

Evaluación técnica, económica y ambiental del cambio del sistema de alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas a tecnología LED

Technical, economic and environmental evaluation of the change of the public lighting system of the citadel Costa Verde-Esmeraldas to LED technology

Avaliação técnica, económica e ambiental da mudança do sistema de iluminação pública da cidadela Costa Verde-Esmeraldas para tecnologia LED

Frank Adonis García-Tenorio

frank.garcia@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1689-688X>

Estudiante de la Carrera de Electricidad en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

Jomar Jesús Simisterra-Quintero

jomar.simisterra@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5148-9542>

Estudiante de la Carrera de Electricidad en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

Katherin Nicolle Barre-Cedeño

katherin.barre@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7528-5990>

Estudiante de la Carrera de Electricidad en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

José Vivencio Bautista-Sánchez

jose.bautista@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3358-1908>

Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

Byron Fernando Chere-Quiñónez

byron.chere@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1886-6147>

Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

RESUMEN

El objetivo del presente artículo fue en realizar la evaluación técnica, económica y ambiental del cambio del sistema de alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas a tecnología LED. La metodología se enmarcó en el paradigma cuantitativo, la investigación fue de tipo descriptiva, diseño de campo y con apoyo de un estudio documental bibliográfico. La muestra de estudio quedó conformada por 10 sujetos quienes dieron su consentimiento informado para participar en esta indagación. La técnica de recolección de datos fue la encuesta y el instrumento un cuestionario tipo escala Likert específicamente elaborado para tal fin. Los resultados arrojan: el 50% considera que a veces el alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas opera satisfactoriamente; 60% está de acuerdo con la activación de un proceso de cambio de luminarias en el corto plazo; 70% opina que se cuenta con la infraestructura instalada para acometer los cambios del Alumbrado Público; 80% considera las luminarias LED como alternativas para la transformación del Alumbrado Público; 60% estima que las inversiones en luminarias LED es rentable en el corto plazo; 70% consideró que el GAD Esmeraldas está en capacidad de financiar el cambio de luminarias tradicionales por luces LED en la ciudadela Costa Verde y; 80% dice que el cambio de luminarias tradicionales por luces LED puede contribuir a la protección medio ambiental. Se concluye que: el GAD de Esmeraldas, como ente corresponsable del suministro de iluminación pública local, puede acometer las debidas acciones para el cambio de farolas actuales basadas en tecnología tradicional, por las luces LED en la ciudadela Costa Verde, pues cuenta con la infraestructura y los medios económicos para tal fin, en consonancia con lo establecido en la normativa del país y como forma de responder a los convenios suscritos internacionalmente sobre el cuidado ambiental.

Palabras Clave: Alumbrado Público, transformación, luminarias LED, cuidado ambiental.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out the technical, economic and environmental evaluation of the change of the public lighting system of the Costa Verde-Esmeraldas citadel to LED technology. The methodology was framed in the quantitative paradigm, the research was descriptive, field design and supported by a bibliographic documentary study. The study sample was made up of 10 subjects who gave their informed consent to participate in this investigation. The data collection technique was the survey and the instrument was a questionnaire type Likert scale specifically developed for this purpose. The results show: 50% consider that sometimes the public lighting of the Costa Verde-Esmeraldas citadel operates satisfactorily; 60% agree with the activation of a lighting change process in the short term; 70% think that they have the infrastructure installed to undertake the changes in Public Lighting; 80% consider LED luminaires as alternatives for the transformation of Public Lighting; 60% estimate that investments in LED luminaires are profitable in the short term; 70% considered that GAD Esmeraldas is capable of financing the change of traditional lighting for LED lights in the Costa Verde citadel and; 80% say that switching from traditional luminaires to LED lights can contribute to environmental protection. It is concluded that: the GAD of Esmeraldas, as the entity co-responsible for the supply of local public lighting, can undertake the necessary actions to change current streetlights based on traditional technology, for LED lights in the Costa Verde citadel, since it has the infrastructure and the economic means for that purpose, in accordance with the provisions of the country's regulations and as a way of responding to the agreements signed internationally on environmental care.

Keywords: Public Lighting, transformation, LED luminaires, environmental care.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar a avaliação técnica, económica e ambiental da mudança do sistema de iluminação pública da cidadela Costa Verde-Esmeraldas para a tecnologia LED. A metodologia foi enquadrada no paradigma quantitativo, a pesquisa foi descritiva, de desenho de campo e apoiada por um estudo documental bibliográfico. A amostra do estudo foi composta por 10 sujeitos que deram seu consentimento informado para participar desta investigação. A técnica de coleta de dados foi a survey e o instrumento foi um questionário tipo escala Likert desenvolvido especificamente para este fim. Os resultados mostram: 50% consideraram que por vezes a iluminação pública da cidadela Costa Verde-Esmeraldas funciona de forma satisfatória; 60% concordam com a ativação de um processo de mudança de iluminação no curto prazo; 70% acham que têm a infraestrutura instalada para realizar as mudanças na Iluminação Pública; 80% consideram as luminárias LED como alternativas para a transformação da Iluminação Pública; 60% estimam que os investimentos em luminárias LED são rentáveis no curto prazo; 70% consideraram que o GAD Esmeraldas tem capacidade para financiar a mudança da iluminação tradicional por LED na cidadela da Costa Verde e; 80% dizem que a mudança de luminárias tradicionais para luzes LED pode contribuir para a proteção ambiental. Conclui-se que: o GAD de Esmeraldas, enquanto entidade co-responsável pelo fornecimento de iluminação pública local, pode realizar as ações necessárias para a substituição dos atuais postes de iluminação pública baseados na tecnologia tradicional, por LEDs na cidadela da Costa Verde, uma vez que a infra-estrutura e os meios económicos para o efeito, de acordo com o disposto na regulamentação do país e como forma de responder aos acordos firmados internacionalmente sobre cuidado ambiental.

