED de mejor calidad constituye una medida aplicable que permite mejorar el desempeño del sistema, reduciendo el consumo de energía y la frecuencia de intervenciones por mantenimiento. Asimismo, los resultados obtenidos podrán servir como referencia técnica para la ejecución de proyectos similares orientados a la optimización de sistemas de alumbrado público.

#### ***3.3.3.4 Justificación teórica***

El presente estudio cuenta con justificación teórica, ya que posibilita un análisis más detallado del comportamiento de la energía y la luz que resulta de reemplazar las luminarias de vapor de sodio por luminarias LED en sistemas públicos de alumbrado. También, los resultados obtenidos aportarán evidencia técnica en un contexto local poco documentado, permitiendo contrastar principios relacionados con eficiencia energética y desempeño luminotécnico bajo condiciones reales de operación. De igual forma, el estudio podrá servir como antecedente para futuras investigaciones vinculadas con procesos de modernización tecnológica en sistemas de iluminación pública, especialmente en ciudades con características similares al sector analizado de la ciudad de Huaraz.

#### ***3.3.3.5 Justificación económica***

Desde la perspectiva económica, este estudio tiene sentido debido a que cambiar las luminarias convencionales por las LED hará posible disminuir tanto el gasto en energía eléctrica como los costos relacionados con el mantenimiento de luminarias. Asimismo, la mayor vida útil de las luminarias LED contribuirá a disminuir la frecuencia de reposición de equipos y las intervenciones operativas, generando una reducción de gastos operativos

para la empresa concesionaria. mediante indicadores económicos y financieros se evaluará la inversión asociada a la propuesta.

#### ***3.3.3.6 Justificación técnica***

El presente estudio se sustenta técnicamente en la evaluación comparativa entre luminarias de vapor de sodio y luminarias LED, considerando criterios como consumo energético, vida útil, eficiencia lumínica y requerimientos de mantenimiento, a partir de este análisis, se busca evidenciar las ventajas técnicas de la tecnología LED en sistemas de alumbrado público, orientadas a mejorar la calidad del servicio y optimizar el desempeño operativo del sistema eléctrico. Si bien no se plantea el desarrollo de una nueva tecnología en el presente estudio, sí aporta evidencia técnica para la implementación de soluciones energéticamente más eficientes cuando se trata de iluminación pública.

#### ***3.3.3.7 Justificación metodológica***

El presente estudio se sustenta metodológicamente porque establece un procedimiento de evaluación basado en el diagnóstico inicial, medición de parámetros luminotécnicos, análisis del consumo energético y evaluación económica y financiera del sistema intervenido. Para ello, se emplean instrumentos de recopilación de datos técnicos y registros operativos que permiten analizar la influencia del reemplazo tecnológico sobre el desempeño del sistema. Este procedimiento podrá ser replicado como guía metodológica para futuras evaluaciones de modernización de sistemas de alumbrado público en contextos similares.

### **3.4 Metodología**

#### ***3.4.1 Bases teóricas***

##### ***3.4.1.1 Antecedentes internacionales***

En el estudio de Galarza y Samango (2025) se fijó como propósito el diseñar un sistema de alumbrado público empleando tecnología LED en un tramo

aproximado de 1.8 kilómetros de la calle Ignacio Jaramillo, perteneciente al cantón Gualaceo (provincia Azuay). La propuesta se orientó a optimizar los indicadores de iluminación en comparación con las luminarias que están instaladas ahora, asegurando una eficiencia energética más elevada, una uniformidad lumínica y una calidad visual superiores, de acuerdo con las regulaciones técnicas actuales. En ese marco, el proyecto contempló la definición de criterios económicos y técnicos que ratifiquen la sostenibilidad del sistema, incluyendo la ubicación estratégica de las luminarias, los niveles adecuados de iluminancia y la disminución del consumo energético. Asimismo, se evaluó la factibilidad económica mediante una evaluación de beneficios y costos, en el cual se resaltaron los ahorros en términos de energía y operativos en comparación con los sistemas de alumbrado convencionales. En conclusión, la ejecución de tecnología LED redujo los costos a largo plazo y mejoró el rendimiento energético, contribuyendo a generar un espacio más seguros y sostenibles para la población zonal y en concordancia con los estándares de sostenibilidad y eficiencia de la ingeniería eléctrica.

Velásquez (2021) en su tesis planteó como objetivo evaluar a nivel técnico, financiero y ambiental la instalación de luminarias LED en el sistema de alumbrado público del anillo periférico perteneciente a Guatemala a través de una comparación con otro tipo de tecnologías. Para lo cual, se empleó el método científico lógico deductivo abarcando 6 etapas. En primer lugar, la pregunta que genera la investigación, la planeación del proyecto, el recojo de información, bajo un enfoque cualitativo y cuantitativo de la información, la presentación de los hallazgos y la solución al problema planteado. Se contó como técnica de investigación al análisis de documentos y la comparación de información recopilada para determinar si es posible o no implementar tecnologías de iluminación nuevas. De acuerdo con los resultados de su investigación logró cumplir con su objetivo el cual consistía en determinar las desventajas y ventajas que se obtendrían al realizar la renovación de las luminarias del alumbrado público existentes a luminarias LED. Estos resultados permiten incentivar la adopción de tecnología más sustentables y eficientes. El autor concluye que, la instalación de luces LED en el lugar analizado genera un impacto económico positivo en el consumo energético, generando un 56 % de ahorro frente a las lámparas de vapor de mercurio. Ello

equivale a un ahorro monetario de 766,762 Quetzales de forma anual por hasta 10 años continuos. Finalmente, si se calcula que la inversión inicial del proyecto es de Q 1,197,000.00, este capital podría ser recuperado en tan solo dos años.

En la investigación de Encalada (2018) se tuvo como propósito analizar la factibilidad del uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de mayo perteneciente al Cantón Tosagua. Para ello, se optó por el reemplazo las luminarias de vapor de sodio existentes por luminarias LED y la medición de indicadores para la corroboración de mejora. Según los hallazgos, la luminaria LED logró una mejor luminancia y ahorro económico para los usuarios debido a la reducción del consumo energético. También se evidenció en términos económicos que, aunque la inversión inicial debido a la compra de las luminarias LED es muy alta, la recuperación de la inversión se da en poco tiempo (aproximadamente 3 años). Asimismo, el ahorro monetario al realizar esta sustitución alcanza a los 2.5 dólares por usuario eléctrico.

En el estudio de Aristizabal y Ramos (2022) se propuso como objetivo determinar las deficiencias y elaborar un sistema de estandarización que abarque la funcionalidad con el reemplazo de la infraestructura de iluminación urbana convencional en los municipios de quinta y sexta categoría. Esto facilitaría a los contratistas llevar a cabo trabajos para modernizar la infraestructura de iluminación urbana sustituyendo las fuentes de luz por tecnología LED obsoletas como el sodio, el mercurio y el gas, en los costos y tiempos previstos. El método empleado fue analítico porque abarca aspectos de las áreas financieras, técnica y administrativa de la empresa a examinar y se reunió información de diversas áreas. Asimismo, se trata de un enfoque cuantitativo y el estudio alcanzó un nivel descriptivo, donde el plan de mejora basado en la estandarización abarca la metodología del PMI respecto a la gestión de proyectos. Los autores coligen que, después de implementar las diversas metodologías, es posible utilizar los métodos y herramientas del Project Management Institute (PMI) para uniformar la modernización de la iluminación pública en municipios con rasgos parecidos. Esto se consigue a través de la optimización de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), el

análisis para elegir adecuadamente a los proveedores y la valoración multicriterio para seleccionar al personal técnico más adecuado. Por lo tanto, se mejoró el cumplimiento de los cronogramas, la elección de personal fue más eficaz, se optimizaron los tiempos de instalación y se creó un ambiente laboral positivo; con todo esto, se logró cumplir con los plazos contractuales.

Por último, Hinostroza (2022) realizó un estudio con la finalidad de examinar la factibilidad financiera y técnica de reemplazar las luminarias existentes con luminarias LED. Para ello, se empleó una perspectiva cuantitativa usando como referentes los estudios previos y el método para implementar la modernización a tecnología LED en un sistema de alumbrado público. Se consiguió fortalecer la prestación del servicio de acuerdo con los principios fundamentales de sostenibilidad a largo plazo (con una duración pronosticada de 15.5 años), fiabilidad en el sistema y eficiencia energética (reduciéndose 40% el consumo eléctrico).

#### **3.4.1.2 Antecedentes nacionales**

En el estudio de Aguilar (2023) se llevó a cabo una propuesta técnica y económica con el objetivo de optimizar la utilización y el costo de la electricidad en el sistema de alumbrado público del Jr. Guillermo Moore. Para esto, se materializó un análisis comparativo entre las luminarias de vapor de sodio que se utilizan hoy en día y una propuesta para reemplazarlas con tecnología LED. En cuanto a la metodología, esta fue de tipo aplicada y no experimental, se inició registrando la intensidad de la luz de las lámparas de sodio de 150 watts que ya se encontraban instaladas, después, se empleó el programa especializado DIALux evo 8.2 para llevar a cabo la simulación técnica de la luminaria LED sugerida. Dando como resultados que la lámpara de sodio en uso tiene un nivel medio de iluminación de 17.5 lux. La propuesta LED experimentó una notable mejora a través de la simulación en el software DIALux, logrando 31.4 lux en el camino peatonal y 30.7 lux en la calzada. El sistema de sodio, en términos energéticos, consume 808.32 kWh al mes y tiene un costo de S/. 539.72; mientras que el uso de tecnología LED disminuye tanto el consumo como el costo a 589.39 kWh y S/ 393.54 respectivamente. Esta migración produce un ahorro de 218.93 kWh y S/ 146.18 al mes. Se concluyó que el proyecto es económicamente viable ya que la evaluación financiera con un tipo de interés del 12% mostró una TIR del 20 % y un VAN

de S/ 5,478.13. Se concluye que la implementación de luminarias LED no solamente mejora la rentabilidad y la eficiencia, sino que además aumenta significativamente el nivel de calidad de luz del servicio.

Medina (2022) en su tesis tuvo como objetivo sustituir las lámparas de vapor de sodio de alta presión por lámparas LED, con el objetivo de optimizar la calidad del alumbrado público en el centro urbano de Huancayo y, así, mejorar la calidad de vida y la iluminación para los habitantes o transeúntes que se encuentren en dicha área. Para ello dividió la zona de estudio en 5 sectores de acuerdo con la medida del ancho de las vías. La luminancia se midió utilizando un luxómetro, se tomó una muestra de 256 lámparas de vapor de sodio a alta presión, que eran parte de las 768 lámparas instaladas. Estos valores se sustituyeron en las fórmulas del método de nueve puntos para calcular los valores de los nueve parámetros de calidad analizados en su investigación. De los valores arrojados, varios de los valores de los diferentes parámetros que califican la calidad, incumplen los valores exigidos por la normativa vigente. Para mejorar los parámetros de acuerdo con las normas exigidas, procedió a diseñar y realizar una simulación en el programa Dialux, usando luminarias LED de la marca PHILIPS. Con los nuevos valores encontrados en el estudio realizado demostró y probó su hipótesis que el alumbrado público mejora notablemente y cumplió con la normativa vigente. Finalmente, el autor concluye que la propuesta de instalación de luminarias LED, hace que los parámetros en estudio cumplan con la normativa vigente y por ende se da el mejoramiento del alumbrado público en la zona centro de la ciudad de Huancayo.

Guerrero (2019) en su tesis de titulación fijó como objetivo principal el realizar un estudio de factibilidad para optimizar el sistema de alumbrado público con tecnología LED en la localidad Nueva Esperanza, perteneciente a Cajamarca. Primero, se llevó a cabo un diagnóstico del estado actual a través de un historial que incluye la situación del alumbrado público del centro mencionado durante un año, observando dos clases de luminarias, sodio y mercurio de la marca Philips, en un total de 42 luminarias en el interior del pueblo con más de la mitad de las luminarias en mal estado, lo que impacta a la población directamente, ya que aumenta la inseguridad de la localidad. La metodología

fue cuantitativa y se llevó a cabo la medición con luxómetro en quince puntos de cada uno de los aparatos de iluminación que se encuentran instalados en la localidad obteniendo mediciones que no son consistentes con la norma DGE. Los resultados indican que 13 luminarias estaban gravemente dañadas y necesitaban ser reemplazadas y el costo de seguir reemplazando o manteniendo las luminarias tradicionales era del siguiente monto: S/ 40,547.32 al año, que equivale a S/ 3,378.49 al mes. Sin embargo, el costo estimado para reemplazar todas las luminarias con tecnología LED es de S/.36,941.94. Es decir, seguir manteniendo tecnología antigua costaba más al año que cambiar completamente a LED. Asimismo, se lograron índices financieros de TIR del 107% y VAN S/. 320,072.55, lo que señala que el resultado de la investigación sería factible si se realiza.

En la misma línea, Álvarez (2024) realizó un estudio sobre el diseño metodológico para la implementación de luminarias LED y evidenciar los beneficios sociales, económicos y técnicos que se obtienen al sustituir las luminarias de vapor de sodio a alta presión (VSAP) por luminarias LED en los sistemas de alumbrado público de las áreas de distribución típicas 2 y 3 en la región Junín. La metodología utilizada fue bajo alcance explicativo y método aplicativo, que se basó en simulaciones comparativas entre ambos sistemas de alumbrado y empleó resultados fotométricos como grupo control para analizar los costos del mantenimiento, el consumo energético, la confiabilidad y los niveles de calidad. Los resultados evidenciaron que las luminarias LED ofrecen mejores características lumínicas y técnicas, mayor eficiencia energética, reducción significativa del consumo eléctrico y menores costos operativos, además de contribuir a mejorar la calidad del servicio de alumbrado público y disminuir problemáticas sociales asociadas a la deficiente iluminación urbana, como la inseguridad y delincuencia. En conclusión, el estudio confirma que las luminarias LED constituyen la alternativa más adecuada para optimizar los sistemas de alumbrado público en la región Junín, debido a sus beneficios en eficiencia energética, sostenibilidad económica y mejora de la calidad de vida de la población.

Corahua (2019) en su tesis de licenciatura planteó como objetivo medir hasta qué punto el uso de luminarias LED influye en la calidad del servicio de

alumbrado público en las calles centrales de Puno. El estudio fue de tipo descriptivo, se examinan los parámetros y las características eléctricas y técnicas. Después, se procederá a analizar la totalidad de la información recopilada y a abordar el problema de la calidad del servicio de alumbrado público. Se emplearon los siguientes materiales e instrumentos: un luxómetro, un receptor GPS, una pinza amperimétrica de la compañía Electro Puno S.A.A., información bibliográfica, mediciones y revisiones en campo, además de programas informáticos para el procesamiento de datos como DIALux 4.13, Google Earth, Excel y AutoCAD 2018. Según los resultados que se obtuvieron a partir del análisis, la simulación y el procesamiento de datos, se estableció que la utilización de luminarias led produce un ahorro en el consumo y el precio de la electricidad; además, reduce los costos asociados con mantenimiento y operación. Por otra parte, la utilización de tecnología LED para el alumbrado público en Puno remedia las carencias de calidad al acatar la norma técnica "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución". Es importante destacar que la potencia de las luminarias LED a utilizar oscila entre 55W y 140W, mientras que la de las luminarias convencionales a sustituir varía entre 70W y 250W, siendo la marca Philips la que ofrece 265 UAP.

