

Tecnología LED en el alumbrado público de Méndez 2025: evaluación técnica y económica

LED Technology in Public Lighting in Méndez: technical and economic evaluation, 2025
Juan Carlos Pesantez Salinas, Guido Olivier Erazo Álvarez, Glenda Maricela Ramon Poma

Resumen

El presente estudio evalúa el impacto técnico y económico de la implementación de tecnología LED en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Méndez durante el año 2025. En la actualidad, el sistema opera mayoritariamente con luminarias de vapor de sodio, cuya eficiencia lumínica y consumo energético representan desafíos tanto operativos como financieros. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y de corte transversal, emplea técnicas de recolección como revisión documental y encuestas a profesionales afines a la rama. El modelo de regresión lineal múltiple permitió identificar tres dimensiones explicativas: aspectos técnicos, instalación y mantenimiento e integración y gestión, como determinantes de la variable dependiente eficiencia y ahorro. Los resultados evidencian que la variable integración y gestión fue la más influyente ($p = 0,004$), seguida de aspectos técnicos ($p = 0,045$), mientras que instalación y mantenimiento no presentó significancia estadística ($p = 0,216$). Estos hallazgos demuestran que la eficiencia técnica y el ahorro económico dependen fundamentalmente de la calidad del diseño técnico y del grado de gestión institucional integrada. Se concluye que la transición a tecnología LED constituye una decisión estratégica para la sostenibilidad energética y la optimización de recursos públicos, al generar reducciones tangibles en el consumo eléctrico y en los costos de operación. La adecuada planificación, supervisión y control de los proyectos resultan determinantes para maximizar los beneficios técnicos y financieros del cambio tecnológico.

Palabras clave: Tecnología LED; Alumbrado Público; Eficiencia Energética; Impacto Económico; Sostenibilidad.

Juan Carlos Pesantez Salinas

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | juan.pesantez.11@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-1417-3861>

Guido Olivier Erazo Álvarez

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | oerazo@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2494-0967>

Glenda Maricela Ramon Poma

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | gramon@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6833-9129>

Abstract

This study assesses the technical and economic impact of implementing LED technology in the public lighting system of the city of Méndez during 2025. Currently, the system operates predominantly with high-pressure sodium luminaires, whose luminous efficiency and energy consumption pose both operational and financial challenges. The research adopts a quantitative approach with a non-experimental, cross-sectional design and employs data collection techniques such as documentary review and surveys administered to professionals in related fields. A multiple linear regression model was applied to identify three explanatory dimensions—technical aspects, installation and maintenance, and integration and management—as determinants of the dependent variable, efficiency and savings. The results indicate that the integration and management variable had the strongest influence ($p = 0.004$), followed by technical aspects ($p = 0.045$), while installation and maintenance showed no statistical significance ($p = 0.216$). These findings demonstrate that technical efficiency and economic savings fundamentally depend on the quality of technical design and the degree of integrated institutional management. It is concluded that the transition to LED technology constitutes a strategic decision for energy sustainability and the optimization of public resources, as it generates tangible reductions in electricity consumption and operating costs. Proper planning, supervision, and project control are essential to maximize the technical and financial benefits of this technological shift.

Keywords: LED Technology; Public Lighting; Energy Efficiency; Economic Impact; Sustainability.

Introducción

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022), las luminarias tipo LED (Light Emitting Diode, en español Diodo Emisor de Luz) representaron el 50 % de las nuevas instalaciones de alumbrado público a nivel mundial en 2021, debido a su alta eficiencia energética y prolongada vida útil. Esta tecnología ha demostrado ser clave para la reducción del gasto público en energía, con un ahorro proyectado de más de 120 mil millones de dólares anuales si se implementara de forma masiva en zonas urbanas (DOE, 2023).

En América Latina, diversos gobiernos han implementado programas de modernización del alumbrado público, con resultados significativos. Países como Colombia, México y Chile han reportado reducciones de hasta un 65% en el consumo energético tras adoptar tecnología LED, además de beneficios colaterales en seguridad ciudadana y estética urbana (Chaux-Terán et al., 2023). Aunque ciudades principales en Ecuador han iniciado este proceso, el cantón Méndez continúa utilizando mayoritariamente luminarias de sodio de alta presión y mercurio, generando altos costos de mantenimiento, bajo rendimiento lumínico y efectos ambientales adversos.

Esta circunstancia pone en riesgo tanto la eficiencia en el uso de fondos públicos que repercute en la calidad del servicio brindado a los ciudadanos (Signify, s. f.). La ausencia de una adecuada organización técnica y económica para una transición hacia la tecnología LED se transforma en un obstáculo estructural que obstaculiza el crecimiento sostenible de la localidad. Asimismo, la escasez de datos técnicos y económicos limita la toma de decisiones basada en evidencia respecto a las ventajas de este cambio tecnológico.

De conformidad con la legislación vigente, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, así como la regulación ARCERNR 007/23 (Marco normativo para la prestación del

servicio de alumbrado público general), entre otras, la Empresa Eléctrica Regional Centrosur es la titular del servicio de alumbrado público general que abarca la iluminación de vías públicas carrozables y peatonales, además de la iluminación de canchas deportivas de acceso público, en toda el área de concesión comprendida por 32 cantones en las Provincias de Azuay Cañar y Morona Santiago. En este contexto, la EERCS (Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.) enfrenta el reto de justificar técnica y económicamente la inversión en tecnología LED, procurando además un impacto positivo en la percepción ciudadana.

El presente estudio se enmarca en el análisis de eficiencia energética, sostenibilidad urbana y gestión de proyectos. Su propósito es generar evidencia empírica sobre la aplicación de tecnología LED en el contexto específico de Méndez, ofreciendo también criterios prácticos para evaluar el retorno de inversión en proyectos de alumbrado público desde una perspectiva integral (Kotler et al., 2021).

Esta investigación se adecúa a prioridades de políticas públicas como la disminución del consumo de energía, la mejora de servicios básicos y la transición hacia tecnologías ecológicas. Se espera que sus resultados contribuyan a la formulación de políticas locales y a la toma de decisiones estratégicas en la planificación de inversiones por parte de la EERCS (European Commission. Joint Research Centre, 2021).

El objetivo general es analizar la influencia de la implementación de tecnología LED en la eficiencia técnica y el ahorro económico del sistema de alumbrado público en Méndez en el año 2025. Este propósito busca identificar oportunidades de optimización en consumo energético y reducción de costos operativos, sustentando el análisis en estudios internacionales que evidencian un incremento de la eficiencia y una mayor vida útil de en comparación con las tecnologías tradicionales. De esta manera, el planteamiento se articula con la pregunta de investigación: ¿Cómo influye la implementación de tecnología LED en la eficiencia técnica y el ahorro económico del alumbrado público en Méndez, durante el 2025?

El artículo comienza con una introducción que contextualiza la relevancia de modernizar el alumbrado público mediante la implementación de tecnología LED, destacando su relación en la eficiencia energética, la reducción de costos operativos y la percepción profesional. Seguidamente, se desarrolla el marco teórico que fundamenta la investigación, abordando conceptos clave como eficiencia lumínica, sostenibilidad energética, análisis económico y percepción técnica de profesionales, respaldados por literatura actualizada. A continuación, se detalla la metodología empleada, basada en un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y transversal, especificando variables, población, muestra, técnicas de recolección como encuestas y mediciones con luxómetro, y análisis estadístico. Posteriormente, se presentan los resultados y su discusión, contrastándolos con estudios previos y el contexto operativo de la agencia Méndez de la EERCS. Finalmente, se ofrecen conclusiones y recomendaciones orientadas a optimizar la gestión del alumbrado público, promoviendo la adopción de LED para mejorar la eficiencia técnica, la calidad del servicio y la sostenibilidad económica.

Marco teórico

El marco teórico se estructura en torno a la adopción de la tecnología LED en el alumbrado público, así como en la eficiencia técnica y ahorro económico, sustentadas por teorías consolidadas y estudios empíricos recientes. Este enfoque permite una comprensión integral de cómo el uso de tecnología LED puede transformar los sistemas de alumbrado público, alineándose con principios de eficiencia energética y gestión sostenible de recursos. A continuación, se detalla las teorías que respaldan la implementación de la tecnología LED y una revisión de estudios previos, con énfasis en evidencias cuantitativas y cualitativas derivadas de contextos similares en América Latina y a nivel internacional.

Teorías que fundamentan los constructos de estudio

La implementación de tecnología LED se concibe como un proceso de adopción e integración de sistemas de iluminación basados en diodos emisores de luz, que reemplazan tecnologías obsoletas como el vapor de sodio o mercurio, con el fin de optimizar el rendimiento urbano, por lo que la teoría de la innovación tecnológica postula que la adopción de innovaciones como la implementación de tecnología LED en alumbrado público, ocurre en etapas de conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación, impulsada por atributos como compatibilidad y observabilidad relativa. Una actualización reciente enfatiza su aplicación en infraestructuras sostenibles, donde la difusión tecnológica acelera transiciones hacia modelos eficientes en ciudades medianas (Gómez-Limón et al., 2021).

De igual manera la teoría de sistemas considera el alumbrado público como un subsistema interconectado dentro de la red de distribución, así como de un ecosistema urbano mayor, donde la introducción de la tecnología LED actúa como un componente que optimiza el rendimiento, mantenimiento y control. Este enfoque sistémico permite evaluar el impacto global de la implementación LED, no solo la sustitución de luminarias, sino cómo la modernización del alumbrado interactúa con redes eléctricas, políticas públicas y condiciones sociales. De esta forma, la teoría de sistemas fundamenta la variable independiente al subrayar la gestión integrada de la innovación tecnológica en el alumbrado público como parte de un sistema urbano complejo (Ammara et al., 2022).

Mientras que, la teoría de transformación digital se refiere al uso estratégico de tecnologías digitales para modificar sustancialmente procesos, estructuras y modelos de negocios. La transformación digital es un proceso de reconversión y adaptación de tecnologías digitales que motiva a las instituciones u empresas a incorporar procedimientos innovadores con la finalidad de satisfacer nuevas demandas (Medina-Chicaiza et al., 2023).

La teoría de la eficiencia energética es el principio técnico que busca lograr un mismo nivel de servicio consumiendo la menor cantidad de energía posible, esto se traduce en maximizar la salida lumínica, a la vez que se minimiza el consumo eléctrico. En la práctica del alumbrado

público con tecnología LED se espera precisamente lograr la misma o mejor iluminación que las lámparas convencionales con menor potencia eléctrica. Investigaciones empíricas confirman que los sistemas LED permiten reducciones sustanciales en consumo, puesto que se reportan ahorros energéticos promedio de alrededor del 50–70% en comparación con tecnologías tradicionales (Valetti et al., 2023). Este ahorro de energía se fundamenta en la eficiencia intrínseca de los LED y en posibilidades de regulación, lo cual refleja los principios de la teoría de eficiencia energética. En el marco del alumbrado público de la ciudad de Méndez, se puede anticipar que la eficiencia técnica mejora al adoptar tecnología LED, pues se obtienen mayores niveles de uniformidad y calidad lumínica disminuyendo el consumo energético.

La teoría de gestión de recursos públicos se centra en la administración eficiente, transparente y sostenible del gasto y las inversiones de carácter público para maximizar el bienestar social. Este enfoque plantea que las entidades públicas como la EERCS deben optimizar los recursos disponibles y buscar el mayor impacto social posible con gasto responsable (Trujillo González, 2025). En el contexto del alumbrado público, esto implica que el cambio a tecnología LED no sólo debe considerarse un avance técnico, sino también una decisión de gestión de recursos, es decir, se trata de invertir fondos públicos en activos como es el caso de la implementación de alumbrado público LED que generen economías continuas, como son la disminución de consumo eléctrico y mantenimientos.

La teoría sostiene que dicha inversión debe justificarse por sus beneficios sociales y económicos. De esta forma la Agencia Méndez de la EERCS evaluaría criterios de asignación presupuestaria y retorno económico. En línea con esto, la evidencia sugiere que una administración pública modernizada e integrada mejora la eficiencia fiscal y la credibilidad institucional (Ocaña Ramos et al., 2025). Bajo este contexto, el ahorro económico es visto como un resultado directo de una mejor gestión de los recursos, la sustitución de lámparas ineficientes por tecnología LED contribuye a liberar presupuesto a través de reducción de costos operativos.

La teoría del retorno de la inversión ROI (*Return on Investment*) es una perspectiva financiera que cuantifica el beneficio neto que se obtiene al invertir recursos en un proyecto. Formalmente, el ROI compara el valor monetario del ahorro o ganancia obtenido con respecto a la inversión inicial (Dadd & Hinton, 2022). Un ROI positivo indica que los beneficios superan al gasto inicial, justificando la inversión. En el caso de la renovación a LED del alumbrado público, el ROI se evalúa calculando el ahorro anual en consumo eléctrico y mantenimiento versus el costo de instalación de las nuevas luminarias. Estudios técnicos han concluido que la alta eficiencia de la tecnología LED conlleva un retorno de inversión atractivo para las distribuidoras. Dicho de otro modo, los recursos invertidos en tecnología LED se amortizan en un plazo relativamente corto gracias al menor costo operativo posterior. En otras experiencias, se ha observado que la iluminación LED puede proporcionar ahorros de energía del 50–70%, con un considerable beneficio para los presupuestos y un buen retorno de inversión (Valetti et al., 2023).

Diversos estudios han analizado la adopción de tecnologías LED en el alumbrado público y sus efectos técnico-económicos realizados en contextos ecuatorianos similares, enfocados en áreas urbanas pequeñas o periurbanas que enfrentan altos costos energéticos e infraestructura obsoleta. El marco conceptual de esta revisión se alinea con la Teoría de la Eficiencia Energética y la Teoría de Retorno de Inversión (ROI), que guían la evaluación de impactos técnicos y económicos.