Finalmente, en la investigación de Chislla (2022) se analizó y se propuso que el alumbrado público de la Av. Circunvalación II del distrito de Juliaca sea mediante el uso de luminarias LED alimentadas por paneles fotovoltaicos. Se empleó un método cuantitativo mediante técnicas de observación y de documentación, revisando las fuentes bibliográficas que establecen los beneficios, características y aplicaciones de la iluminación LED con paneles fotovoltaicos en contraste con la iluminación convencional. Para la evaluación del proyecto, se llevó a cabo la caracterización de la energía solar en la región del proyecto con un ángulo de inclinación ideal, teniendo en cuenta los datos de irradiación solar mínima. Para calcular los niveles de iluminación en la Avenida Circunvalación II, se empleó el software ULYSSE 3, se simuló la iluminación para luminarias LED y convencionales, respetando las regulaciones nacionales de acuerdo con las propiedades de la avenida. En función de la energía consumida por las luminarias LED escogidas, se dimensionó el generador solar fotovoltaico. Al final, se llevó a cabo un estudio

del consumo de energía, y los resultados mostraron que el sistema de iluminación que utiliza paneles fotovoltaicos presenta más beneficios en términos de eficiencia energética. Finalmente, se llevó a cabo una valoración económica, en la que el proyecto se demostró factible y lucrativo, con un retorno de inversión de 11 meses y 6 años. El proyecto, además, generará beneficios para el medio ambiente al impedir que se emita CO<sub>2</sub> en su fase de funcionamiento.

### **3.4.2 Marco conceptual**

#### **a. Luz**

La luz es el fenómeno electromagnético que nos permite detectar radiaciones que son perceptibles a nuestros ojos. La longitud de onda de la radiación electromagnética luminosa oscila entre 380 y 750 nm. El término «radiación electromagnética» denota a un fenómeno que transporta energía de un sitio a otro, incluyendo tanto un campo magnético como uno eléctrico (Álvarez, 2024)

#### **b. Alumbrado público**

Es el servicio orientado a proveer luz en áreas de uso compartido, como son las avenidas, calles, plazas, jirones, parques y otros espacios públicos. Su objetivo es asegurar condiciones apropiadas de visibilidad durante la noche o cuando hay poca luz natural. Esta prestación contribuye a optimizar el tránsito de vehículos y de personas, disminuir los riesgos de accidentes y colaborar con la seguridad ciudadana en áreas rurales y urbanas. Según la normativa peruana, en Perú son las empresas concesionarias de distribución eléctrica las que ofrecen el servicio de alumbrado público general en plazas, calles y avenidas (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2002).

#### **c. Tipos de alumbrado en zonas de concesión eléctrica**

Cada vía pública tiene asignada una categoría de alumbrado específica, que define el mínimo de iluminación que debe asegurarse en función de sus rasgos y uso. En esta línea, el concesionario debe pedir a la municipalidad pertinente que clasifique las vías públicas para determinar qué tipo de alumbrado se tiene que colocar en cada una, según lo indicado en la Tabla I

de la Norma Técnica de Alumbrado Público en Zonas de Concesión. Si la municipalidad no dispone todavía de esa clasificación, las dos entidades tendrán que trabajar juntas para llevarla a cabo, utilizando como guía los criterios técnicos que se indican en la tabla mencionada y posteriormente definir el sistema de iluminación que corresponda. El mismo procedimiento se usa también para las vías subregionales y regionales que están situadas en la zona urbana. Por último, la autoridad pertinente deberá aprobar la clasificación realizada (MINEM, 2003)

**Tabla 1 Tipos de Alumbrado Según la Clasificación Vial**

| Tipo de vía | Tipo de alumbrado | Función                                                                                                                                                                                                        | Características del tránsito y la vía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Expresa     | I                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez</li> <li>-Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Flujo vehicular ininterrumpido.</li> <li>-Cruces a desnivel.</li> <li>-No se permite estacionamiento.</li> <li>-Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h.</li> <li>-No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal.</li> <li>-No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.</li> </ul> |
| Arterial    | II                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez</li> <li>-Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se permite estacionamiento.</li> <li>-Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h.</li> <li>-No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal.</li> <li>-Volumen importante de vehículos de transporte público.</li> </ul>                                                                                            |
| Colectora 1 | II                | Permite acceso a vías locales                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica.</li> <li>-Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares.</li> <li>-Circulan vehículos de transporte público.</li> </ul>                                                                      |
| Colectora 2 | III               | Permite acceso a vías locales                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos.</li> <li>-Tienen 1 o 2 calzadas principales, pero no tienen calzadas auxiliares.</li> <li>-Circulan vehículos de transporte público.</li> </ul>                                                                                                                                                    |

|                     |     |                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Local Comercial     | III | Permite el acceso al comercio local                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h.</li> <li>-Se permite estacionamiento.</li> <li>-No se permite vehículos de transporte público.</li> <li>-Flujo peatonal importante.</li> </ul>   |
| Local Residencial 1 | IV  | Permite acceso a las viviendas                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido.</li> <li>-Vías con calzadas asfaltadas, pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.</li> </ul> |
| Local Residencial 2 | V   | Permite acceso a las viviendas                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vías con calzadas sin asfaltar.</li> <li>-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.</li> </ul>                                                           |
| Vías peatonales     | V   | Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tráfico exclusivamente peatonal.</li> </ul>                                                                                                                                                                |

*Fuente.* Ministerio de Energía y Minas (2003)

#### ***d. Estándares de calidad de alumbrado***

Toda la infraestructura destinada a la iluminación pública debe asegurar como mínimo los niveles de luminosidad fijados para áreas de tráfico vehicular, zonas de circulación peatonal y espacios recreativos públicos.

Estas exigencias deben ser tenidas en cuenta tanto en la etapa de diseño como en los procedimientos de supervisión establecidos por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, además de las actividades fiscales desarrolladas por el organismo competente y el tratamiento que se dé a las quejas puestas por los usuarios (MINEM, 2003)

#### ***e. Requerimiento para el diseño y la puesta en operación de nuevas instalaciones***

Para el diseño de iluminación y la implementación de nuevas instalaciones de alumbrado público, se consideran previamente los tipos de superficie de la calzada presentados en la Tabla 2, ya que estos determinan la clasificación de la vía como clara u oscura.

En función de dicha clasificación, se establecen los niveles de luminancia media, iluminancia e índice de control de deslumbramiento requeridos para cada tipo de alumbrado, conforme a los parámetros indicados en la Tabla 3.

**Tabla 2 Identificación de tipos de calzada**

| Tipo de superficie        | Tipo de calzada |
|---------------------------|-----------------|
| Revestimiento de concreto | Clara           |
| Revestimiento de asfalto  | Oscura          |
| Superficies de tierra     | Clara           |

*Fuente.* Datos tomados del Ministerio de Energía y Minas (2002)

**Tabla 3 Niveles de Luminancia e iluminancia**

| Tipo de alumbrado | Luminancia media revestimiento seco | Iluminancia media (lux) |                | Índice de control de deslumbramiento |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------------|
|                   | (cd/m <sup>2</sup> )                | Calzada clara           | Calzada oscura | (G)                                  |
| I                 | 1,5 - 2,0                           | 15 - 20                 | 30 - 40        | >= 6                                 |
| II                | 1,0 - 2,0                           | 10 - 20                 | 20 - 40        | 5 - 6                                |
| III               | 0,5 - 1,0                           | 5 - 10                  | 10 - 20        | 5 - 6                                |
| IV                |                                     | 2 - 5                   | 5 - 10         | 4 - 5                                |
| V                 |                                     | 1 - 3                   | 2 - 6          | 4 - 5                                |

*Fuente.* Datos tomados del Ministerio de Energía y Minas (2002)

### ***f. Luminancia***

La luminancia es la luminosidad que un ojo humano puede percibir cuando proviene de una superficie que refleja luz como fuente luminosa o por medio de transmisión o reflexión.

La luminancia es la proporción entre la intensidad de la luz (I) y la superficie proyectada (Ap) en dirección perpendicular a donde se está mirando. En el

sistema internacional, la candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>) es la unidad que emplea (D'onofrio, 2005).

Se refiere a la magnitud que indica el flujo de luz en una dirección específica, por unidad de área proyectada de la superficie radiante sobre el plano que es perpendicular a la dirección de radiación y por unidad de ángulo sólido (Real Academia Española, 2014, definición 1).

En síntesis, se trata de una métrica clave de iluminación que expresa la cantidad de flujo luminoso emitido por una superficie unitaria.

#### ***g. Calidad lumínica (o calidad de iluminación)***

La calidad lumínica analiza cómo la luz se relaciona con el espacio y las personas que lo ocupan. Este término es definido por varios autores y regulaciones a través de parámetros técnicos (iluminancia, deslumbramiento, temperatura de color y reproducción cromática) que aseguran la salud, el confort visual y la productividad en las áreas habitadas (Herrera, 2007)

#### ***h. Iluminancia***

La iluminancia es la luz incidente sobre la superficie que se mide. Los lúmenes por metro cuadrado o lux (y en el sistema inglés, ft/cd) son sus medidas y; por ende, se mide con luxómetros. La iluminancia es un método que se usa de manera generalizada para determinar la adecuación de la luz en las normas de iluminación (D'onofrio, 2005).

#### ***i. Flujo luminoso***

Es la medida de la potencia luminosa, es decir, la potencia que se percibe en términos de luz. Se distingue de la medida de la potencia total de luz emitida, conocida como flujo radiante, porque esta última no tiene en cuenta que el ojo humano presenta una sensibilidad variable a las distintas longitudes de onda luminosa. En otras palabras, es un flujo radiante (potencia) ponderado fotométricamente.

Bajo el sistema internacional, su unidad es lumen (lm) y este se entiende como el flujo luminoso de energía radiante monocromática, cuyo flujo radiante es de 1/683 W y cuya frecuencia es de  $540 \times 10^{12}$  Hz (aproximadamente igual a una longitud de onda de 555 nm).

Esta magnitud se evalúa de acuerdo con la sensibilidad del ojo humano a las diferentes longitudes de onda del espectro visible, representada mediante la función de eficacia luminosa espectral  $V(\lambda)$ , correspondiente a la visión fotópica (visión en condiciones normales de iluminación) (D'Onofrio, 2005).

### ***j. Luminaria***

La luminaria, anteriormente llamada "accesorio de iluminación", ofrece conexión eléctrica, soporte y protección a la lámpara que contiene en su interior. La capacidad esencial de una luminaria es dirigir la luz mediante el uso de materiales protectores y reflectantes. Asimismo, la luminaria debe operar con seguridad y soportar las circunstancias ambientales en las que probablemente se ubique.

Las luminarias pueden ser además clasificadas de acuerdo con las siguientes categorías: tipo de protección contra la entrada de humedad o polvo, tipo de protección frente a explosiones eléctricas, tipo de protección ante descargas eléctricas y según las propiedades del material donde se puede instalar la luminaria.

También, las luminarias pueden ser del tipo convencional (como la luminaria incandescente, fluorescente u otra luminaria de emisión eléctrica de superficie o empotrada) y no convencional como la de fibra óptica (Laughton & Warne, 2003).

### ***k. Lámpara***

Es un dispositivo para generar luz, inicialmente un contenedor con una mecha empapada en material inflamable y más tarde otros dispositivos de producción de luz como las lámparas eléctricas y de gas. Dependiendo de su tipo, una lámpara genera luz a través de varios procedimientos. Las lámparas incandescentes generan luz calentando un material, como un filamento, a alta temperatura hasta que emite luz.

Las lámparas fluorescentes generan luz visible al emitir radiación ultravioleta, la que ioniza un gas dentro de un tubo mediante una descarga eléctrica y excita un recubrimiento de fósforo. Las lámparas de descarga eléctrica están conformadas por un contenedor transparente repleto de gas que emite luz cuando se le aplica voltaje. Las lámparas LED emplean un diodo

semiconductor en el cual los electrones se fusionan con los huecos, lo que genera fotones y libera energía (Hernández, 2023).

### ***I. Lámpara vapor de sodio***

Las lámparas de vapor de sodio son una de las fuentes de luz más eficaces, porque producen más lúmenes por cada Watt y donde la luz que despiden es de un tono amarillo radiante.

El foco de vapor de sodio está formado por un tubo de cerámica translúcida para resistir las altas temperaturas y la fuerte corrosión del sodio. En los extremos tiene dos electrodos que proporcionan el voltaje eléctrico requerido para encender el vapor de sodio.

Para poner en marcha estas lámparas, se requieren uno o dos condensadores y un balastro para encenderlas. Para encenderse, necesita aproximadamente entre 9 y 10 minutos, mientras que, para reencenderse, requiere entre 4 y 5 minutos.

El tiempo de vida útil de estas lámparas es de aproximadamente 24 mil horas. Se utiliza sobre todo para iluminar autopistas, calles, grandes avenidas, parques y sitios donde la reproducción del color no sea un aspecto relevante (Castillo, 2020).



**Figura 2 Lámpara de vapor de sodio.**

Fuente. Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.

Asimismo, en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Huaraz se usan 2 tipos de luminarias: luminaria de la marca Josfel - tanto modelo Astro como Eco y Pallqa - (véase Figura 3, 4 y 5) y las luminarias de la marca Celsa-modelo Zeus- (véase Figura 6).



**Figura 3 Luminaria de la marca Josfel (modelo Astro).**

Fuente. Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.



**Figura 4 Luminaria de la marca Josfel (modelo Eco).**

Fuente. Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.



*Figura 5* **Luminaria de la marca Josfel (modelo Pallqa).**

Fuente. Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.



*Figura 6* **Luminaria de la marca Celsa (modelo Zeus).**

Fuente Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.

### ***m. Luminaria LED***

También denominado diodos, estos dispositivos son semiconductores unidireccionales. Los electrones libres de la capa N se desplazan por el diodo y se fusionan con los agujeros vacíos de la capa P cuando circula corriente a través de ellos. Esto supone una reducción de la banda de conducción a un orbital inferior, lo que provoca que los electrones emitan energía en forma de fotones. El color de la luz está determinado por el tamaño del salto de banda. Para que un LED emita luz blanca, se emplea una fina capa de fósforo sobre un LED azul. Y para generar color, es necesario controlar químicamente la composición de la capa de fósforo.

Se encuentra una gran variedad de blancos que va desde los 2700K hasta los 5300K. Adicionalmente, su Ra supera los 90 y su eficacia está entre 50 y 90 lm/W. En este momento, en laboratorio se logra una eficacia de 130 lm/W; sin embargo, al interior de la luminaria y bajo condiciones operativas es difícil bajar de 100 lm/W (Castillo, 2020).

La luminaria LED es un sistema de iluminación que tiene como objetivo brindar una alta eficacia energética, versatilidad en su uso y calidad lumínica en áreas industriales, interiores y exteriores.

De acuerdo con los catálogos analizados, estas luminarias se distinguen por presentar una extensa variedad de flujos luminosos y potencias, una disminución del uso de energía en comparación con las tecnologías tradicionales, una vida útil prolongada (llegando hasta 70.000 horas en ciertos modelos), un nivel mínimo de parpadeo (low flicker), alternativas de control inteligente a través de protocolos como Zigbee y DALI, y la sencillez de su instalación debido a sistemas simplificados de conexión. Asimismo, incluyen varios grados de protección mecánica y ambiental (IK07–IK09 e IP54–IP66), lo cual posibilita que se utilicen en zonas comerciales, almacenes, aparcamientos, industria pesada y oficinas.

Determinadas versiones pueden incluir la regulación de temperatura de color, control de deslumbramiento ( $UGR < 19$ ) y compatibilidad con sistemas de gestión de iluminación para mejorar el confort visual, la eficiencia operativa y la sostenibilidad del entorno iluminado (Ledvance, 2021).