Conceptualización de las variables

La eficiencia técnica en el alumbrado público hace referencia a la capacidad del sistema lumínico para generar una mayor cantidad de luz útil medida en lúmenes [lm] con un menor consumo de energía medida en wattios [W], garantizando uniformidad, durabilidad y confort visual. La tecnología LED presenta una eficiencia superior en comparación con lámparas de sodio, alcanzando valores de hasta 150 lm/W, lo que repercute directamente en la mejora de la calidad lumínica (Rofaie et al., 2022).

El ahorro económico, por su parte, se conceptualiza como la reducción comprobable de los costos operativos en energía y mantenimiento derivados de la adopción de luminarias LED. Quispe Mera y Tonato Velasco (2021), sostienen que el uso de LED en alumbrado público y residencial disminuye entre un 50% y 70% los costos de operación a lo largo de su vida útil, lo que representa un beneficio económico sostenible para las administraciones públicas.

En consecuencia, la variable dependiente en este estudio se define como el conjunto de resultados técnicos y económicos obtenidos tras la implementación de tecnología LED en el alumbrado público, expresados en términos de mayor eficiencia lumínica y reducción de costos operativos.

La implementación de tecnología LED en el alumbrado público se entiende como el proceso de sustitución y modernización de los sistemas de iluminación tradicionales de sodio y mercurio por luminarias LED, que ofrecen mayor eficiencia lumínica, menor consumo de energía y reducción de costos operativos. Los sistemas LED en alumbrado público permiten ahorros de energía superiores al 50% y presentan una vida útil prolongada, lo que justifica su adopción en proyectos urbanos de modernización (Valetti et al., 2023). Asimismo, Pardo-Bosch et al. (2022), señalan que la implementación de LED debe ser considerada dentro de una estrategia sostenible de ciudad, pues integra beneficios técnicos, económicos y sociales asociados a la eficiencia energética.

En este sentido, la variable independiente se conceptualiza como la acción de incorporar luminarias LED en la infraestructura de alumbrado público con el fin de optimizar el desempeño técnico y reducir los costos asociados al consumo eléctrico y mantenimiento, sustentada en criterios de sostenibilidad y eficiencia urbana.

Investigaciones previas

En Ecuador, la migración a tecnología LED responde a directrices del Ministerio de Energía y Minas dictadas mediante Oficio MEM-SDCEE-2022-0601-OF y para el caso particular de la EERCS para 2023-2037, que buscan reemplazar más de 156.000 luminarias. En este sentido, Chaux-Terán et al. (2023), llevaron a cabo una evaluación bibliográfica y basada en simulaciones de la migración a LED para el alumbrado público en Esmeraldas, un cantón costero con densidad poblacional y desafíos energéticos comparables a la ciudad de Méndez. La metodología involucró el modelado de escenarios energéticos durante cuatro años, proyectando el consumo bajo sistemas convencionales de sodio y mercurio comparados con tecnología LED. Los hallazgos técnicos clave incluyen una reducción energética del 50% (de 16.215 MWh a 13.250 MWh en el período) y una eficacia lumínica de 80-110 lm/W para LED, superando el 45-150 lm/W del sodio con mejor reproducción de color (IRC 80-90%). Económicamente, los costos iniciales son elevados, pero generan ahorros promedio del 32,29% (2.878 MWh anuales), con ROI implícito a través de menores gastos operativos. Ambientalmente, las emisiones de CO₂ disminuyen en ~1.151 toneladas durante cuatro años. Las conclusiones abogan por optar por tecnología LED para la alineación con ciudades inteligentes, mejorando la seguridad y estética en espacios públicos.

Por otra parte, Alcívar-Centeno et al. (2023), compararon sistemas de sodio de 150W, mercurio 120W y LED 80W complementados con paneles fotovoltaicos en la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, empleando métricas de eficiencia tabulares y evaluaciones de ciclo de vida. El enfoque cuantificó potencia, mantenimiento y ahorros mediante seguimiento mensual de kWh. Técnicamente, el alumbrado público LED consume 28,8 kWh/mes versus 54 kWh del sodio, logrando >200 lm/W en configuraciones optimizadas y vidas útiles de 50.000 horas—más del doble de las 20.000 horas del sodio. Los impactos económicos incluyen ahorros mensuales de \$35 por unidad para LED (\$30 para sodio), con ROI en 3,5 años y tasa interna del 30% durante 10 años, a pesar de costos iniciales más altos. El mantenimiento se reduce a 2,25 horas/año desde las 4,5 del sodio. Ambientalmente, las emisiones reducidas apoyan el 6% de participación energética en alumbrado público de Ecuador. El estudio concluye que los híbridos LED-fotovoltaicos son sostenibles para contextos en desarrollo, recomendando pruebas de eficacia específicas por sitio.

Finalmente, Sarcos y Bustamante (2024), modelaron transiciones nacionales en alumbrado público, enfocándose en las +156.000 luminarias de sodio bajo directrices de ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), utilizando simulaciones prospectivas para 2023-2037. La metodología integró datos nacionales de consumo (6% del total energético) con benchmarks de LED, pronosticando mediante optimización multicriterio. Los resultados técnicos proyectan recortes energéticos del 40-60%, con eficacias de 100-130 lm/W para LED versus la salida variable del sodio. Económicamente, la migración genera +\$500.000 en ahorros durante 10 años para 1.000 unidades, con ROI <4 años considerando costos de \$180-250/unidad. Las reducciones de CO₂ alcanzan 78 toneladas/año por sitio. Las conclusiones enfatizan la adopción impulsada por

políticas para la sostenibilidad, notando barreras como financiamiento inicial. . Estos estudios respaldan la necesidad de evaluar el cambio a tecnología LED en Méndez, considerando tanto los aspectos técnicos como económicos.

Metodología

La investigación adopta un diseño exploratorio, descriptivo y correlacional. Es exploratoria porque examina el fenómeno de estudio en un contexto particular sin hipótesis previas definidas, permitiendo identificar características iniciales (Ramos-Galarza, 2020). Descriptiva, ya que describe los atributos de los participantes del estudio mediante análisis de tendencias (Guevara-Albán et al., 2020). Correlacional, puesto que evalúa las relaciones entre variables independientes y dependientes a través de hipótesis que proponen asociaciones (Ramos-Galarza, 2020).

El estudio emplea un enfoque cuantitativo para proporcionar una visión objetiva y generalizable del fenómeno, basado en datos numéricos y análisis estadísticos (Cejas-Martínez et al., 2023). Es transversal, capturando datos en un momento único en su entorno natural (Salvador-Oliván et al., 2021). Además, es no experimental, observando variables sin manipulación intencional (Calle Mollo, 2023).

Los datos se recolectaron mediante encuestas con un cuestionario como instrumento principal. Su diseño se basó en una revisión exhaustiva de literatura de bases como Scopus, Redalyc, SciELO y Google Scholar (Moreno-Hernández, 2024). El cuestionario consta de dos secciones: la primera mide dimensiones mediante una escala Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo), con ítems derivados de la experiencia del investigador; la segunda captura variables de control para perfilar a los participantes (Matas, 2018).

El instrumento fue validado por contenido mediante consenso de expertos. Tres jueces evaluaron ítems y definiciones con opciones de 1 (irrelevante) a 4 (muy relevante), reteniendo aquellos con promedio superior a 3. De 60 ítems iniciales, quedaron 37 tras la validación (Torres-Malca et al., 2022).

Se utilizó muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando participantes por accesibilidad, ideal para estudios con restricciones de recursos, aunque limita la generalización (Hernández-González, 2021). Se encuestaron 35 profesionales de la EERCS involucrados en alumbrado público en el cantón Méndez, en roles como Superintendente, Ingeniero Eléctrico, Ingeniero de Gestión de Proyectos, Asistente de Ingeniería, Jefe de Grupo Eléctrico y Electricista.

Fiabilidad del instrumento de medición con prueba piloto

Tabla 1. Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Nro. de Ítems
0,861	4 variables

Fuente: elaboración propia mediante SPSS

El coeficiente alfa de Cronbach obtenido refleja el nivel de consistencia interna del cuestionario aplicado, evidenciando que los ítems utilizados para medir el constructo presentan una adecuada homogeneidad. En términos prácticos, un valor superior a 0,70 indica que la escala es confiable y permite asegurar que las respuestas de los participantes son coherentes entre sí; además, cuando los valores se acercan o superan 0,90, la fiabilidad se considera excelente, aunque también puede sugerir cierta redundancia entre las preguntas. En conjunto, este resultado respalda la validez y confiabilidad del instrumento para los fines de la investigación.

Resultados

El presente estudio parte de la hipótesis de que tres dimensiones, *Aspectos Técnicos (X1)*, *Instalación y Mantenimiento (X2)* e *Integración y Gestión (X3)*, constituyen determinantes relevantes de la variable dependiente *Eficiencia y Ahorro (Y1)* en la implementación de alumbrado público LED en Méndez.

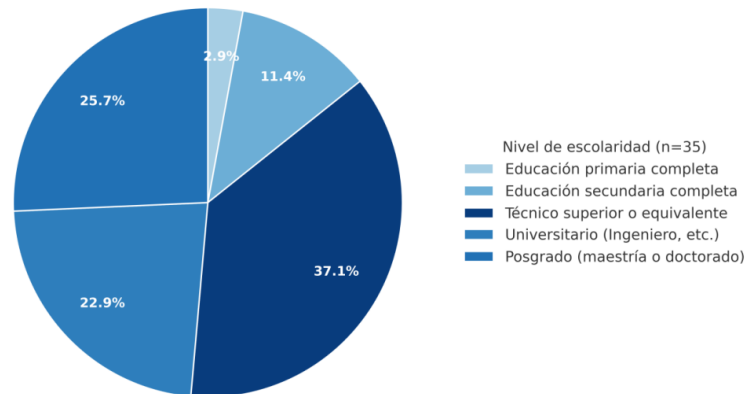
Para ello, en primer lugar, se procede a realizar el análisis descriptivo, el cual permite mejorar la comprensión de los datos e identificar patrones, tendencias y características relevantes que aportan valor al estudio.

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de las variables permite identificar sus características principales, patrones y tendencias, estableciendo así una base clara para la interpretación de los resultados y la posterior discusión de los hallazgos.

Las figuras del estudio permiten definir el perfil de los 35 participantes encuestados en la EERCS. La muestra se compone mayoritariamente de personal con formación técnica y universitaria, que desempeña funciones tanto administrativas como operativas, con diferentes niveles de experiencia institucional. Esta combinación de perfiles garantiza una visión integral del proceso de implementación y gestión del alumbrado público LED en el cantón Méndez.

Figura 1. Nivel de escolaridad



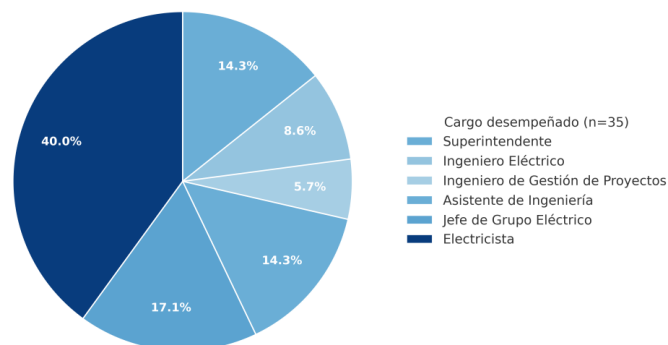
Fuente: elaboración propia

El 37,1 % de los encuestados posee formación de técnico superior o equivalente, seguido por un 25,7 % con estudios de cuarto nivel y un 22,9 % con título universitario de ingeniería u otra especialidad profesional. En contraste, los niveles de educación secundaria completa (11,4 %) y primaria completa (2,9 %) representan una minoría. Esta tendencia refleja que la muestra está conformada principalmente por profesionales y técnicos del área eléctrica, de ingeniería y gestión pública, lo que refuerza la validez técnica de las percepciones obtenidas en la investigación.

El predominio de participantes con formación superior y de posgrado (85,7 %) sugiere una alta capacidad de análisis técnico y comprensión de los criterios evaluados en el estudio, especialmente en variables relacionadas con la eficiencia energética, costos de inversión, mantenimiento y sostenibilidad ambiental. Esta composición educativa fortalece la confiabilidad de los resultados, al provenir de individuos con conocimiento especializado sobre los procesos de planificación, instalación y evaluación de sistemas de alumbrado público.

Además, la presencia de un porcentaje reducido de niveles medios o básicos garantiza una visión complementaria desde una perspectiva menos técnica, necesaria para el componente de percepción social y aceptación tecnológica dentro del estudio.

Figura 2. Cargo desempeñado



Fuente: elaboración propia

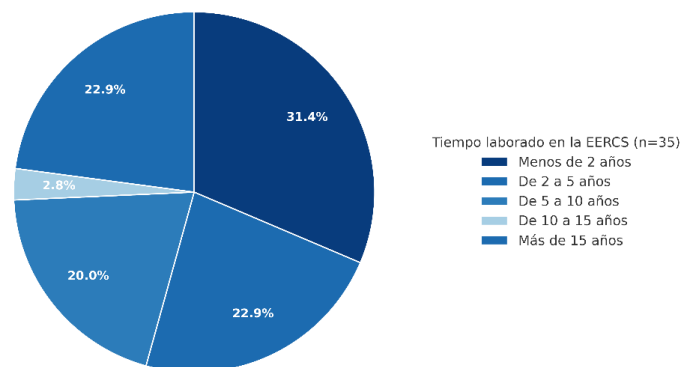
El grupo más numeroso corresponde a los electricistas, quienes representan el 40 % del total de participantes. Le siguen los superintendentes y los asistentes de ingeniería, ambos con un 14,3 %, mientras que los jefes de grupo eléctrico alcanzan un 17,1 %. En menor proporción se encuentran los ingenieros eléctricos (8,6 %) y los ingenieros de gestión de proyectos (5,7 %).

Esta composición refleja una participación equilibrada entre personal operativo, técnico y de supervisión, lo que permite captar diferentes perspectivas sobre la implementación de la tecnología LED.