Los LEDs de alta luminosidad son usados hoy en día; son más complejos porque incluyen componentes para disipar el calor, lo que permite tolerar corrientes más altas y así ofrecer un mayor flujo de luz.

Los LEDs están diseñados para operar con corrientes específicas, a diferencia de las lámparas, que están hechas para funcionar con una tensión específica.

Para asegurar un funcionamiento adecuado, los diodos se alimentan mediante una fuente de corriente continua que funciona a través de una resistencia en serie, la cual tiene como objetivo limitar y regular la corriente, véase Figura 7.

Los LEDs se alimentan con fuentes de alimentación, las cuales son dependientes de la configuración del foco y requieren corriente continua para garantizar y regular la corriente que los atraviesa (Castillo, 2020). Véase en la Figura 8 una luminaria LED utilizada en postes y vías urbanas.

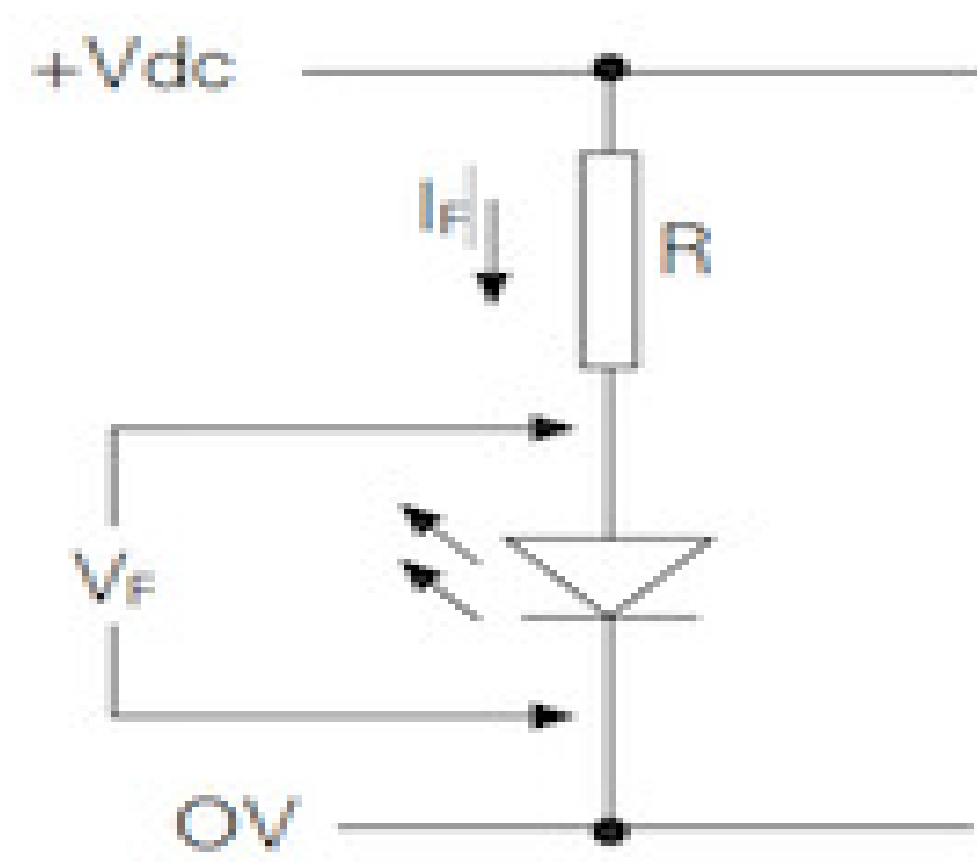


**Figura 7 Esquema de conexión de un LED.**

Fuente. Obtenido de Castillo (2020).



**Figura 8 Luminaria LED (marca Philips).**

Fuente. Elaboración propia a partir del registro fotográfico realizado durante la recopilación de información técnica.

### **3.5 Procedimiento**

El procedimiento desarrollado para la implementación de luminarias LED en el sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179 comprendió una serie de actividades que apuntan a examinar la situación del sistema ya existente, ejecutar el reemplazo de las luminarias tradicionales por las del tipo LED y estudiar la viabilidad económica de la modernización del sistema. Ante lo cual, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

#### **3.5.1 Recopilación de información técnica**

Se compiló información técnica referente al sistema de alumbrado público SED AS3179; tales como, registros de inventario de luminarias, reportes de consumo energético, los cuales fueron suministrados por la empresa concesionaria.

Asimismo, se realizó un levantamiento técnico en campo para identificar las estructuras de soporte donde se encuentran montadas las luminarias existentes.

El sistema de alumbrado público asociado con la SED AS3179 ofrece cobertura a varias áreas urbanas situadas en el área de Palmira, iluminando así las calles y los espacios públicos. Su funcionamiento ayuda a optimizar la movilidad de los peatones y los vehículos durante las horas nocturnas, al mismo tiempo que mejora las condiciones de visibilidad y seguridad para quienes lo utilizan. Inicialmente, la infraestructura de iluminación estuvo conformada en su mayoría por luminarias de vapor de sodio a alta presión con una potencia nominal de 70 W.

Todos los equipos mencionados están ubicados sobre postes de concreto; distribuidos a lo largo de todas las calles, dependiendo de las características constructivas y la disponibilidad del soporte que haya en cada zona. A modo de resumen, se muestra la Tabla 4.

**Tabla 4 Características generales del sistema de la SED AS3179**

| Ítem | Característica              | Detalle          |
|------|-----------------------------|------------------|
| 1    | Subestación de alimentación | SED AS3179       |
| 2    | Ubicación                   | Palmira – Huaraz |
| 3    | Número total de luminarias  | 34               |
| 4    | Tecnología actual           | Vapor de sodio   |
| 5    | Potencia unitaria           | 70 W             |
| 6    | Tipo de montaje             | Brazo en poste   |
| 7    | Operación estimada          | Nocturna diaria  |

*Fuente.* Elaboración propia

La información obtenida permitió establecer la base técnica del sistema previo al proceso de modernización mediante tecnología LED y sirvió como referencia para la comparación posterior de desempeño energético. Asimismo, se calculó el consumo energético total y promedio del sistema inicial durante los meses de enero a diciembre como punto de referencia para análisis técnicos, comparaciones en términos de eficiencia energética y previsiones sobre costos operativos.

### ***3.5.2 Diagnóstico del sistema de alumbrado público existente***

El diagnóstico del sistema inicial se llevó a cabo después de la recolección de información, para así conocer cómo estaba funcionando antes del cambio tecnológico.

Para ello, se creó un inventario de las luminarias existentes, en el que se identificó la cantidad instalada, la tecnología utilizada, la potencia nominal, el estado operativo y cómo estaban distribuidas por circuitos.

Después, se determinó la demanda energética de las luminarias de vapor de sodio que ya existían a través del análisis de los registros históricos de consumo eléctrico.

También, se corroboraron las condiciones lumínicas del sistema de iluminación inicial tomando en cuenta parámetros como la calidad de iluminación y los niveles de iluminancia, con base en la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución.

### ***3.5.3 Selección técnica de luminarias LED***

Se llevó a cabo el proceso de elegir la alternativa tecnológica de reemplazo basándose en el diagnóstico hecho. Se examinaron, con ese fin, las fichas técnicas y las especificaciones comerciales de las luminarias LED para

alumbrado público que se encuentran disponibles para situaciones de operación parecidas a las del sistema evaluado.

La selección tuvo en cuenta criterios técnicos vinculados a la durabilidad, eficacia luminosa, capacidad de operación en exteriores, potencia nominal, resistencia mecánica, nivel de protección contra el ingreso de agua y polvo, compatibilidad con el sistema de montaje actual y flujo luminoso.

El modelo de luminaria que mostró ser más compatible con las necesidades operativas del sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179 fue el que se eligió tras realizar un análisis comparativo, el cual corresponde al modelo BRP230, véase la ficha técnica correspondiente en Anexo B.

#### ***3.5.4 Implementación del reemplazo***

Esta implementación consistió en reemplazar las lámparas tradicionales de vapor de sodio por otras con tecnología LED, haciéndolo de manera gradual.

El personal técnico especializado llevó a cabo las actividades empleando una unidad móvil con un brazo hidráulico tipo canastilla para realizar intervenciones seguras a gran altura.

Se realizó, al principio, una revisión visual de cada punto de iluminación para comprobar cómo estaban las estructuras de soporte y si resultaban accesibles, luego, se desmontaron las luminarias ya presentes y se separaron sus componentes eléctricos conectados.

Por último, se realizó la conexión eléctrica e instalación mecánica de las nuevas lámparas LED, siguiendo criterios previamente establecidos sobre orientación, altura y fijación.

Después de terminar la instalación, se realizaron verificaciones operativas para asegurar que el sistema implementado funcionara correctamente. En el anexo E y F se pueden ver las fotografías que sustentan estas actividades.

### ***3.5.5 Comparación del consumo energético de los sistemas***

Después de implementar el sistema LED, se llevó a cabo un análisis comparativo para evaluar cómo el cambio tecnológico cambió la eficiencia energética del alumbrado público.

Para ello, se examinaron los registros de consumo de energía recopilados para los dos escenarios operativos y se estimó la fluctuación del uso eléctrico del sistema a través de indicadores de ahorro energético. Además, se realizaron nuevas mediciones fotométricas en los mismos lugares que fueron evaluados al principio, tomando en cuenta la uniformidad de la iluminación y la iluminancia media.

Al comparar los dos escenarios, se pudieron determinar las diferencias en cuanto a la eficiencia energética y la calidad lumínica que se produjeron al introducir luminarias LED.

### ***3.5.6 Evaluación de la modernización del alumbrado público***

Por último, se realizó un análisis financiero y económico con el objetivo de establecer si es conveniente continuar con la tecnología implementada. Los costos de operación vinculados con el consumo energético del sistema convencional y el sistema LED se compararon en la evaluación económica, empleando tanto tarifas eléctricas de referencia aplicables al servicio de alumbrado público como registros históricos.

Después, para la evaluación financiera se tomó en cuenta la inversión inicial necesaria para comprar e instalar las luminarias LED, además de los ahorros derivados de un menor consumo eléctrico y una reducción en las tareas de mantenimiento a lo largo del plazo temporal establecido.

Cabe mencionar que, para la evaluación económica se adoptó una tarifa eléctrica referencial de S/ 0.4553 por kWh debido a que este valor corresponde al pliego tarifario aplicable al servicio de alumbrado público de

Hidrandina para el mes de abril del 2026, tal como se observa en el Anexo G, y constituye un parámetro técnico representativo para estimar el costo real de operación del sistema analizado.

Asimismo, las actividades de mantenimiento realizadas a las luminarias comprenden la limpieza de las mismas, el cambio del difusor en mal estado (en caso corresponda), entre otras que se detallan en el documento interno AP-011, véase Figura 9.

También, el costo de mantenimiento por luminaria se recogió del AP-011 considerándose los componentes de mano de obra, materiales y equipos, según como se visualiza en la Figura 10. Esta actividad consiste en inspeccionar, limpiar, ajustar, proteger y verificar el correcto funcionamiento de una luminaria, utilizando equipos adecuados y registrando la intervención realizada.

| ACTIVIDAD:                                          | ML- MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AP-011:</b>                                      | <b><u>Mantenimiento de Luminarias en Campo (Luminaria)</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b><u>Comprende:</u></b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la luminaria: lavado y limpieza de parte exterior(carcasa)</li> <li>• Limpieza y/o cambio de difusor en mal estado.</li> <li>• Instalación de protectores contra aves de paso si correspondiera.</li> <li>• Orientación de luminaria a su posición adecuada Limpieza y ajuste de conexiones y empalmes a la red de alimentación.</li> <li>• Protección de pernos con grasa en zonas de alta corrosión</li> <li>• Verificación de operatividad de la luminaria.</li> <li>• Los trabajos se realizarán con unidad móvil con brazo telescópico.</li> <li>• Traslado de los materiales retirados al almacén de distribuidora</li> <li>• En lugares inaccesibles se permitirá el uso de escaleras telescópicas de fibra de vidrio, previa inspección del estado de la estructura.</li> <li>• Descargo en el sistema de la denuncia o deficiencia atendida, dentro del plazo estipulado por la norma.</li> </ul> |
| <b><u>Materiales a cargo de la contratista:</u></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trapo y artículos de limpieza.</li> </ul> <p data-bbox="387 1834 1038 1870">Nota: Los trabajos se ejecutarán con unidades telescópicas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Figura 9 Detalle de las actividades del mantenimiento de luminarias.**

Fuente. Obtenido de los registros internos de la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C.

|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------|-------------------------------------|-------------------|----------|-----------|-----------|
| TAREA      Mantenimiento de Luminarias en Campo                                                                                                               |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
| COD:      AP-011                                                                                                                                              |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
| ESPECIFICACIONES:                                                                                                                                             |                                      |      |      | minutos                             | Tiempo Total      |          |           |           |
| 1.- Traslado                                                                                                                                                  |                                      |      |      | 4.800                               | 17.800 min        |          |           |           |
| 2.- Mantenimiento integral de la UAP, incluye (Revisión, limpieza, reajustes, corrección de orientación, reemplazo de difusor y verificación de operatividad) |                                      |      |      | 13.000                              | 0.297 hrs         |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | Jornada hrs       |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | 480 min           |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | RENDIMIENTO:      |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | 27 Luminarias/Día |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | UNIDAD:           |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     | Luminarias        |          |           |           |
| Tiempo total en minutos:                                                                                                                                      |                                      |      |      | 17.800                              |                   |          |           |           |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                   |                                      |      |      | METRADO                             |                   | COSTOS   |           | Sub total |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Unid.                               | Cantidad          | Unitario | Parcial   |           |
| MATERIALES                                                                                                                                                    |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
| ME165                                                                                                                                                         | Trapo Industrial AP                  | 1    | und  | 0.333                               | 10.000            | 3.333    | 3.33      |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     |                   | 0.000    |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     |                   | 0.000    |           |           |
| MANO DE OBRA                                                                                                                                                  |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
| RH002                                                                                                                                                         | Supervisor                           | 0.1  | H.H. | 0.030                               | 21.335            | 0.633    | 8.86      |           |
| RH003                                                                                                                                                         | Jefe de Cuadrilla                    | 0.25 | H.H. | 0.074                               | 13.411            | 0.995    |           |           |
| RH006                                                                                                                                                         | Liniero/Técnico                      | 1    | H.H. | 0.297                               | 13.411            | 3.979    |           |           |
| RH007                                                                                                                                                         | Ayudante                             | 1    | H.H. | 0.297                               | 10.973            | 3.255    |           |           |
| HERRAMIENTAS Y EQUIPOS                                                                                                                                        |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
| ME117                                                                                                                                                         | Camión con Brazo Hidráulico de 2 Tn. | 1    | H.M. | 0.297                               | 120               | 35.600   | 36.49     |           |
|                                                                                                                                                               | Herramientas Varias                  | 1    | %    | 5.000                               | 8.861             | 0.443    |           |           |
|                                                                                                                                                               | Equipos de Seguridad                 | 1    | %    | 5.000                               | 8.861             | 0.443    |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      |                                     |                   |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Costo Directo                       |                   |          | 48.68     |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Gastos Generales y Utilidades (20%) |                   |          | 9.74      |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Sub total                           |                   |          | 58.42     |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Gastos Financieros                  |                   |          |           |           |
|                                                                                                                                                               |                                      |      |      | Total                               |                   |          | S/. 58.42 |           |

*Figura 10 Costo de mantenimiento de luminaria en campo.*

Fuente. Obtenido de los registros internos de la empresa Pacífico Sur Ingeniería y Servicios S.A.C.