La alta participación de electricistas y jefes de grupo eléctrico (57,1 % en conjunto) evidencia que la encuesta recabó información directamente desde quienes intervienen en la instalación, mantenimiento y control de campo del sistema de alumbrado público. Este grupo aporta datos valiosos sobre la eficiencia real, la facilidad de montaje, la durabilidad de los equipos y los desafíos operativos asociados al cambio tecnológico.

Por otra parte, la presencia de superintendentes, ingenieros eléctricos y de gestión de proyectos (cerca del 29 %) añade una visión estratégica y de planificación técnica y económica, vinculada con la toma de decisiones y la evaluación de costos, retornos de inversión y cumplimiento normativo. Esta combinación de roles garantiza una triangulación de información que fortalece la validez del estudio.

Figura 3. Tiempo laborado en la EERCS.



Fuente: elaboración propia

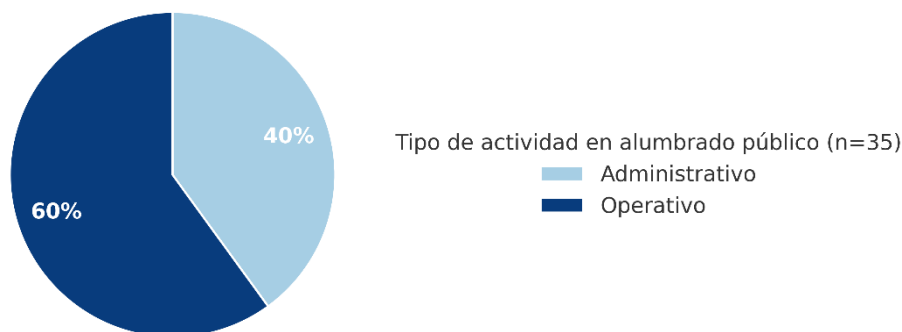
El grupo más numeroso corresponde a quienes tienen menos de 2 años de labor (31,4 %), seguido por los empleados con entre 2 y 5 años (22,9 %) y más de 15 años (22,9 %). Un 20 % de los participantes registra una antigüedad de 5 a 10 años, mientras que apenas un 2,8 % tiene entre 10 y 15 años de experiencia.

Esta estructura refleja una combinación equilibrada entre personal nuevo y trabajadores de trayectoria, característica que enriquece la diversidad de perspectivas dentro de la muestra.

El predominio de colaboradores con menos de 5 años de servicio (54,3 %) sugiere una renovación institucional reciente dentro de la EERCS, probablemente asociada a procesos de modernización tecnológica y fortalecimiento del talento humano. Este segmento aporta una visión actualizada sobre las tendencias técnicas y normativas relacionadas con la implementación de tecnología LED.

Por su parte, el grupo con más de 10 años de experiencia (25,7 %) representa un conocimiento consolidado de los procesos operativos, administrativos y normativos, esencial para evaluar la evolución técnica del alumbrado público y su impacto en la gestión energética. La coexistencia de ambos perfiles facilita la construcción de un diagnóstico integral y equilibrado.

Figura 4. Tipo de actividad en alumbrado público.



Fuente: elaboración propia

El 60 % de los encuestados realiza labores operativas, mientras que el 40 % desempeña funciones administrativas. Esta proporción evidencia que la mayoría de participantes mantiene una relación directa con la ejecución técnica y el mantenimiento del sistema de alumbrado, mientras que una fracción importante interviene en tareas de planificación, control y gestión institucional.

La predominancia del personal operativo es coherente con la naturaleza del estudio, dado que la evaluación de la tecnología LED implica observaciones de campo, análisis de desempeño lumínico, eficiencia energética y condiciones de mantenimiento. Este grupo aporta una visión empírica y técnica fundamental sobre la funcionalidad real de las luminarias LED, su durabilidad y las dificultades que enfrentan durante la instalación y reposición.

Por su parte, el segmento administrativo complementa el análisis al aportar criterios relacionados con la planificación de proyectos, evaluación económica, gestión presupuestaria y cumplimiento normativo. La interacción entre ambos tipos de actividades fortalece la comprensión integral del impacto de la modernización tecnológica dentro del contexto institucional de la EERCS.

Los resultados de la encuesta aplicada en el marco del estudio “Tecnología LED en el alumbrado público de Méndez 2025: evaluación técnica y económica” evidencian una muestra con sólida base técnica y profesional, integrada por personal con distintos niveles académicos, funciones y años de experiencia dentro de la EERCS. La diversidad de perfiles que combina técnicos opera-

tivos, ingenieros, responsables de proyectos y personal administrativo, garantiza una representatividad funcional equilibrada entre la práctica de campo y la gestión institucional. Esta estructura laboral heterogénea, caracterizada por la convergencia entre experiencia consolidada y actualización tecnológica, refuerza la fiabilidad del estudio y permite un análisis integral del impacto del cambio a tecnología LED, abarcando de manera coherente las dimensiones técnica, económica y organizacional del proceso de modernización del alumbrado público en el cantón Méndez.

Análisis de regresión lineal múltiple

Los datos corresponden a un modelo donde Y1 (Eficiencia y ahorro) es la variable dependiente y X1 (Aspectos técnicos), X2 (Instalación y mantenimiento) y X3 (Integración y gestión) son las variables independientes.

Tabla 2. Coeficientes de Regresión

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-2,591	6,912		-,375	,710
1 X1 Aspectos técnicos	,457	,219	,288	2,092	,045
X2. Instalación y mantenimiento	,252	,200	,193	1,264	,216
X3 Integración y gestión	,990	,322	,453	3,075	,004

a. Variable dependiente: Y1 Eficiencia y ahorro

Fuente: elaboración propia por medio de SPSS.

X1: Aspectos Técnicos y Y1: Eficiencia y Ahorro

$B = 0,457$, $Beta = 0,288$, $t = 2,092$, $p = 0,045$

La variable independiente *Aspectos Técnicos* resulta significativa al nivel de 0,05 ($p = 0,045 < 0,05$). El coeficiente positivo indica que, manteniendo constantes las demás variables, un incremento de una unidad en aspectos técnicos se asocia con un aumento aproximado de 0,457 unidades en eficiencia y ahorro. El valor del Beta estandarizado (0,288) refleja que ejerce un efecto moderado en comparación con las otras variables. Conceptualmente, los aspectos técnicos influyen directamente en la eficiencia y ahorro, dado que las mejoras en tecnología, procedimientos o especificaciones técnicas tienden a traducirse en procesos más rápidos, precisos y económicos, lo cual coincide con la teoría de eficiencia operativa, que establece que los factores técnicos afectan directamente el desempeño.

X2: Instalación y Mantenimiento y Y1: Eficiencia y Ahorro

$B = 0,252, \text{Beta} = 0,193 \text{ } t = 1,264, p = 0,216 > 0,05$

La variable independiente *Instalación y Mantenimiento* no resulta estadísticamente significativa ($p = 0,216 > 0,05$). Su coeficiente positivo sugiere una relación directa con la eficiencia y ahorro, pero el efecto observado no es suficientemente confiable para afirmarlo con base en los datos de la muestra. El Beta estandarizado (0,193) indica que su influencia es menor en comparación con las otras variables. Este resultado puede interpretarse considerando que la instalación y mantenimiento podría tener un impacto más indirecto o depender de factores adicionales no contemplados en el modelo.