### 3.6 Resultado de la actividad

#### 3.6.1 Estado inicial del sistema SED AS3179

Como resultado del levantamiento técnico efectuado en campo y la revisión de inventario sobre el sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED

AS3179, se identificó la configuración inicial del sistema previo a la implementación de luminarias LED.

Para ello, se registró la cantidad de luminarias instaladas, la potencia nominal, la tecnología empleada y la condición operativa de cada punto de iluminación.

**Tabla 5 Luminarias existentes en el circuito A de la SED AS3179**

| Ítem | Código de Poste | Tipo de Luminaria | Potencia (W) | Estado    |
|------|-----------------|-------------------|--------------|-----------|
| 1    | 4039274         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 2    | 4039278         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 3    | 4039273         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 4    | AS3179          | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 5    | 4039275         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 6    | 4039276         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 7    | 4039277         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 8    | 4081127         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 9    | 4081128         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 10   | 4081129         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 11   | 4081130         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 12   | 4081131         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 13   | 4081132         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 14   | 4081133         | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |

Fuente. Obtenido a partir del software Smallworld

La Tabla 5 presenta el inventario técnico del circuito A del sistema de alumbrado público SED AS3179 antes de la implementación de luminarias LED. Se identificaron 14 puntos de luz, todos equipados con luminarias de vapor de sodio de alta presión de 70 W de potencia nominal.

Asimismo, la inspección realizada evidenció que la totalidad de las luminarias se encontraba en estado operativo, constituyendo la línea base del sistema antes de su modernización tecnológica.

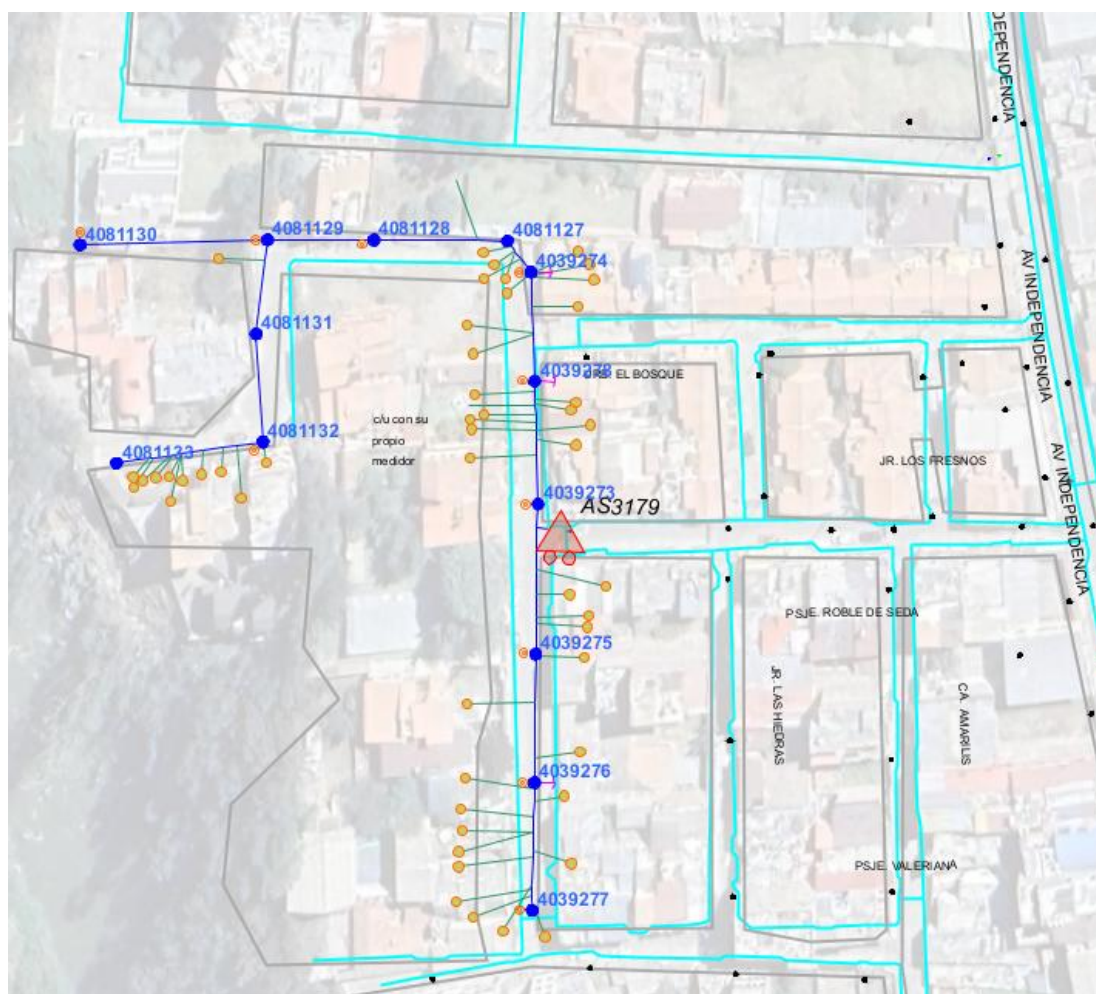


**Figura 11 Topología del Circuito A de la SED AS3179.**

Fuente. Obtenido a partir del software Smallworld.

De manera complementaria, se representó gráficamente la configuración espacial del circuito A del sistema de alumbrado público SED AS3179. Esta representación permitió identificar la distribución de los puntos de iluminación,

la ubicación de las estructuras de soporte y el recorrido operativo del circuito previo a la implementación de luminarias LED.

Según Figura 11, las luminarias del circuito A se distribuyen a lo largo de las vías urbanas del sector Palmira bajo, una disposición lineal asociada al trazado vial existente.

**Tabla 6 Luminarias existentes en el circuito B de la SED AS3179**

| Ítem | Código de Poste | Cantidad | Tipo de Luminaria | Potencia (W) | Estado    |
|------|-----------------|----------|-------------------|--------------|-----------|
| 1    | 4039279         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 2    | 4039281         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 3    | 4039282         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 4    | 4039285         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 5    | 4107952         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 6    | 4039284         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 7    | 4107953         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 8    | 4107954         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 9    | 4107955         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 10   | 4107956         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 11   | 4107957         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 12   | 4107958         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 13   | 4107959         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 14   | 4107960         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 15   | 4107961         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 16   | 4107962         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |
| 17   | 4107963         | 1        | Vapor de sodio    | 70           | Operativo |

|    |         |   |                |    |           |
|----|---------|---|----------------|----|-----------|
| 18 | 4107964 | 1 | Vapor de sodio | 70 | Operativo |
| 19 | 4107337 | 1 | Vapor de sodio | 70 | Operativo |
| 20 | 4107336 | 1 | Vapor de sodio | 70 | Operativo |

*Fuente.* Obtenido a partir del software Smallworld

La Tabla 6 revela el inventario técnico del circuito B del sistema de alumbrado público SED AS3179, previo a la puesta en marcha de las lámparas LED. Se identificaron 20 puntos de luz con luminarias de vapor de sodio de 70 W; todos en estado operativo. También, de acuerdo con la Figura 12, se evidencia una distribución de las luminarias que se ajusta al trazado vial de la zona de Palmira, fundamentalmente ubicadas en ejes longitudinales y ramificaciones internas, lo que facilita la identificación del alcance del circuito y el estado inicial del sistema antes de la instalación de las luminarias LED.

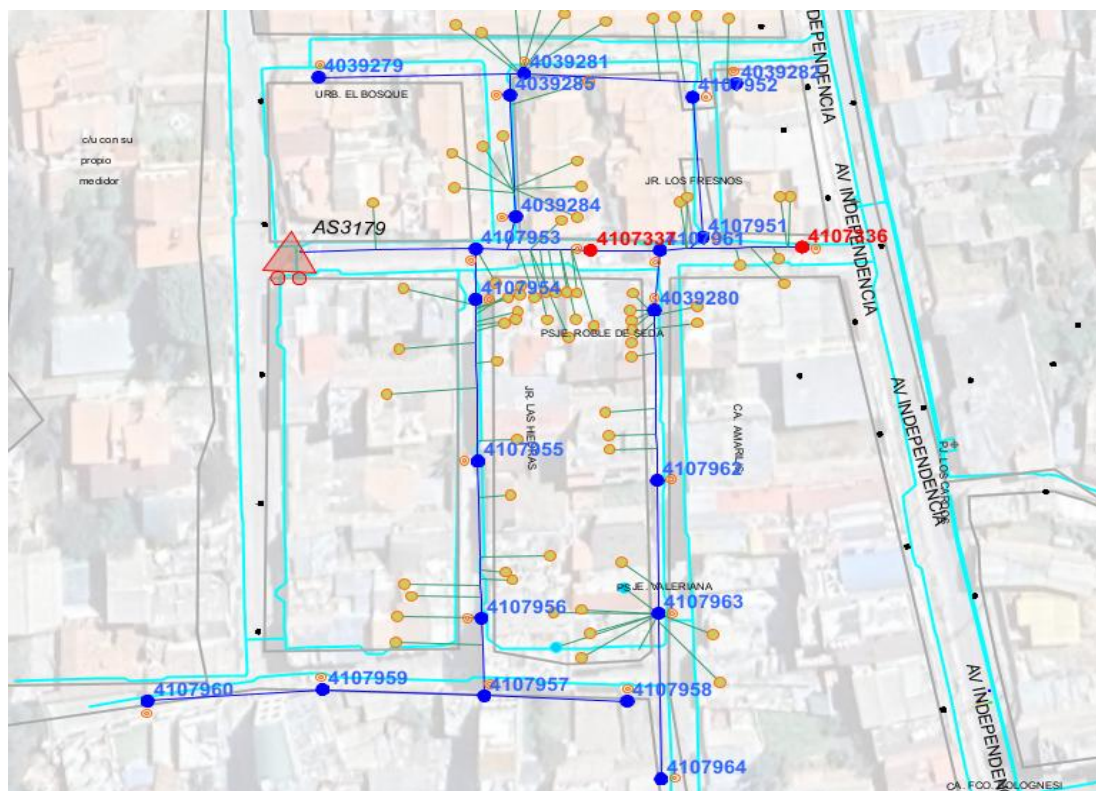


**Figura 12 Topología del Circuito B de la SED AS3179.**

*Fuente.* Obtenido a partir del software Smallworld.

En líneas generales, se cuenta con 34 luminarias como línea base y el circuito muestra la preponderancia de una sola tecnología de iluminación, lo que representa un punto de referencia para un análisis comparativo posterior con respecto al sistema modernizado. Las luminarias de vapor de sodio estuvieron instaladas desde enero del año 2024 hasta el mes de diciembre del año 2024.

Como parte de la evaluación técnica del sistema existente, se consideraron las características operativas de las luminarias de vapor de sodio a alta presión (VSAP) de 70 W instaladas en el sistema de alumbrado público SED AS3179. Para ello, se emplearon como referencia parámetros técnicos asociados a la potencia nominal, flujo luminoso, eficacia luminosa, vida útil y características de funcionamiento, véase resumen en la Tabla 8. Para mayor detalle sobre la ficha técnica de vapor de sodio consultar el Anexo A.

**Tabla 7. Características técnicas de luminarias de VSAP**

| Parámetro                              | Valor referencial |
|----------------------------------------|-------------------|
| Potencia nominal                       | 70 W              |
| Flujo luminoso inicial                 | 5,800 – 6,600 lm  |
| Eficacia luminosa                      | 83 – 94 lm/W      |
| Vida útil promedio                     | 16,000 – 24,000 h |
| Índice de reproducción cromática (IRC) | Bajo              |
| Tiempo de encendido                    | Lento             |
| Temperatura de color                   | Amarillo cálido   |

*Fuente.* Elaboración propia.

Por último, se obtuvo el consumo energético total acumulado por el sistema a lo largo de los doce meses evaluados, el cual ascendió a 7646.2 kWh. De manera similar, al dividir este valor entre los meses del año, se llegó a un consumo promedio de 637.18 kWh/mes, véase Tabla 8.

Este resultado se consolida como la línea base energética empleada para comparar el desempeño del sistema modernizado mediante tecnología LED.

**Tabla 8 Consumo energético, SED AS3179, enero a diciembre 2024**

| <b>Mes</b>      | <b>Consumo energético (kWh)</b> |
|-----------------|---------------------------------|
| Enero           | 643                             |
| Febrero         | 644                             |
| Marzo           | 645                             |
| Abril           | 646                             |
| Mayo            | 646                             |
| Junio           | 648                             |
| Julio           | 625                             |
| Agosto          | 626                             |
| Septiembre      | 624                             |
| Octubre         | 635                             |
| Noviembre       | 630                             |
| Diciembre       | 634.2                           |
| <b>Total</b>    | <b>7646.2</b>                   |
| <b>Promedio</b> | <b>637.18</b>                   |

*Fuente.* Obtenido a partir del software Smallworld

Finalmente, según ficha técnica SON T- Plus (revisar Anexo A para mayor detalle) para las luminarias de vapor de sodio (VSAP) se reporta una vida útil promedio de la lámpara equivalente a 32 000 horas.

Considerando una operación promedio de 12 horas/día y la cantidad de 365 días al año, es decir de 4380 horas al año, la vida útil de la luminaria de VSAP (70W) en años equivale a 7.31 años, es decir, aproximadamente 7 años.

### **3.6.2 Implementación de luminarias LED**

Para la implementación de luminarias LED se realizó primero un análisis técnico de las opciones disponibles de luminarias LED para alumbrado urbano. Se tomaron en cuenta criterios relacionados con la eficiencia energética, la compatibilidad con la infraestructura actual y las condiciones operativas del sector Palmira - SED AS3179.

En este sentido, se tuvo como criterios principales a los siguientes: eficiencia luminosa, vida útil, potencia instalada, nivel de protección eléctrica y mecánica, compatibilidad con el sistema de montaje existente, capacidad de operación bajo condiciones ambientales exteriores y posibilidad de incorporación de tecnologías de control. Como resultado de lo anterior, se seleccionó una luminaria LED modelo BRP230 – EssentialForce con 100,000 horas de tiempo de vida debido a que presentó características compatibles con los requerimientos operativos del sistema intervenido. Según su ficha técnica (véase Anexo B), la alta eficacia luminosa ( $>140 \text{ lm/W}$ ) permite obtener mayor flujo luminoso con menor demanda eléctrica y contribuyendo así a la reducción del consumo energético del sistema. Asimismo, la potencia nominal de 51,8 W y flujo luminoso de salida de 7294 lm permite mantener niveles adecuados de iluminación con una menor carga instalada.

Además, la protección IP66 frente al ingreso de polvo y agua y resistencia mecánica IK08 frente a impactos externos lo hace adecuado para la operación del alumbrado público analizado.

Posteriormente, se realizó el reemplazo progresivo por el periodo de 1 mes de las luminarias de vapor de sodio de alta presión por luminarias con tecnología LED. Las actividades fueron ejecutadas por personal técnico especializado utilizando una unidad móvil con brazo hidráulico tipo canastilla, lo cual permitió

realizar intervenciones seguras en altura y garantizar el acceso a los puntos de alumbrado instalados sobre postes de distribución. Inicialmente, se efectuó la inspección visual de cada punto de iluminación con el propósito de verificar las condiciones físicas de las estructuras de soporte, el estado operativo de los conductores eléctricos y la accesibilidad para la intervención. Posteriormente, se realizó el retiro de las luminarias de vapor de sodio existentes, incluyendo la desconexión de accesorios asociados al sistema de alimentación.

Una vez desmontados los equipos convencionales, se procedió con la instalación mecánica y conexión eléctrica de las luminarias LED respetando las condiciones de altura, orientación y fijación previamente establecidas, véase los registros fotográficos del proceso de intervención en Anexo E.

Complementariamente, la ficha reporta vida útil del sistema de luminaria bajo criterio L70B10 igual a 100 000 horas a 25°C. Para el cálculo de la vida útil en años, se considera una operación promedio de 12 horas/día y la cantidad de 365 días al año, es decir de 4380 horas al año. Por lo que, la vida útil de la luminaria LED (EssentialForce 52 W) en años equivale a 22.83 años, es decir, aproximadamente 23 años.

### ***3.6.3 Variación entre luminaria LED y vapor de sodio***

Para el logro del objetivo específico N°2 del presente estudio, se desarrolló una evaluación comparativa del consumo eléctrico entre el sistema convencional equipado con luminarias de vapor de sodio de alta presión (VSAP) y el sistema actualizado con tecnología LED. Cabe precisar que el sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179 operó con luminarias de vapor de sodio durante el periodo comprendido entre enero y diciembre de 2024. Posteriormente, en enero de 2025 se ejecutó el retiro de dichas luminarias y se realizó la implementación de luminarias tipo LED, las cuales permanecen actualmente en operación. No obstante, para efectos comparativos del presente estudio, el periodo de evaluación de la tecnología LED comprendió desde enero 2025 hasta diciembre de 2025.

Asimismo, el análisis comparativo del consumo energético permitió identificar la variación en la demanda eléctrica del sistema de alumbrado público antes y después de la implementación tecnológica. Como se visualiza en la Tabla 9, el sistema basado en luminarias de vapor de sodio registró consumos mensuales entre 624,0 kWh y 648,0 kWh, con un consumo promedio de 637,18 kWh/mes, mientras que, el sistema implementado con luminarias LED presentó consumos entre 341,6 kWh y 360,0 kWh, alcanzando un promedio de 352,55 kWh/mes. Es decir, se consiguió una reducción promedio del consumo energético de 284,63 kWh mensuales.

**Tabla 9 Comparación del consumo energético mensual**

| <b>Mes</b> | <b>Consumo con<br/>luminarias de vapor<br/>de sodio<br/>(kWh)</b> | <b>Consumo<br/>con<br/>luminarias<br/>LED<br/>(kWh)</b> | <b>Reducción de<br/>consumo<br/>(kWh)</b> |
|------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Enero      | 643                                                               | 360                                                     | 283                                       |
| Febrero    | 644                                                               | 350                                                     | 294                                       |
| Marzo      | 645                                                               | 355                                                     | 290                                       |
| Abril      | 646                                                               | 352                                                     | 294                                       |
| Mayo       | 646                                                               | 354                                                     | 292                                       |
| Junio      | 648                                                               | 351                                                     | 297                                       |
| Julio      | 625                                                               | 355                                                     | 270                                       |
| Agosto     | 626                                                               | 354                                                     | 272                                       |
| Septiembre | 624                                                               | 350                                                     | 274                                       |
| Octubre    | 635                                                               | 353                                                     | 282                                       |
| Noviembre  | 630                                                               | 341.6                                                   | 288.4                                     |

|                 |               |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Diciembre       | 634.2         | 355           | 279.2         |
| <b>Total</b>    | <b>7646.2</b> | <b>4230.6</b> | <b>3415.6</b> |
| <b>Promedio</b> | <b>637.18</b> | <b>352.55</b> | <b>284.63</b> |

*Fuente.* Elaboración propia a partir de los registros de consumo eléctrico

Por otra parte, la determinación del ahorro energético permitió cuantificar la variación de la demanda eléctrica del sistema modernizado y evaluar el efecto asociado a la reducción de potencia instalada producto del reemplazo tecnológico. Para ello, se empleó la siguiente expresión:

$$\%Ahorro = \frac{Consumo_{VP} - Consumo_{LED}}{Consumo_{VP}} \times 100$$

Sustituyendo los valores promedio obtenidos

$$\%Ahorro = \frac{637.18 - 352.55}{637.18} \times 100$$

$$\%Ahorro = 44.67\%$$

En tal sentido, la implementación de luminarias con tecnología LED permitió reducir el consumo energético promedio del sistema de 637,18 kWh/mes a 352,55 kWh/mes, alcanzando una disminución promedio de 284,63 kWh mensuales, equivalente al 44,67 % de ahorro energético respecto al sistema inicial.

Evidentemente, esta reducción refleja una mejora en la eficiencia energética del sistema de alumbrado público evaluado, asociada principalmente a la disminución de la potencia eléctrica requerida para la operación del sistema luego del reemplazo de luminarias. Ahora, con respecto a la calidad lumínica del sistema inicial (VSAP) se realizaron mediciones de iluminancia y uniformidad sobre los diferentes vanos del sistema inicial SED AS3179. Para

ello, se evaluaron parámetros asociados al nivel de iluminación en calzada y vereda, así como las condiciones geométricas de instalación, véase detalle en la Tabla 10. Los resultados obtenidos muestran que las longitudes de vano oscilaron entre 20,50 m y 33,50 m, mientras que las alturas de instalación se mantuvieron en un rango de 7,10 m a 7,60 m, evidenciando una configuración geométrica relativamente homogénea del sistema.

En cuanto a los niveles de iluminancia media en calzada, estos registraron valores entre 1,86 lx y 8,23 lx, y la uniformidad de iluminancia presentó variaciones entre 0,04 y 0,78, reflejando diferencias en la distribución lumínica entre los sectores evaluados.

Estos resultados permitieron caracterizar las condiciones iniciales de operación del sistema de alumbrado público y establecer la línea base para la posterior comparación con el sistema implementado mediante tecnología LED.

**Tabla 10 Reporte Mensual de Mediciones de Calidad del VSAP**

| Punto inicial de vano (estructura) | Punto final de vano (estructura) | Longitud del vano medido (m) | Iluminancia Media en la calzada (Lux) | Uniformidad Media de la Iluminancia | Iluminancia Media en la vereda (Lux) | Altura de poste (m) |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 4081130                            | 4081129                          | 33,50                        | 2,21                                  | 0,07                                | 0,60                                 | 7,10                |
| 4081129                            | 4081131                          | 32,00                        | 4,65                                  | 0,41                                | 4,26                                 | 7,25                |
| 4081131                            | 4081132                          | 28,00                        | 4,81                                  | 0,31                                | 4,71                                 | 7,40                |
| 4081132                            | 4081133                          | 32,50                        | 5,86                                  | 0,39                                | 9,65                                 | 7,25                |
| 4081129                            | 4081128                          | 29,50                        | 3,92                                  | 0,43                                | 3,78                                 | 7,35                |
| 4081128                            | 4081127                          | 27,00                        | 4,13                                  | 0,51                                | 4,23                                 | 7,24                |
| 4081127                            | 4039274                          | 28,50                        | 5,87                                  | 0,55                                | 5,27                                 | 7,26                |
| 4039274                            | 4039278                          | 29,60                        | 6,98                                  | 0,29                                | 11,57                                | 7,28                |
| 4039278                            | 4039273                          | 32,00                        | 5,58                                  | 0,34                                | 5,47                                 | 7,50                |
| 4039273                            | 4039275                          | 31,00                        | 1,86                                  | 0,08                                | 2,02                                 | 7,40                |
| 4039275                            | 4039276                          | 27,50                        | 6,25                                  | 0,46                                | 6,93                                 | 7,50                |

|         |         |       |      |      |      |      |
|---------|---------|-------|------|------|------|------|
| 4039276 | 4039277 | 25,70 | 5,54 | 0,49 | 6,81 | 7,20 |
| 4107953 | 4107954 | 29,00 | 8,23 | 0,55 | 7,86 | 7,60 |
| 4107954 | 4107955 | 27,00 | 6,71 | 0,31 | 6,96 | 7,54 |
| 4107955 | 4107956 | 28,40 | 7,11 | 0,77 | 7,47 | 7,25 |
| 4107956 | 4107957 | 30,50 | 7,99 | 0,40 | 7,61 | 7,35 |
| 4107961 | 4039280 | 29,40 | 2,04 | 0,11 | 6,14 | 7,34 |
| 4039280 | 4107962 | 32,40 | 6,01 | 0,53 | 5,97 | 7,25 |
| 4107962 | 4107963 | 25,60 | 5,89 | 0,59 | 6,10 | 7,30 |
| 4107963 | 4107964 | 28,10 | 6,46 | 0,54 | 6,72 | 7,35 |
| 4107960 | 4107959 | 26,70 | 6,23 | 0,50 | 6,07 | 7,50 |
| 4107959 | 4107957 | 23,50 | 5,86 | 0,53 | 5,68 | 7,28 |
| 4107957 | 4107958 | 23,50 | 2,26 | 0,07 | 2,30 | 7,30 |
| AS3179  | 4107953 | 22,70 | 6,11 | 0,47 | 6,28 | 7,40 |
| 4107953 | 4107337 | 27,20 | 5,98 | 0,54 | 6,42 | 7,35 |
| 4107337 | 4107961 | 20,50 | 3,95 | 0,06 | 6,06 | 7,40 |
| 4107961 | 4107336 | 22,60 | 6,55 | 0,29 | 6,94 | 7,50 |
| 4039279 | 4039281 | 21,50 | 3,42 | 0,04 | 2,69 | 7,40 |
| 4039281 | 4039282 | 27,50 | 7,07 | 0,45 | 6,51 | 7,50 |
| 4039284 | 4039285 | 28,50 | 7,43 | 0,61 | 7,45 | 7,40 |
| 4107951 | 4107952 | 29,20 | 8,11 | 0,78 | 7,37 | 7,50 |

*Fuente.* Elaboración propia

Por otro lado, para la evaluación del desempeño del sistema de iluminación pública tras la puesta en marcha de las luminarias LED se realizaron mediciones fotométricas en los diferentes vanos del sistema SED AS3179 con el propósito de determinar las condiciones de iluminación alcanzadas bajo la nueva configuración tecnológica.

Los resultados que se visualizan en la Tabla 11 muestran que las longitudes de vano se mantuvieron entre 20,50 m y 33,50 m, mientras que las alturas de instalación conservaron valores entre 7,10 m y 7,60 m, manteniéndose condiciones geométricas similares respecto al sistema original.

Adicionalmente, la iluminancia media en calzada registró valores entre 16,77 lux y 116,08 lux, mientras que la iluminancia media en vereda presentó valores entre 17,56 lux y 95,27 lux. En cuanto a la uniformidad de iluminancia, se obtuvieron valores comprendidos entre 0,17 y 0,68.

**Tabla 11 Reporte Mensual de Mediciones de Calidad del LED**

| Punto inicial del vano (estructura) | Punto Final del vano (estructura) | Longitud del vano medido (m) | Iluminancia Media en la calzada (Lux) | Uniformidad Media de la Iluminancia | Iluminancia Media en la Vereda (Lux) | Altura de poste (m) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 4081130                             | 4081129                           | 33,50                        | 36,74                                 | 0,41                                | 34,52                                | 7,10                |
| 4081129                             | 4081131                           | 32,00                        | 49,27                                 | 0,68                                | 50,13                                | 7,25                |
| 4081131                             | 4081132                           | 28,00                        | 28,97                                 | 0,26                                | 26,73                                | 7,40                |
| 4081132                             | 4081133                           | 32,50                        | 23,58                                 | 0,30                                | 23,46                                | 7,25                |
| 4081129                             | 4081128                           | 29,50                        | 21,22                                 | 0,26                                | 22,12                                | 7,35                |
| 4081128                             | 4081127                           | 27,00                        | 25,08                                 | 0,26                                | 23,89                                | 7,24                |
| 4081127                             | 4039274                           | 28,50                        | 27,98                                 | 0,26                                | 27,32                                | 7,26                |
| 4039274                             | 4039278                           | 29,60                        | 43,54                                 | 0,35                                | 42,32                                | 7,28                |
| 4039278                             | 4039273                           | 32,00                        | 25,59                                 | 0,22                                | 34,58                                | 7,50                |
| 4039273                             | 4039275                           | 31,00                        | 27,81                                 | 0,23                                | 25,52                                | 7,40                |
| 4039275                             | 4039276                           | 27,50                        | 28,71                                 | 0,26                                | 25,35                                | 7,50                |
| 4039276                             | 4039277                           | 25,70                        | 45,31                                 | 0,34                                | 26,48                                | 7,20                |
| 4107953                             | 4107954                           | 29,00                        | 27,73                                 | 0,50                                | 26,88                                | 7,60                |
| 4107954                             | 4107955                           | 27,00                        | 22,05                                 | 0,33                                | 20,69                                | 7,54                |
| 4107955                             | 4107956                           | 28,40                        | 26,61                                 | 0,30                                | 28,19                                | 7,25                |
| 4107956                             | 4107957                           | 30,50                        | 51,31                                 | 0,63                                | 55,93                                | 7,35                |
| 4107961                             | 4039280                           | 29,40                        | 19,52                                 | 0,52                                | 21,36                                | 7,34                |
| 4039280                             | 4107962                           | 32,40                        | 16,77                                 | 0,34                                | 17,75                                | 7,25                |
| 4107962                             | 4107963                           | 25,60                        | 25,81                                 | 0,43                                | 23,53                                | 7,30                |
| 4107963                             | 4107964                           | 28,10                        | 17,71                                 | 0,46                                | 17,56                                | 7,35                |
| 4107960                             | 4107959                           | 26,70                        | 34,42                                 | 0,44                                | 30,31                                | 7,50                |

|         |         |       |        |      |       |      |
|---------|---------|-------|--------|------|-------|------|
| 4107959 | 4107957 | 23,50 | 34,69  | 0,58 | 28,92 | 7,28 |
| 4107957 | 4107958 | 23,50 | 29,42  | 0,39 | 24,84 | 7,30 |
| AS3179  | 4107953 | 22,70 | 30,56  | 0,43 | 30,92 | 7,40 |
| 4107953 | 4107337 | 27,20 | 116,08 | 0,26 | 95,27 | 7,35 |
| 4107337 | 4107961 | 20,50 | 32,00  | 0,43 | 25,78 | 7,40 |
| 4107961 | 4107336 | 22,60 | 25,69  | 0,28 | 20,07 | 7,50 |
| 4039279 | 4039281 | 21,50 | 31,23  | 0,48 | 22,95 | 7,40 |
| 4039281 | 4039282 | 27,50 | 28,50  | 0,33 | 21,95 | 7,50 |
| 4039284 | 4039285 | 28,50 | 26,39  | 0,55 | 26,43 | 7,40 |
| 4107951 | 4107952 | 29,20 | 51,94  | 0,17 | 50,18 | 7,50 |

*Fuente.* Elaboración propia

Por lo tanto, se puede afirmar que hay un aumento en los niveles de iluminación producto de la modernización del alumbrado público alcanzados en comparación con el estado inicial del sistema.

#### 3.6.4 Viabilidad financiera del sistema LED- SED AS3179

Con el fin de cumplir el objetivo específico N°3, se llevó a cabo una comparación económica entre el sistema convencional basado en luminarias de vapor de sodio y el correspondiente a tecnología LED.