X3: Integración y Gestión y Y1: Eficiencia y Ahorro

$B = 0,990, \text{Beta} = 0.453 \text{ } t = 3,075, p = 0,004$

La variable independiente *integración y gestión* es altamente significativa ($p = 0,004 < 0,05$). Su coeficiente positivo indica que un aumento de una unidad en integración y gestión se asocia con un incremento aproximado de 0,990 unidades en eficiencia y ahorro, manteniendo constantes las demás variables. El Beta estandarizado (0,453) evidencia que es la variable con mayor efecto relativo sobre la eficiencia y ahorro. Conceptualmente, una adecuada integración y gestión implica coordinación efectiva, planificación y control de procesos, lo que se traduce en mejoras tangibles en eficiencia y ahorro, confirmando la importancia de este factor en la operación.

Ecuación del modelo

Con los coeficientes no estandarizados (B) de la Tabla 2 de regresión lineal múltiple, la ecuación del modelo es la siguiente:

- **$Y = -2,591 + 0,457(X1) + 0,252(X2) + 0,990(X3)$**

Dónde:

- Y = Eficiencia y ahorro (variable dependiente)
- X1 = Aspectos técnicos (variable independiente)
- X2 = Instalación y mantenimiento (variable independiente)
- X3 = Integración y gestión (variable independiente)

La ecuación del modelo explica que, manteniendo las demás constantes, por cada unidad que aumenta X1, la eficiencia y el ahorro aumentan en 0,457 unidades; por cada unidad que aumenta X2, aumentan en 0,252 unidades, aunque no lo hace de forma significativa; y por cada unidad que aumenta X3, aumentan en 0,990 unidades.

Tabla 3. Resumen de Modelo

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación.
1	,816 ^a	,666	,634	4,518

Fuente: elaboración propia por medio de SPSS.

La Tabla 3 presenta el resumen del modelo de regresión lineal múltiple, que analiza el efecto de los aspectos técnicos (X1), instalación y mantenimiento (X2) e integración y gestión (X3) sobre la eficiencia y ahorro (Y1), el modelo presenta un buen ajuste general, con un coeficiente de correlación múltiple $R = 0,816$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0,666$, lo que indica que aproximadamente el 66,6% de la variabilidad en Y1 se explica por las variables independientes. El R^2 ajustado de 0,634 confirma que las variables incluidas contribuyen de manera significativa al modelo. El error estándar de la estimación de 4,518 indica que las predicciones del modelo se desvían en promedio $\pm 4,518$ unidades respecto a los valores observados, lo que refleja una precisión aceptable en la predicción de la eficiencia y ahorro.

Tabla 4. Análisis ANOVA

Modelo	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	F	Sig.
Regression	1263,920	3	421,307	20,640	,000 ^b
1 Residual	632,766	31	20,412		
Total	1896,686	34			

a. Variable Dependiente: Y1 Eficiencia y ahorro

b. Predictores: (Constante), X3 Integración y Gestión, X1 Aspectos Técnicos, X2. Instalación y Mantenimiento

Fuente: elaboración propia por medio de SPSS

La Tabla 4 referente al Análisis ANOVA muestra que el modelo de regresión lineal múltiple es altamente significativo en su conjunto ($F = 20,640$, $p < 0,01$). La suma de cuadrados de la regresión (1263,920) indica que gran parte de la variabilidad de Y1 es explicada por las variables independientes, mientras que la suma de cuadrados residual (632,766) representa la variabilidad no explicada. Con un total de 1896,686 unidades de variabilidad, el modelo logra explicar aproximadamente el 66,6% de la variabilidad de la eficiencia y ahorro, confirmando que las variables independientes, tomadas en conjunto, aportan significativamente al ajuste del modelo y al entendimiento de los factores que influyen en Y1.

En síntesis, el modelo de regresión lineal múltiple demuestra ser coherente, consistente y estadísticamente suficiente para respaldar la hipótesis planteada, al evidenciar que la eficiencia y el ahorro energético se ven fortalecidos principalmente por la integración y gestión de los procesos, así como por la calidad de los aspectos técnicos implementados en el sistema de alumbrado público LED en Méndez. Los resultados confirman que la variable Integración y Gestión (X3) ejerce el mayor efecto sobre la variable dependiente, seguida de Aspectos Técnicos (X1), lo cual concuerda

con los postulados teóricos que destacan la importancia de la planificación, coordinación y calidad técnica como pilares de la eficiencia operativa y del aprovechamiento energético en proyectos de modernización tecnológica (Velásquez et al., 2024; Fokina et al., 2022). De esta manera, el modelo no solo valida empíricamente la relación positiva entre los factores analizados, sino que también ofrece una base analítica sólida para la toma de decisiones orientadas a optimizar la gestión energética y económica en futuras implementaciones de alumbrado público eficiente.

Discusión

El modelo de regresión desarrollado confirmó que las dimensiones de *Integración y Gestión* (X3) y *Aspectos Técnicos* (X1) ejercen las influencias más fuertes y estadísticamente significativas sobre la *Eficiencia y Ahorro* (Y1) en la implementación de iluminación LED en el cantón Méndez. En particular, una mejora de una unidad en la gestión integrada del proyecto (X3) se asoció con un incremento de casi 1 unidad en la eficiencia y ahorro ($B = 0,990$; $p = 0,004$), siendo este el factor de mayor peso relativo en el modelo ($Beta = 0,453$). Igualmente, el fortalecimiento de los aspectos técnicos (X1) mostró una contribución positiva y significativa ($B = 0,457$; $p = 0,045$), con un efecto moderado pero importante ($Beta = 0,288$). Por el contrario, la dimensión de Instalación y Mantenimiento (X2) presentó un coeficiente positivo menor y no significativo estadísticamente ($p = 0,216$), lo que sugiere que su impacto directo en la eficiencia y el ahorro es menos evidente o podría depender de condiciones externas. Estos resultados respaldan la hipótesis inicial de que la modernización con tecnología LED mejora la eficiencia técnica y promueve el ahorro económico, especialmente cuando está acompañada de una gestión integral eficaz y de un diseño técnico adecuado del sistema.

La evidencia obtenida permite responder de forma explícita la pregunta de investigación. En efecto, la implementación de tecnología LED influye positivamente en la eficiencia técnica y el ahorro económico del alumbrado público, al lograr mayores niveles de iluminación con menor consumo de energía y costos operativos reducidos. Este hallazgo central cumple con el objetivo general del estudio, ya que se analizó y confirmó cuantitativamente dicha influencia. Se demuestra que la adopción de luminarias LED conlleva una mejora sustancial en el desempeño técnico del sistema junto con una disminución importante de los costos energéticos y de mantenimiento frente a las tecnologías de sodio y mercurio, que forman parte del sistema de alumbrado público en la actualidad. De esta manera, el estudio aporta evidencia local de que el cambio tecnológico propuesto incide de forma significativa y favorable tanto en la eficiencia como en el ahorro, cumpliendo así los objetivos planteados.