La evaluación se realizó utilizando los registros históricos de consumo energético correspondientes a doce meses de operación para cada tecnología y se consideró la tarifa eléctrica de Hidrandina para abril del 2026 ascendiente a S/ 0.4553 por kWh para estimar el costo asociado al consumo de energía, el costo mensual de operación se determinó mediante la siguiente expresión:

$$C_{mensual} = E_{mensual} \times T_e$$

Donde:

$C_{mensual}$  = costo mensual promedio de energía eléctrica (S/)

$E_{mensual}$  = consumo energético mensual promedio (kWh)

$T_e$  = tarifa eléctrica (S/ por kWh)

Haciendo uso del costo promedio, para el sistema convencional con luminarias de vapor de sodio de alta presión el cálculo económico fue el siguiente:

$$C_{VSAP} = 637.18 \times S/.0.4553$$

$$C_{VSAP} = S/.290.11$$

En el caso del sistema modernizado con luminarias LED, se obtuvo:

$$C_{LED} = 352.55 \times S/.0.4553$$

$$C_{LED} = S/.160.52$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, el sistema convencional presenta un costo promedio mensual de operación de S/ 290.11, mientras que el sistema basado en luminarias LED tiene un valor menor de S/ 160.52 mensuales.

Esta diferencia representa un ahorro económico promedio de S/ 129.59 por mes, evidenciando una disminución considerable en el gasto energético asociado al funcionamiento del alumbrado público.

Por lo que se observa, con esta modernización del sistema de alumbrado público se optimizan los costos de operación contribuyendo así a la sostenibilidad económica del proyecto de modernización del alumbrado público.

En términos anuales, se cuenta con la tabla 12, en la se observa que, la implementación de luminarias LED permitió reducir el consumo energético anual en 3415.6 kWh y generar un ahorro económico de S/ 1,555.12 respecto al sistema convencional.

Estos resultados evidencian una disminución del costo de operación del sistema de alumbrado público y constituyen el sustento para evaluar la conveniencia de mantener la tecnología LED implementada.

**Tabla 12 Comparación económica anual del alumbrado público**

| Descripción                        | Sistema con vapor de sodio | Sistema LED | Reducción      |
|------------------------------------|----------------------------|-------------|----------------|
| Consumo anual (kWh)                | 7,646.2 KWh                | 4,230.6 KWh | 3415.6 KWh     |
| Costo anual de energía (S/)        | S/ 3,481.31                | S/ 1,926.19 | S/ 1,555.12    |
| <b>Porcentaje de reducción (%)</b> |                            |             | <b>44.67 %</b> |

*Fuente.* Elaboración propia Nota: Se tomó como tarifa eléctrica referencial el monto de S/ 0.4553 por kWh, dato tomado de del pliego tarifario de Hidrandina

También, se realizó una evaluación financiera del sistema de alumbrado público mediante la comparación entre el sistema convencional equipado con luminarias de vapor de sodio y el sistema implementado con luminarias LED. Ante lo cual, se consideró la inversión inicial necesaria para la adquisición e instalación de las luminarias LED (véase Tabla 13), así como los costos de mantenimiento del sistema y ahorros económicos obtenidos por la reducción del consumo eléctrico durante el horizonte de evaluación del proyecto.

Adicionalmente, se empleó indicadores financieros como el ahorro económico anual, el período de recuperación de la inversión (Payback), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con el fin de determinar si el proyecto resulta rentable o no.

Los datos mostrados en la Tabla 13 son los parámetros considerados para realizar la evaluación financiera del proyecto y los cuales servirán para el cálculo del flujo de caja financiero, teniéndose en cuenta que el costo de mantenimiento por luminaria- sea LED o vapor de sodio- tiene un valor de S/58.42 por luminaria, es decir, por cada vez que se realiza el mantenimiento a las 34 luminarias el desembolso sería igual a S/ 1,986.28.

Por otra parte, la inversión total requerida para la implementación de luminarias LED en la SED AS3179 se detalla en la Tabla 14, la cual alcanza la suma total de S/ 11,478.4; considerándose la adquisición e instalación de 34 luminarias LED.

**Tabla 13 Parámetros considerados para la evaluación financiera**

| <b>Descripción</b>                           | <b>Valor</b> |
|----------------------------------------------|--------------|
| Número de luminarias a reemplazar            | 34 unidades  |
| Costo unitario de luminaria LED (S/.)        | S/292.22     |
| Costo de instalación por luminaria LED (S/.) | S/45.38      |
| Costo de mantenimiento por luminaria (S/.)   | S/58.42      |
| Horizonte temporal del proyecto (años)       | 7 años       |
| Vida útil de luminaria LED (años)            | 23 años      |
| Vida útil de luminaria VSAP (años)           | 7 años       |
| Tasa de descuento (%)                        | 8.7 %        |
| Tarifa eléctrica (S/kWh)                     | S/0.4553     |

*Fuente.* Elaboración propia.

Nota. El costo de la luminaria LED corresponde al precio ofertado por el proveedor de Hidrandina, Promelsa, véase catálogo del proveedor: <https://www.promelsa.com.pe/catalogsearch/result/?q=BRP230+led>.

El costo de instalación y mantenimiento por luminaria fue obtenido de las partidas contables de la empresa contratista, sustentadas en las tareas AP-009 y AP-011. Se consideró una tasa de descuento de 8.7% para el sector eléctrico conforme al Documento de Trabajo N.º 37 de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin.

**Tabla 14 Inversión inicial para la implementación de luminarias LED**

| <b>Descripción</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario (S/)</b> | <b>Costo total (S/)</b> |
|----------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Costo de adquisición | 34              | S/ 292.22                  | S/ 9,935.48             |

|                        |    |          |                    |
|------------------------|----|----------|--------------------|
| Costo de instalación   | 34 | S/ 45.38 | S/ 1,542.92        |
| <b>Inversión total</b> |    |          | <b>S/ 11,478.4</b> |

*Fuente.* Elaboración propia

Adicionalmente, para las luminarias LED se considera un nivel de mantenimiento bajo; por ello, se establece una frecuencia de intervención de una vez cada año, de acuerdo con la práctica operativa aplicada.

En contraste, para las luminarias de vapor de sodio se contempla una frecuencia de mantenimiento semestral, es decir, 2 veces al año. Por lo tanto, ocurre un ahorro de costo de mantenimiento de 1 frecuencia al año, es decir, de S/ 1,986.28. En tal sentido, en la Tabla 15 se visualiza el flujo del proyecto en el periodo analizado considerándose la inversión inicial de S/ 11,478.4 y los ahorros de costos de energía y mantenimiento para cada año.

**Tabla 15 Flujo de caja del proyecto**

| <b>Año</b> | <b>Inversión inicial (S/.)</b> | <b>Ahorro de costo de energía (S/.)</b> | <b>Ahorro de costo de mantenimiento (S/.)</b> | <b>Flujo neto (S/.)</b> |
|------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 0          | -11478.4                       | 0                                       | 0                                             | -S/ 11,478.4            |
| 1          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 2          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 3          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 4          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 5          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 6          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 7          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 8          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 9          | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |
| 10         | 0                              | S/ 1,555.12                             | S/ 1986.28                                    | S/ 3,541.40             |

*Fuente.* Elaboración propia.

Al respecto, se calcularon los siguientes indicadores financieros:

Valor Actual Neto (VAN)

Inversión inicial = S/ 11,478.40

Flujo anual de ahorro = S/ 3,541.40

Tasa de descuento (WACC sector eléctrico) = 8.7%

Periodo =10 años

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

$$VAN = -11,478.40 + 3,541.40 \left( \frac{1 - (1 + 0.087)^{-10}}{0.087} \right)$$

$$VAN = S/ 11, 552.33$$

El VAN resulta positivo y superior a cero, lo que indica que los beneficios generados por el proyecto superan ampliamente la inversión inicial requerida.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR corresponde a la tasa que hace que el VAN sea igual a cero:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

Resolviendo para los datos del proyecto:

Inversión inicial = S/ 11,478.40

Flujo anual de ahorro = S/ 3,541.40

Periodo =10 años

$$TIR = 28\%$$

La TIR obtenida de 28% es significativamente superior a la tasa de WACC para el sector eléctrico de 8.7%. Esto indica que la modernización del alumbrado público genera una rentabilidad financiera adecuada y representa una inversión que debe sostenerse.

Por lo tanto, desde el punto de vista financiero, la sustitución de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED constituye una alternativa técnicamente eficiente y económicamente rentable para el sistema de alumbrado público de la zona estudiada.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 Descripción de la implementación**

La implementación de luminarias tipo LED en el sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179 se desarrolló siguiendo una secuencia orientada al diagnóstico del sistema existente, selección tecnológica, ejecución del reemplazo y evaluación del desempeño obtenido.

En primer lugar, se efectuó la recopilación de información técnica y la observación de campo, identificándose que la infraestructura de alumbrado público estaba conformada por 34 luminarias de vapor de sodio de alta presión con potencia nominal de 70 W distribuidas en los circuitos asociados a la SED AS3179.

En segundo lugar, se realizó el diagnóstico técnico del sistema mediante el análisis del consumo energético histórico y la evaluación de parámetros luminotécnicos asociados a iluminancia y uniformidad. Los resultados evidenciaron variaciones en la distribución de la iluminación y oportunidades de mejora en cuanto a eficiencia energética.

En base a lo anterior, se seleccionó la alternativa tecnológica LED considerando criterios técnicos relacionados con eficacia luminosa, flujo luminoso, vida útil y compatibilidad con la infraestructura existente.

Posteriormente, la implementación comprendió el retiro de luminarias de vapor de sodio y la instalación de luminarias LED progresiva utilizando equipos especializados para trabajos en altura. Finalizada la instalación, se efectuaron verificaciones operativas y mediciones fotométricas para validar el funcionamiento del nuevo sistema.

Como resultado de la implementación de luminarias LED, se observó una mejora en el desempeño energético y lumínico del sistema. El consumo promedio mensual disminuyó de 637.18 kWh a 352.55 kWh, alcanzándose una reducción promedio de 284.63 kWh mensuales, equivalente a un ahorro de 44.67 % en el consumo energético. Asimismo, se evidenció una mejora en los niveles de iluminancia y una distribución más uniforme de la iluminación, manteniéndose la configuración física del sistema y atribuyéndose el incremento del desempeño principalmente a la mayor eficiencia de las luminarias LED implementadas. Es decir, la implementación permitió optimizar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179 mediante una solución tecnológica orientada a reducir el consumo energético y mejorar las condiciones de iluminación.

#### **4.2. Evaluación económica**

La evaluación económica tuvo como finalidad determinar la conveniencia de mantener el sistema implementado mediante luminarias LED frente al sistema convencional basado en luminarias de vapor de sodio.

Para ello, se compararon los costos asociados al consumo energético de ambos escenarios utilizando registros históricos equivalentes de doce meses y la tarifa eléctrica de alumbrado público de Hidrandina igual a S/ 0.4553 por kWh.

Los resultados evidenciaron que el sistema convencional presentó un costo promedio mensual de operación de S/ 290,11, mientras que el sistema implementado con tecnología LED registró un costo promedio mensual de S/ 160,52. En consecuencia, se obtuvo un ahorro económico promedio mensual de S/ 129.59. Anualmente, el sistema convencional alcanzó un costo estimado de operación de S/ 3,481.31 frente a S/ 1,926.19 para el sistema LED, generándose una reducción anual aproximada de S/ 1,552.12 asociada directamente al menor consumo energético del sistema modernizado. Asimismo, se consideró el efecto económico asociado a la disminución de actividades de mantenimiento derivada de la mayor vida útil y menor

frecuencia de mantenimiento requerida por la tecnología LED, lo cual incrementa la conveniencia económica de la implementación. Desde el punto de vista económico, los resultados obtenidos demuestran que la modernización del sistema constituye una alternativa viable para el sector Palmira – SED AS3179, debido a que permite reducir costos operativos, optimizar el uso de energía eléctrica y mejorar la sostenibilidad del servicio de alumbrado público en el periodo estudiado. Complementariamente, desde el punto de vista financiero, con un VAN positivo de S/ 11552.33 y una TIR obtenida de 28% (muy superior a la tasa WACC para el sector eléctrico igual a 8.7%), se afirma que la sustitución de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED constituye una alternativa financieramente rentable para el alumbrado público de la zona estudiada.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

Se determinó que la implementación de luminarias tipo LED permitió mejorar la eficiencia energética del alumbrado público del sector Palmira – SED AS3179, reduciendo el consumo promedio mensual de 637.18 kWh a 352.55 kWh y alcanzando un ahorro energético del 44.67 %, acompañado de mejoras en la calidad lumínica del sistema.

Se identificó que el estado inicial del sistema estuvo conformado por 34 luminarias de vapor de sodio de alta presión de 70 W instaladas sobre postes del sector Palmira – SED AS3179, evidenciándose variaciones en los niveles de iluminancia y uniformidad que permitieron establecer la línea base para la modernización.

Se determinó que la implementación de luminarias LED produjo una reducción promedio de 284.63 kWh mensuales respecto al sistema convencional, además de incrementar los niveles de iluminancia en calzada y vereda y mejorar la uniformidad de iluminación, optimizando las condiciones operativas del alumbrado público.

Se identificó que el sistema de iluminación LED presenta viabilidad financiera generando un ahorro anual estimado de S/ 1,552.12, un VAN igual a S/11552.33 y una TIR obtenida de 28%.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la entidad responsable del sistema de alumbrado público implementar un plan de renovación progresiva de las luminarias convencionales que aún se encuentren en operación, priorizando el uso de tecnologías de alta eficiencia energética que permitan optimizar el consumo eléctrico y mejorar las condiciones de iluminación en la zona de servicio.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de los parámetros lumínicos y energéticos del sistema de alumbrado público modernizado, con la finalidad de verificar el mantenimiento de los niveles de eficiencia energética y calidad lumínica alcanzados mediante la implementación de luminarias LED.

Se recomienda considerar los resultados técnicos y económicos obtenidos en la presente investigación como referencia para la ejecución de futuros proyectos de modernización del alumbrado público en otras zonas de estudio similares, promoviendo la adopción de tecnologías LED debido a sus beneficios operativos, energéticos y económicos en el largo plazo.

## **CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aguilar Chávez, E. J. (2023). Propuesta técnica económica del uso de luminaria led, para mejoramiento del consumo de energía eléctrica de alumbrado público en el Jirón Guillermo Moore, Chimbote [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo] Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/119614>

Álvarez Bernaola, R. (2024). Alumbrado de vías públicas con luminaria tipo LED aplicados al sector típico 2 y 3 región Junín [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional de la UNCP.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5631>

Aristizábal Gallego, J. C., & Ramos Vallejo, J. C. (2022). Proyecto de estandarización para el proceso de modernización de sistemas de alumbrado público en municipios de quinta y sexta categoría en Colombia [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional de la UTP.

<https://hdl.handle.net/11059/14298>

Castillo, A. (2020). Fuentes de luz y equipos auxiliares. Universidad Politécnica de Catalunya.

<https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion fuentesDeLuz LamparasDeDescarga-LamparaVaporSodioAltaPresion.php>

Corahua Rivas, O. A. (2019). Calidad del servicio de alumbrado público e implementación de luminarias LED en vías públicas céntricas de la ciudad de Puno, 2019 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la UNA Puno.

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11739>

- Decreto Legislativo N° 1221. (2015). Decreto Legislativo que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú. Osinergmin. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto-Legislativo-1221.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto-Legislativo-1221.pdf).
- D'onofrio, R. L. (2005). Displays. *Encyclopedia of Modern Optics*, 3(4), p. 366–376. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369395-0/01255-0>
- Galarza Loja, B. X., & Samango Jerez, D. J. (2025). Diseño del sistema de alumbrado público con tecnología LED en la calle Jaramillo del cantón Gualaceo provincia del Azuay [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29968>
- Guerrero García, A. (2019). Estudio de factibilidad para mejorar el sistema de alumbrado público con tecnología LED en el centro poblado Nueva Esperanza 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30229>
- Hernández, E. (2023). ¿Qué son lámparas y luminarias? Solar Fotovoltaico. <https://solar-fotovoltaico.com/fundamentos/definiciones/lamparas-luminarias/>
- Herrera, A. (2007). Calidad de iluminación en ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/36735866-d98d-42ee-ab81-01bff4fbd495/content#page=32.37>
- Laughton, M. A., & Warne, D. J. (2003). *Electrical Engineer's Reference Book* (16.a ed.). Newnes. <https://www.sciencedirect.com/book/monograph/9780750646376/electrical-engineers-reference-book>
- Ledvance. (2021). Ledvance LED luminaires. [https://www.ledvance.com/00\\_Free\\_To\\_Use/asset13056935\\_lum\\_brochure\\_december\\_2021\\_en\\_digital.pdf](https://www.ledvance.com/00_Free_To_Use/asset13056935_lum_brochure_december_2021_en_digital.pdf)

- Luján Montoya, L. S. D., & Escobar Gil, O. (2019). Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con dialux en el sistema de alumbrado público con tecnología LED para la ciudad de Chimbote [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional de la UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2649>
- Medina Riveros, M. A. (2022). Propuesta de instalación de lámparas LED para mejorar el alumbrado público en la zona centro de Huancayo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional de la UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8104>
- Ministerio de Energía y Minas. (2002). Ley de Concesiones Eléctricas. Diario Oficial el peruano. [https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY\\_CONCESIONES\\_ELECTRICAS.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY_CONCESIONES_ELECTRICAS.pdf)
- Ministerio de Energía y Minas. (2003). Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución". <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
- Osinergmin. (2017). Documento de Trabajo 37. El Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC): Una estimación para los sectores de Minería, Electricidad, Hidrocarburos Líquidos y Gas Natural en el Perú. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/informes-publicaciones/1294428-documento-de-trabajo-37>
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23a ed.)
- Resolución Ministerial N° 013-2003-EM/DM. (2003). Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución. Ministerio de Energía y Minas. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4778838-013-2003-em-dm>
- Velásquez Osorio, M. T. (2021). Estudio del uso de tecnología LED en el alumbrado público del anillo periférico, de la ciudad de Guatemala

[Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Repositorio Institucional de la USAC.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3351\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3351_IN.pdf)

## CAPÍTULO VIII: ANEXOS

### ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE LAS LUMINARIAS DE VAPOR DE SODIO

#### Lámparas H.I.D

#### SON Plus con tecnología PIA



SON-T Plus



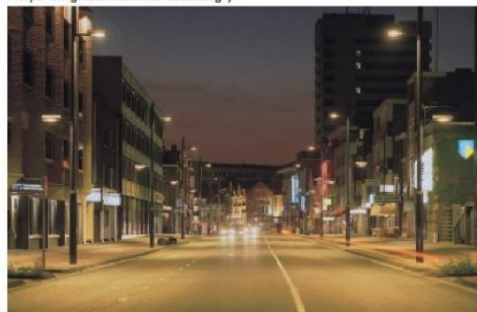
SON Plus



Detalle



Philips Integrated Antenna technology



SON es el nombre asignado por Philips a una gama de lámparas de vapor de sodio de alta presión de excelente calidad. Las lámparas de SON (-T) PLUS y SON (-T) son lámparas de vapor de sodio de alta presión libres de mercurio con tecnología PIA (antena integrada de Philips). El tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado con la antena integrada está encerrado al vacío en una ampolla exterior de cristal duro o carbonato cálcico. El tubo de descarga de las lámparas libres de mercurio se rellena con una amalgama de sodio y xenón como gas de arranque, y el tubo de descarga de las lámparas PLUS se rellena con una amalgama de sodio, mercurio y xenón. Las lámparas de 50 W y 70W tienen un portalámparas roscado estándar E27 y las lámparas de 100 W a 600W tienen un portalámparas roscado estándar E40. El casquillo de las nuevas lámparas de Sodio de Philips con tecnología PIA estará libre de plomo, lo que significa que la totalidad de la lámpara estará completamente libre de plomo. Las lámparas de SON -T (PLUS) tienen una ampolla exterior tubular transparente y las lámparas de Sodio (PLUS) una ampolla exterior pintada de blanco por el interior. Las lámparas utilizan reactancias y arrancadores de acuerdo con la norma IEC. La vida útil promedia de las lámparas SON(T) Plus es de 32000 horas.

#### SON (-T) PLUS: eficacia mejorada

El aumento de presión en las lámparas de Sodio PLUS incrementa la eficiencia luminosa hasta 150 lúmenes por vatio. Es la lámpara de sodio más eficiente y con las mejores prestaciones técnicas en iluminación, cuyo resultado es el consumo de energía más bajo posible; es, portanto, recomendable para las nuevas instalaciones de alumbrado y sustitución de las instalaciones existentes (PLUS). Para obtener una combinación óptima de eficacia y prestaciones técnicas en alumbrado con la posibilidad de reutilización total en instalaciones existentes, se necesita un tubo de descarga lleno de una amalgama de sodio y mercurio. La tecnología PIA\*, la nueva construcción y el nuevo captador de zirconio y aluminio son la garantía de un funcionamiento fiable, una tasa de fallos prematuros baja y una mejora del mantenimiento de lúmenes. Las

nuevas lámparas de SON (-T) PLUS estarán libres de plomo.

#### SON (-T): libre de mercurio

Las nuevas lámparas estándar SON (-T) de Philips, libres de mercurio, están completamente libres de plomo y mercurio. Las lámparas de Sodio libres de mercurio, con tubos de descarga de nuevo diseño, tienen plena compatibilidad eléctrica con las instalaciones de lámparas de sodio existentes. En las lámparas de Sodio libres de mercurio, la tecnología PIA, la nueva construcción y el nuevo captador también dan como resultado una tasa de fallos prematuros baja.

#### Aplicaciones

- Alumbrado de carreteras Autopistas, carreteras principales y secundarias en zonas urbanas y residenciales
- Alumbrado de zonas Plataformas, aparcamientos de vehículos, plazas y zonas industriales
- Alumbrado industrial Instalaciones deportivas Exteriores e interiores

Tecnología PIA\* - Antena integrada de Philips: funcionamiento fiable con una menor tasa de fallos prematuros.

La antena integrada en el tubo de descarga hace que la construcción resulte más sencilla y robusta. Esta mejora en el diseño elimina por completo los fallos prematuros debidos a la antigua antena exterior con la tira bimetalica. La tecnología PIA representa un arranque fiable durante el ciclo de vida completo de la lámpara.

Captador de zirconio y aluminio: mantenimiento óptimo de lúmenes y tasa de fallos prematuros baja.

La función del captador es eliminar las impurezas del vacío de la ampolla exterior para asegurar un funcionamiento y una salida de luz óptimos durante todo el ciclo de vida de la lámpara. Los fallos prematuros debidos al antiguo captador de bario quedan eliminados por completo.

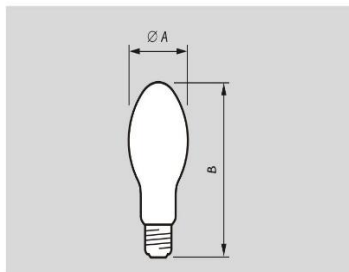
Nueva construcción con menos puntos de soldadura: menos fallos prematuros.

La nueva construcción, con nuevos componentes y soldaduras, prolonga la duración de la lámpara, ya que es más robusta y, en consecuencia, más resistente a vibraciones y choques.


**PHILIPS**

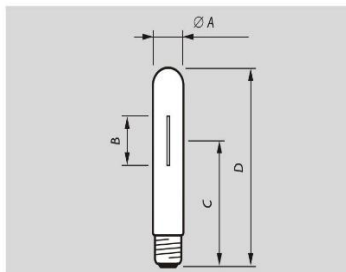
## Lámparas H.I.D

## SON Plus con tecnología PIA

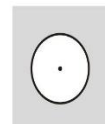


Dimensiones en mm

| Tipo                 | A<br>máx. | B<br>máx. |
|----------------------|-----------|-----------|
| <b>Cap/base E27</b>  |           |           |
| SON 50W/70W          | 71.0      | 156.0     |
| <b>Cap/base E40</b>  |           |           |
| SON Plus 100W        | 76.0      | 186.0     |
| SON (Plus) 150W/250W | 91.0      | 226.0     |
| SON (Plus) 400W      | 122.0     | 290.0     |



| Tipo                | A<br>máx. | B<br>máx. | C<br>máx. | D<br>máx. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Cap/base E27</b> |           |           |           |           |
| SON-T Plus 50W      | 32.0      | 35.0      | 102.0     | 156.0     |
| SON-T Plus 70W      | 32.0      | 42.0      | 102.0     | 156.0     |
| SON-T 70W           | 32.0      | 58.0      | 102.0     | 156.0     |
| <b>Cap/base E40</b> |           |           |           |           |
| SON-T Plus 100W     | 47.0      | 47.0      | 132.0     | 211.0     |
| SON-T 100W          | 47.0      | 70.0      | 132.0     | 211.0     |
| SON-T Plus 150W     | 47.0      | 61.0      | 132.0     | 211.0     |
| SON-T 150W          | 47.0      | 73.0      | 132.0     | 211.0     |
| SON-T Plus 250W     | 47.0      | 64.0      | 158.0     | 257.0     |
| SON-T 250W          | 47.0      | 82.0      | 158.0     | 257.0     |
| SON-T Plus 400W     | 47.0      | 83.0      | 175.0     | 283.0     |
| SON-T 400W          | 47.0      | 111.0     | 175.0     | 283.0     |
| SON-T Plus 600W     | 47.0      | 126.0     | 175.0     | 283.0     |



Posición de funcionamiento

| Tipo              | W    | Starter Externo | Cap/base | Acabado | Potencia | Tensión | Corriente de la lámpara | Flujo Luminoso | Eficacia del sistema | Temperatura de color correlacionada |
|-------------------|------|-----------------|----------|---------|----------|---------|-------------------------|----------------|----------------------|-------------------------------------|
|                   | W    |                 |          |         |          | V       | A                       | lm             | lm/W                 | K                                   |
| <b>SON-T PLUS</b> |      |                 |          |         |          |         |                         |                |                      |                                     |
| SON-T PLUS        | 50W  | E               | E27      | CLARA   | 50       | 88      | 0.75                    | 4400           | 88                   | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 70W  | E               | E27      | CLARA   | 70       | 90      | 1.00                    | 6600           | 94                   | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 100W | E               | E40      | CLARA   | 100      | 100     | 1.20                    | 10500          | 105                  | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 150W | E               | E40      | CLARA   | 150      | 100     | 1.80                    | 16500          | 110                  | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 250W | E               | E40      | CLARA   | 250      | 100     | 3.00                    | 32000          | 128                  | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 400W | E               | E40      | CLARA   | 400      | 100     | 4.50                    | 55000          | 138                  | 1950                                |
| SON-T PLUS        | 600W | E               | E40      | CLARA   | 600      | 115     | 5.80                    | 90000          | 150                  | 1950                                |
| <b>SON PLUS</b>   |      |                 |          |         |          |         |                         |                |                      |                                     |
| SON PLUS          | 100W | E               | E40      | ARGENTA | 100      | 100     | 1.20                    | 10000          | 100                  | 1950                                |
| SON PLUS          | 150W | E               | E40      | ARGENTA | 152      | 100     | 1.80                    | 16000          | 107                  | 1950                                |
| SON PLUS          | 250W | E               | E40      | ARGENTA | 250      | 105     | 2.85                    | 30000          | 120                  | 1950                                |
| SON PLUS          | 400W | E               | E40      | ARGENTA | 400      | 105     | 4.50                    | 54000          | 135                  | 1950                                |

| Tipo              | W    | Starter Externo | Cap/base | Coordenada cromática x | Coordenada cromática y | Índice de reproducción de colores | Máxima temperatura permitida en la base/°C | Máxima temperatura permitida en el bulbo/°C | Peso líquido g | Código de pedido |
|-------------------|------|-----------------|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|------------------|
| <b>SON-T PLUS</b> |      |                 |          |                        |                        |                                   |                                            |                                             |                |                  |
| SON-T PLUS        | 50W  | E               | E27      | 540                    | 420                    | 23                                | 200                                        | 350                                         | 51             | *                |
| SON-T PLUS        | 70W  | E               | E27      | 540                    | 420                    | 23                                | 200                                        | 350                                         | 52             | *                |
| SON-T PLUS        | 100W | E               | E40      | 535                    | 420                    | 23                                | 250                                        | 450                                         | 160            | *                |
| SON-T PLUS        | 150W | E               | E40      | 535                    | 420                    | 23                                | 250                                        | 450                                         | 155            | *                |
| SON-T PLUS        | 250W | E               | E40      | 530                    | 420                    | 23                                | 250                                        | 450                                         | 175            | *                |
| SON-T PLUS        | 400W | E               | E40      | 525                    | 425                    | 23                                | 250                                        | 450                                         | 190            | *                |
| SON-T PLUS        | 600W | E               | E40      | 524                    | 426                    | 23                                | 250                                        | 450                                         | 190            | *                |
| <b>SON PLUS</b>   |      |                 |          |                        |                        |                                   |                                            |                                             |                |                  |
| SON PLUS          | 100W | E               | E40      | 535                    | 420                    | 23                                | 200                                        | 350                                         | 110            | *                |
| SON PLUS          | 150W | E               | E40      | 535                    | 420                    | 23                                | 250                                        | 350                                         | 180            | *                |
| SON PLUS          | 250W | E               | E40      | 530                    | 420                    | 23                                | 250                                        | 350                                         | 180            | *                |
| SON PLUS          | 400W | E               | E40      | 525                    | 425                    | 23                                | 250                                        | 350                                         | 240            | *                |

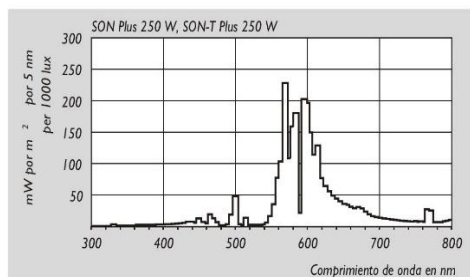
\* Consulte a Philips de su país obtener informaciones sobre disponibilidad de producto y código de pedido



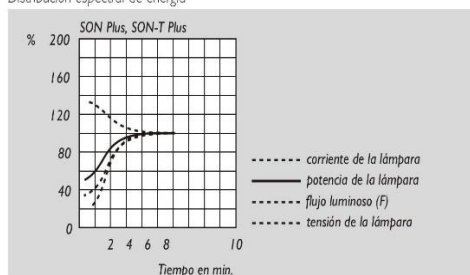
**PHILIPS**

## Lámparas H.I.D

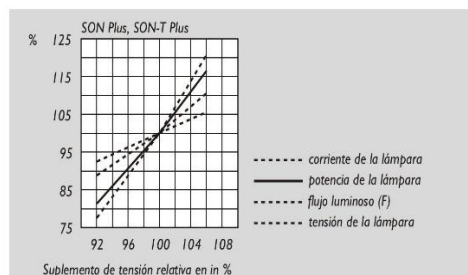
SON Plus  
con tecnología PIA



Distribución espectral de energía



Rendimiento de la lámpara durante su encendido



Efecto de la variación de la tensión de red

Visite: [www.luz.philips.com](http://www.luz.philips.com)

Especificaciones técnicas sujetas a cambio sin previo aviso

Philips  
Lighting



**PHILIPS**

*Let's make things better*

## ANEXO B:

### FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA LED TIPO BRP230



## La iluminación esencial para las calles

### EssentialForce

Con una eficacia medida de hasta 140 lm/W y un buen rendimiento óptico, la EssentialForce garantiza una solución con una óptima relación calidad-precio, al tiempo que cumple con las normas de aplicación locales para el alumbrado público

#### Beneficios

- Carcasa de aluminio fundido a presión.
- Dos opciones de temperatura de color disponibles (4000K y 5000K)
- Para aplicaciones de entrada lateral ( $\Phi$  1"-2")
- Protección estándar contra sobre tensiones: 15kV/15kA.
- Controlador regulable conforme.
- Lentes de policarbonato (PC) de alta transparencia y resistentes a los rayos UV
- Fácil conexión a sistemas de telegestión como Interact City, con un socket NEMA estándar de 7 pines, que permite la gestión remota de la iluminación.