Los resultados concuerdan con tendencias reportadas en otros contextos recientes. Diversos estudios internacionales señalan que reemplazar luminarias tradicionales por LED reduce el consumo de energía aproximadamente en un 50–70%, reflejando mejoras notables en eficiencia energética (Valetti et al., 2023). Este rango de ahorro coincide con lo observado en el presente análisis, implicando que las ganancias en eficiencia técnica se traducen directamente en ahorro económico sostenible. Como se menciona Valetti et al. (2023), reportan que la iluminación LED puede pro-

porcionar ahorros de energía superiores al 50%, con un beneficio presupuestario considerable y un buen retorno de la inversión. De manera similar, Quispe Mera y Tonato Velasco (2021), encontraron que el uso de tecnología LED disminuye entre un 50% y 70% los costos operativos a lo largo de la vida útil del sistema, generando un beneficio económico sostenido. En línea con estos hallazgos, Sarcos y Bustamante (2024), proyectaron, a escala nacional en Ecuador, reducciones de consumo del orden del 40–60% al migrar de lámparas de sodio a LED, con ahorros acumulados significativos que permitirían recuperar la inversión en menos de 4 años. Incluso en contextos internacionales, se ha comprobado la viabilidad económica de esta transición: un estudio de caso en Omán demostró que reemplazar lámparas de vapor de sodio por LED resultó rentable, logrando un rápido retorno de la inversión y mayores ahorros cuando se combinaron las luminarias LED con sistemas fotovoltaicos para el alumbrado público (George Allwyn et al., 2021).

Los resultados confirman que la *Integración y Gestión* (X3) es el factor más determinante para mejorar la eficiencia y el ahorro del sistema de alumbrado público LED en Méndez. Este hallazgo coincide con investigaciones que señalan que una gestión integral, con planificación, monitoreo y coordinación de todas las etapas del proyecto, maximiza los resultados técnicos y financieros (Fokina et al., 2022). Desde la perspectiva institucional, una gestión moderna e integrada optimiza los recursos públicos y mejora la sostenibilidad fiscal (Ocaña Ramos et al., 2025).

En segundo lugar, los Aspectos Técnicos (X1) también mostraron influencia positiva, respaldando que la calidad del diseño y la selección adecuada de luminarias LED determinan el rendimiento energético. Estudios recientes evidencian que eficiencias de hasta 150 lm/W permiten altos niveles de iluminación con menor consumo (Velásquez et al., 2024).

Aunque la dimensión Instalación y Mantenimiento (X2) no fue significativa estadísticamente, sigue siendo relevante a largo plazo. La literatura indica que estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo sostienen las mejoras de eficiencia y reducen costos operativos en sistemas LED (Firdaus et al., 2023). Este aspecto abre la posibilidad de futuras investigaciones orientadas a optimizar la gestión del mantenimiento dentro de redes inteligentes de alumbrado.

En síntesis, los hallazgos del estudio tienen un alto impacto práctico y aportan al conocimiento aplicado tanto en el ámbito de la gestión pública como de la ingeniería eléctrica. Para la administración y gestión de recursos públicos, los resultados proporcionan evidencia sólida de que la inversión en tecnología LED puede traducirse en ahorros presupuestarios significativos y mejora en la prestación del servicio de alumbrado. Desde el punto de vista de las políticas de la EERCS, esto respalda la viabilidad de escalonar proyectos de modernización del alumbrado público bajo un enfoque de sostenibilidad energética y financiera. El hecho de demostrar, con datos de Méndez, mejoras concretas en eficiencia y reducciones de costo tras la implementación de LED refuerza los argumentos para que las empresas distribuidoras de energía eléctrica orienten recursos hacia este tipo de iniciativas.

El presente trabajo contribuye con un modelo de evaluación técnica y económica que puede replicarse o adaptarse en otras localidades. Este enfoque interdisciplinario, que combina inge-

nería y gestión, es un aporte valioso para que profesionales del sector pueden apoyarse en esta metodología para anticipar los beneficios de migrar a tecnología LED y para identificar qué factores organizacionales o técnicos maximizarán dichos beneficios. Adicionalmente, el estudio de Méndez resalta la importancia de incluir variables de gestión en los análisis técnico-económicos. Al hacerlo, se demuestra que los aspectos organizacionales pueden ser tan determinantes como las características técnicas en el éxito de un proyecto de modernización tecnológica.

Conclusión

La investigación desarrollada permitió comprobar empíricamente que la implementación de tecnología LED en el alumbrado público de Méndez tiene una incidencia directa y significativa sobre la eficiencia técnica y el ahorro económico del sistema, consolidando una evidencia local de alto valor para la gestión energética y la planificación institucional. Los resultados confirman que la variable *Integración y Gestión* constituye el principal determinante del desempeño general, seguida de los *Aspectos Técnicos*, validando la hipótesis planteada y cumpliendo plenamente el objetivo general del estudio.

En primer lugar, se concluye que la eficiencia técnica no depende únicamente de la sustitución de luminarias, sino del grado de integración institucional y de la capacidad de gestión para coordinar procesos de diseño, adquisición, instalación, control y mantenimiento. Una gestión articulada y basada en evidencia optimiza los resultados técnicos, financieros y operativos, fortaleciendo la sostenibilidad fiscal y la calidad del servicio público de alumbrado.

En segundo término, la calidad técnica de las luminarias LED seleccionadas y el diseño fotométrico del sistema constituyen elementos esenciales para maximizar la eficiencia energética, reducir el consumo eléctrico y garantizar uniformidad lumínica. Estos resultados reafirman la pertinencia técnica de la transición tecnológica emprendida, al demostrar que las mejoras en ingeniería y control de calidad tienen repercusiones directas en la eficiencia global y en la reducción de costos operativos sostenidos en el tiempo.

A nivel de gestión pública, el estudio demuestra que la adopción de tecnología LED representa una inversión socialmente rentable, que contribuye al uso eficiente de recursos públicos y al cumplimiento de políticas nacionales de sostenibilidad energética. Este enfoque integral proporciona una justificación científica para la expansión de proyectos de modernización del alumbrado.

Desde la perspectiva profesional, el trabajo aporta un modelo metodológico replicable para la evaluación técnico-económica de sistemas de alumbrado, integrando análisis estadístico, criterios de eficiencia y variables de gestión. Este enfoque interdisciplinario contribuye tanto al fortalecimiento de la ingeniería eléctrica aplicada como a la consolidación de modelos de administración pública basados en evidencia.

No obstante, el estudio presenta limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, el tamaño y tipo de muestra restringen la generalización de los resultados; en segundo lugar, el aná-

lisis se limitó a un horizonte temporal corto, por lo que no se valoraron los efectos acumulativos ni el comportamiento del ahorro energético a largo plazo. Adicionalmente, no se incorporaron variables ambientales ni sociales como la percepción ciudadana o reducción de emisiones de CO₂, que podrían enriquecer el análisis integral del impacto de la tecnología LED.