#### Características

- Solución asequible para la iluminación de carreteras y calles
- Óptima eficacia medida (>140lm/W)
- Ligera y compacta para facilitar la instalación
- EssentialForce consigue un ahorro energético de hasta 55% frente a otras alternativas de iluminación convencionales, con un potencial de ahorro adicional cuando se combina con sistemas de control y telegestión (Interact City).
- Vida útil : 100 000 horas (@L70B10) a 25°C

#### Aplicaciones

- Vías de circulación: calles y avenidas
- Zonas centrales: parques y plazas, pasos de peatones, carriles para bicicletas, zonas de aparcamiento
- Grandes espacios abiertos: patios industriales, aparcamientos.

#### Advertencias y seguridad

- Siga las instrucciones de montaje proporcionadas por el fabricante

# Datos del producto

## Características Generales

|                       |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Tipo                  | BRP230                         |
| Tiempo de vida*       | 100,000 horas (L70B10 @Ta 25C) |
| Ópticas               | DML, DWL, DMLN                 |
| Protección            | IP66                           |
| Resistencia a impacto | IK08                           |
| SDCM                  | 5                              |

## Características Técnicas Iluminación

|                                        |                                                        |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Fuente de luz                          | LED                                                    |
| LED driver                             | Corriente constante y opciones de drivers programables |
| Lúmenes de salida del sistema (lm)     | 7294 lúmenes (BRP230) según LM-79                      |
| Índice de reproducción cromática (IRC) | >70                                                    |
| Temperatura Color                      | NW 4000K +/-275K                                       |
| Potencia                               | 51.8W                                                  |
| Eficacia                               | >140lm/W                                               |

## Características Eléctricas

|                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| Alimentación       | 220V - 240V 60Hz          |
| Factor de potencia | > 0.95 (potencia nominal) |
| Corriente          | 100 - 300 mA              |

## Características Ambientales

|                                           |                                                                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Instalación                               | Entrada lateral: 1" - 2"<br>Sistema de fijación regulable al pastoral mediante embone. |
| Área de viento                            | BRP230 : 0.21m2                                                                        |
| Altura de montaje                         | Optimizado para 9 m                                                                    |
| Temperatura de funcionamiento             | De -40°C a +50°C                                                                       |
| Temperatura ambiente asignada máxima (Ta) | 40°C                                                                                   |
| Velocidad viento                          | Hasta 60m/s                                                                            |
| Humedad relativa                          | Hasta 95%RH                                                                            |

## Soporte del sistema

Compatible con sistemas de telegestión y control a distancia. Adicionalmente, incluye receptáculos NEMA socket de 7 pines y Shorting Cap



Cabinet-based group management



Interact Ready luminaires  
Socket-based connector node

## Mecánica

|                                  |                                                                                                                                  |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material de la carcasa y acabado | Aleación de aluminio, inyectada a alta presión.<br>Pintura poliésterica en polvo aplicada electrostáticamente y secada en horno. |
| Material de empaque              | Silicona resistente al calor                                                                                                     |
| Cubierta                         | Polycarbonato transparente resistente a la intemperie                                                                            |

## Información del Producto

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Dimensiones (LxWxH) | BRP230: 300 X 107 X 171 |
|---------------------|-------------------------|

|      |                 |
|------|-----------------|
| Peso | BRP230: 1.87 kg |
|------|-----------------|

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Certificaciones | CB IEC 60598, CQC, CE, ROHS |
|-----------------|-----------------------------|

|                 |         |
|-----------------|---------|
| Clasificaciones | Clase I |
|-----------------|---------|

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Módulo de protección SPD | 15KV/15KA |
|--------------------------|-----------|

|                     |                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opciones de control | Programa dimming Standalone, Interact City (City Touch), compatible con AmLight. Programas de control por RF. Dimerización 0-10 V. |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|               |                                                                    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| Mantenimiento | Apertura rápida con fácil acceso al compartimiento del portaequipo |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| Tipos | BRP230 LED78 NW 52W DMLN P7 PSR FON |
|-------|-------------------------------------|

## Sistema de fijación

El sistema de fijación es regulable al pastoral mediante embone, incluye todos los accesorios para uso de pastoral desde 1.0" hasta 2.0" de diámetro exterior. El pastoral no ingresa al recinto de los equipos auxiliares. Cumple con la norma IEC 60598-2-3:2002 + AMD1:2011 Luminarias.

## Calentamiento de la luminaria

La luminaria ha pasado la prueba de durancia ensayos térmicos de acuerdo con la norma IEC 60598-2-3:2002 +AMD1:2011 Luminarias Parte 2-3: Requerimientos particulares - luminarias para iluminación de calles y carreteras.

© 2020 Signify Holding. Todos los derechos reservados. La información proporcionada en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso. Signify no ofrece ninguna representación o garantía en cuanto a la precisión o integridad de la información incluida en este documento y no será responsable de ninguna acción basada en la misma. La información presentada en este documento no pretende ser una oferta comercial y no forma parte de ninguna cotización o contrato, a menos que Signify acuerde lo contrario.

Philips y Philips Shield Emblem son marcas comerciales registradas de Koninklijke Philips N.V. Todas las demás marcas comerciales son propiedad de Signify Holding o de sus respectivos propietarios.



## EssentialForce

### Versiones



### Detalles del producto





## Lista para el futuro

La era de las ciudades digitales e inteligentes se está acelerando rápidamente. Para mantener el ritmo, las ciudades necesitan luminarias que no solo estén diseñadas para las tecnologías actuales, sino también preparadas para futuros avances y actualizaciones. Pensando en esta tendencia, las luminarias RoadForce están listas para ayudar en la modernización del espacio público. Su arquitectura preparada para sistemas brinda una base escalable sobre la que se puede construir un sistema de iluminación inteligente y conectado, siempre que la ciudad esté lista para optar por nuevos avances en tecnología.



Toma NEMA de 7 pines

(La luminaria y el Sistema Interact se comercializan de forma separada)

## ¿Por qué cambiarse a iluminación conectada?

La iluminación conectada significa que las luces LED con sensores integrados están conectadas al software de la aplicación. Como resultado, es posible automatizar y optimizar la configuración de iluminación para diferentes áreas de la ciudad, permitir a los administradores personalizar la configuración de iluminación y recopilar datos anónimos sobre el rendimiento de la energía y los costos. Las posibilidades de la automatización de la iluminación aumentan el ahorro de energía y ayudan a las ciudades a cumplir sus objetivos de sostenibilidad.

## ¿Qué hace que una ciudad sea inteligente?

Interact City es un sistema de iluminación conectada y una aplicación de administración que te permite administrar, monitorear y controlar de forma remota toda la iluminación de tu ciudad. Es un sistema de gestión de punta a punta que permite una estrategia de iluminación inteligente en la ciudad.

## Principales ventajas de Interact City

**Compatibilidad**  
Compatible con casi todos los accesorios, independientemente del fabricante.

**Puesta en servicio automática**  
Las luminarias se conectan automáticamente al sistema Interact City tan pronto como estén instalados.

**Localización automática**  
Los accesorios son ubicados automáticamente en el mapa con todos los datos de activos actuales.

## Posibilidades que ofrece

**Gestión de activos**

- Existirá la posibilidad de optimizar la eficiencia operacional y planificación del servicio de mantenimiento a través de visualización intuitiva y una gestión de órdenes de trabajo flexible.
- Realiza el mantenimiento diario con aplicaciones móviles desde la oficina a las calles.

**Gestión de escenas**

- Gestiona centralmente el alumbrado del municipio.
- Crea calendarios con las escenas necesarias en cada calle. Subir el nivel si ha habido un accidente/altercado. Bajarlo ya entrada la noche.
- Actuar punto a punto o por grupos.

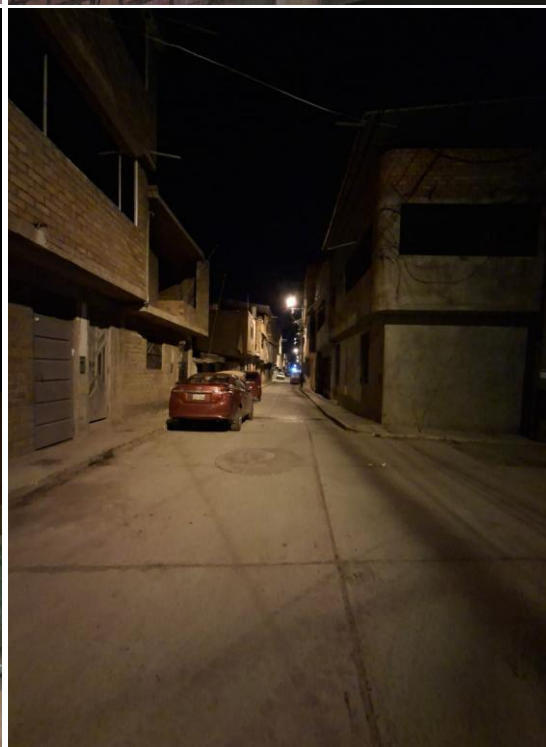
**Optimización energética**

- Medir y Optimizar el consumo energético en tiempo real.
- Encontrar nuevas oportunidades para mejorar el servicio de alumbrado e incrementar el ahorro para alcanzar los objetivos de sostenibilidad.

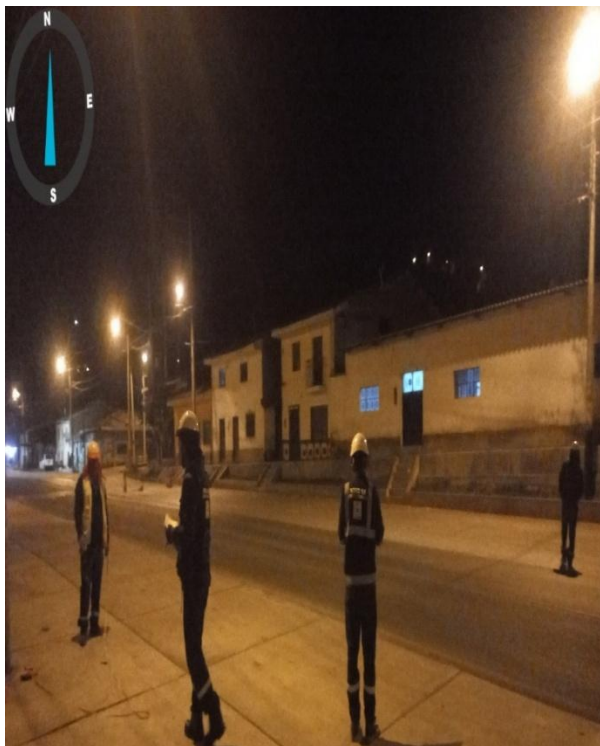
**Sistema abierto mediante APIs**

- Intercambia información de alumbrado con otros verticales de sistemas municipales y con plataformas horizontales.
- Une las aplicaciones de Smart City con la telegestión del alumbrado para optimizar la seguridad y eficiencia.

**ANEXO C:  
FOTOGRAFÍAS DE LAS LUMINARIAS DE VAPOR DE SODIO**



**ANEXO D:  
FOTOGRAFÍAS DE MEDICIÓN DE ILUMINANCIA**



**ANEXO E:  
FOTOGRAFÍAS DE LOS TRABAJOS DE CAMBIO DE LUMINARIAS**



**ANEXO F:  
FOTOGRAFÍAS DE LAS LUMINARIAS LED IMPLEMENTADAS EN LA  
ZONA DE ESTUDIO**



**ANEXO G:**  
**PLIEGO TARIFARIO DE HIDRANDINA**

| <b>COSTO ALUMBRADO PÚBLICO</b><br><b>MES ABRIL 2026</b><br><b>COSTO S/. 0.4553</b>                                    |              |            |                            |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|----------------------------|----------|
| <b>HIDRANDINA S.A.</b><br><b>ALÍCUOTA CORRESPONDIENTE A APLICAR EN LA FACTURACIÓN DEL MES DE</b><br><b>Abril 2026</b> |              |            |                            |          |
| Rango de consumo                                                                                                      | Alicuota S/. | PESO       | Facturación en Recibos S/. |          |
| 00. Consumo cero (0)                                                                                                  | 0.4553       | 1.0000     | S/                         | 0.55     |
| 01. De 1 a 30                                                                                                         | 0.4553       | 1.0000     | S/                         | 0.55     |
| 02. De 31 a 100                                                                                                       | 0.4553       | 7.0000     | S/                         | 3.19     |
| 03. De 101 a 150                                                                                                      | 0.4553       | 12.0000    | S/                         | 5.46     |
| 04. De 151 a 300                                                                                                      | 0.4553       | 25.0000    | S/                         | 11.38    |
| 05. De 301 a 500                                                                                                      | 0.4553       | 35.0000    | S/                         | 15.94    |
| 06. De 501 a 750                                                                                                      | 0.4553       | 70.0000    | S/                         | 31.87    |
| 07. De 751 a 1000                                                                                                     | 0.4553       | 80.0000    | S/                         | 36.42    |
| 08. De 1001 a 1500                                                                                                    | 0.4553       | 120.0000   | S/                         | 54.64    |
| 09. De 1501 a 3000                                                                                                    | 0.4553       | 140.0000   | S/                         | 63.74    |
| 10. De 3001 a 5000                                                                                                    | 0.4553       | 150.0000   | S/                         | 68.30    |
| 11. De 5001 a 7500                                                                                                    | 0.4553       | 250.0000   | S/                         | 113.83   |
| 12. De 7501 a 10000                                                                                                   | 0.4553       | 300.0000   | S/                         | 136.59   |
| 13. De 10001 a 12500                                                                                                  | 0.4553       | 400.0000   | S/                         | 182.12   |
| 14. De 12501 a 15000                                                                                                  | 0.4553       | 500.0000   | S/                         | 227.65   |
| 15. De 15001 a 17500                                                                                                  | 0.4553       | 700.0000   | S/                         | 318.71   |
| 16. De 17501 a 20000                                                                                                  | 0.4553       | 900.0000   | S/                         | 409.77   |
| 17. De 20001 a 25000                                                                                                  | 0.4553       | 1,100.0000 | S/                         | 500.83   |
| 18. De 25001 a 30000                                                                                                  | 0.4553       | 1,250.0000 | S/                         | 569.13   |
| 19. De 30001 a 50000                                                                                                  | 0.4553       | 1,500.0000 | S/                         | 682.95   |
| 20. De 50001 a 75000                                                                                                  | 0.4553       | 1,750.0000 | S/                         | 796.78   |
| 21. De 75001 a 100000                                                                                                 | 0.4553       | 2,000.0000 | S/                         | 910.60   |
| 22. De 100001 a 200000                                                                                                | 0.4553       | 3,000.0000 | S/                         | 1,365.90 |
| 23. De 200001 a 400000                                                                                                | 0.4553       | 4,000.0000 | S/                         | 1,821.20 |
| 24. De 400001 a 99999999                                                                                              | 0.4553       | 5,000.0000 | S/                         | 2,276.50 |