Para investigaciones futuras, se propone profundizar en el análisis de costo-beneficio a lo largo del ciclo de vida de las luminarias, incorporar sistemas de telegestión e inteligencia lumínica (IoT) para monitoreo en tiempo real. De igual modo, se recomienda realizar estudios de percepción ciudadana que permitan evaluar la mejora en seguridad, confort y calidad visual asociada a la modernización del alumbrado público.

Finalmente, este trabajo constituye un aporte técnico, económico y gerencial que demuestra la viabilidad del cambio a tecnología LED. Los hallazgos evidencian que una gestión eficiente y una adecuada planificación técnica permiten alcanzar altos niveles de eficiencia energética, optimizar el uso de recursos públicos y consolidar una infraestructura urbana sostenible, reafirmando el papel estratégico de la ingeniería eléctrica y la gestión pública en la transición hacia ciudades más inteligentes y energéticamente responsables.

Referencias

- Alcívar-Centeno, J. R., Loor-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñonez-Guagua, E. F., & Gresely-Santi, F. A. (2023). Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 340-350. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.606>
- Ammara, U., Rasheed, K., Mansoor, A., Al-Fuqaha, A., & Qadir, J. (2022). Smart cities from the perspective of systems. *Systems*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/systems10030077>
- Calle Mollo, S. E. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865-1879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016
- Cejas-Martínez, M. F., Liccioni, E. J., Aldaz-Hernández, S. M., Murillo-Naranjo, M. E., & Venegas-Álvarez, G. S. (2023). *Enfoque cuantitativo y cualitativo: Una mirada de los métodos mixtos. Investigación y Desarrollo Ecuador CIDE*. FEDUEZ. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8384925>
- Chaux-Terán, M. P., Robles-Hidrovo, J. L., Vivar-Montaña, K. S., González-Quiñonez, L. A., Gresely-Santi, F. A., & Erazo-Velasco, I. E. (2023). Análisis de optimización de la tecnología de iluminación en el sector público para la ciudad de Esmeraldas. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 368-374. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.610>
- Dadd, D., & Hinton, M. (2022). Performance measurement and evaluation: applying return on investment (ROI) to human capital investments. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 72(9), 2736-2764. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2021-0573>
- Department of Energy. (2023). *Adoption of Light Emitting Diodes in Common Lighting Applications*. U.S. Department of Energy.

- European Commission. Joint Research Centre. (2021). *Update on the status of LED-lighting world market since 2018*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/759859>
- Firdaus, N., Ab-Samat, H., & Prasetyo, B. T. (2023). Maintenance strategies and energy efficiency: A review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(3), 640–665. <https://doi.org/10.1108/JQME-06-2021-0046>
- Fokina, O. V., Sozinova, A. A., Glebova, A. G., & Nikonova, N. V. (2022). Improving the quality of project management at EnergyTech through marketing in support of sustainable and environmental development of energy economics. *Frontiers in Energy Research*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.943447>
- George Allwyn, R., Al Abri, R., Malik, A., & Al-Hinai, A. (2021). Economic Analysis of Replacing HPS Lamp with LED Lamp and Cost Estimation to Set Up PV/Battery System for Street Lighting in Oman. *Energies*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/en14227697>
- Gómez-Limón, J. A., et al. (2021). Technological innovation diffusion in sustainable urban systems. *Journal of Cleaner Production*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126456>
- Guevara-Albán, G., Verdesoto-Arguello, A., & Castro-Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hernández-González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3).
- International Energy Agency. (2022). *Lighting – Analysis*. IEA.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). *Marketing 5.0: Technology for humanity*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119668510>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Medina Chicaiza, P., Chango Guanoluisa, M., Corella Cobos, M., & Guizado Toscano, D. (2023). Transformación digital en las empresas: una revisión conceptual. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7726439>
- Moreno-Hernández, K. (2024). La encuesta como técnica de investigación en Ciencia Política. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 37, 13-35. <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2024.37.87654>
- Ocaña Ramos, A. L., Peñafiel Gavilanes, J. N., & Angulo Vélez, D. A. (2025). Eficiencia y sostenibilidad en la gestión de recursos públicos: claves para el desarrollo económico en el Ecuador. *Nexus Research Journal*, 4(1), 298-319. <https://doi.org/10.62943/nrj.v4n1.2025.240>
- Pardo-Bosch, F., Blanco, A., Sesé, E., Ezcurra, F., & Pujadas, P. (2022). Sustainable strategy for the implementation of energy efficient smart public lighting in urban areas: Case study in San Sebastian. *Sustainable Cities and Society*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103454>
- Quispe Mera, Á., & Tonato Velasco, M. (2021). Análisis económico de la eficiencia energética por la utilización de tecnología LED en el consumo eléctrico residencial. *RES NON VERBA REVISTA CIENTÍFICA*, 11(1), 73-91. <https://doi.org/10.21855/resnonverba.v11i1.423>

- Ramos-Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-10. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.312>
- Rofaie, N. S. A., Phoong, S. W., & Abdul Talib @ Abdul Mutalib, M. (2022). Light-Emitting Diode (LED) versus High-Pressure Sodium Vapour (HPSV) Efficiency: A Data Envelopment Analysis Approach with Undesirable Output. *Energies*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/en15134589>
- Salvador-Oliván, J. A., Marco-Cuenca, G., & Arquero-Avilés, R. (2021). Evaluación de la investigación con encuestas en artículos publicados en revistas del área de Biblioteconomía y Documentación. *Revista Española de Documentación Científica*, 44(3). <https://doi.org/10.3989/redc.2021.3.1877>
- Sarcos, R. I., & Bustamante, M. (2024). Impact of the projected energy savings with the migration of sodium vapor lamps to LED technology in public lighting in Ecuador. *SIJIS*, 3(4), 472-485. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i4.472>
- Signify. (n.d.). *Philips LED's most energy-efficient A-class bulbs*. <https://n9.cl/gd09s>
- Torres-Malca, J. R., Vera-Ponce, V. J., Zuzunaga-Montoya, F. E., Talavera, J. E., & De La Cruz-Vargas, J. A. (2022). Validez de contenido por juicio de expertos de un instrumento para medir conocimientos, actitudes y prácticas sobre el consumo de sal en la población peruana. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(2), 273-279. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v22i2.4812>
- Trujillo González, N. (2025). Políticas públicas y planes de desarrollo: claves para una gestión pública efectiva. *Revista Control Visible*, 5, 45-60. <https://doi.org/10.70254/controlvisible.2025.5.45>
- Valetti, L., Piccablotto, G., Taraglio, R., & Pellegrino, A. (2023). Long-term monitoring campaign of LED street lighting systems: Focus on photometric performances, maintenance and energy savings. *Sustainability*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/su152416910>
- Velásquez, C., Espín, F., Castro, M. Á., & Rodríguez, F. (2024). Energy efficiency in public lighting systems friendly to the environment and protected areas. *Sustainability*, 16. <https://doi.org/10.3390/su16125113>

Autores

Juan Carlos Pesantez Salinas. Ingeniero Eléctrico de profesión y maestrante en el programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos.

Guido Olivier Erazo Álvarez. Docente de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Glenda Maricela Ramon Poma. Docente tutor, de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Declaración

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes externas a este artículo.

Nota

El artículo es original y no ha sido publicado previamente.