Palavras-chave: Iluminação Pública, transformação, luminárias LED, cuidado ambiental.

Introducción

Los temas ambientales, hoy en día, ocupan la agenda de diversas organizaciones a escala global, evidenciados en los diversos tratados, acuerdos y convenios internacionales en la materia que han ido surgiendo progresivamente, principalmente, por las consecuencias nocivas que ha tenido el fenómeno del cambio climático, producto de la implementación por varias décadas de un enfoque marcadamente desarrollista y depredador de los recursos naturales.

En relación a lo precedente, Benavides & León (2007) afirman que la humanidad es el factor más sustancial del cambio en el clima, pues la influencia fuerte y directa de las emisiones asociadas con la quema de combustibles fósiles, algunas actividades forestales y la mayoría de las agrícolas, la producción y el empleo de diversas sustancias químicas han alterado la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI). Vale referir aquí lo expresado en el reporte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), sobre el hecho de que los gases de efecto invernadero (GEI) se producen de manera natural y son esenciales para la supervivencia de los seres humanos y de millones de otros seres vivos ya que, al impedir que parte del calor del sol se propague hacia el espacio, hacen la Tierra habitable (ONU, 2021).

En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos que pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera (Benavides & León, 2007).

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) influyen en el clima y a la vez, son influidos por éste, tienen impacto sobre la radiación solar, de este modo, todos los GEI directamente influenciados por las emisiones humanas están bien mezclados en la atmósfera, de forma que su concentración es casi la misma en cualquier parte y es independiente del lugar donde se produce (Benavides & León, 2007). La concentración de GEI en la atmósfera terrestre está directamente relacionada con la temperatura media mundial de la Tierra; ha ido aumentando progresivamente con la industrialización y, con ella, la temperatura del planeta; siendo el GEI más abundante, el dióxido de carbono (CO₂) que resulta de la quema de combustibles fósiles y representa alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI (ONU, 2021).

En estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la generación de energía es el factor que más contribuye al cambio climático, debido a que representa alrededor del 60 por ciento de las emisiones globales totales de gases de efecto invernadero mundiales (PNUMA, 2015). El gran consumidor de energía eléctrica en los países son las ciudades, según Wee Kean et al (2014) se calcula que un 70 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial relacionadas con la energía provienen de las ciudades, un número que es probable que continúe aumentando ya que se espera que dos terceras partes de toda la población viva en zonas urbanas para mediados de siglo.

De manera similar, López (2021) indica que hoy en día, las ciudades representan más del 50% de la población del planeta, el 80% de su producción económica, dos tercios del consumo mundial de energía y más del 70% de las emisiones globales de carbono anuales. Siguiendo con estas aportaciones López (2021) destaca que la electricidad consumida en el alumbrado público a nivel mundial es equivalente al consumo eléctrico anual total de Alemania y puede constituir hasta el 65% de los presupuestos municipales de electricidad. Asimismo, denota el referido autor que solo el 3% de los 320 millones de postes de alumbrado público del mundo están habilitados de manera inteligente, a pesar de que este tipo de alumbrado puede reducir el uso de electricidad hasta en un 80% al ajustar la salida según los niveles de luz ambiental y el clima.

En América Latina, casi el 80% de la población vive en ciudades, una cifra que seguramente aumentará (Schaefer, 2016). En las cuestiones relativas al consumo de energía en el alumbrado público en la región, diversos informes que se ocupan del tema presentan algunos datos interesantes, a saber: en Río de Janeiro, se consume un 60% más en alumbrado público que en Nueva York. En México, se estima que el alumbrado público consume el equivalente al 2.25% del gasto de energía eléctrica nacional (de Buen et al, 2019). En países como Colombia y Ecuador se aprecia que el consumo asociado al abastecimiento de energía para el alumbrado público corresponde al 3% y el 6% respectivamente (Orellana & Sarango, 2015).

Ante este panorama, a nivel mundial hay muchas experiencias que pueden ser replicadas, para mejorar la eficiencia energética en la red de alumbrado público de las ciudades latinoamericanas en beneficio del medioambiente, tal es el caso de las luminarias tipo LED (Light Emitting Diode, por sus siglas en inglés). De acuerdo con (Sbrugnera, 2016) el cambio de luminarias convencionales a luminarias LED es un punto a considerar a la hora de buscar soluciones para mitigar la producción de CO₂ que las empresas producen para suplir las necesidades básicas de las actividades humanas.

En atención a lo anterior Secue et al (2018) destacan algunas ventajas de la tecnología LED que han propiciado su avance en el campo de la iluminación: a) alta eficacia luminosa; b) bajo consumo; c) vida útil; d) calidad de la luz emitida; e) baja emisión de calor; f) respuesta instantánea; g) regulables; h) ecológicos; i) resistencia; j) aplicables en sistemas de emergencia; k) versatilidad; l) menores emisiones de CO₂ y; m) ahorro en cableado de instalación.

En el caso específico de Ecuador, el alumbrado público se realiza con la iluminación de descarga de alta intensidad y, la iluminación interior, con lámparas fluorescentes; tecnología que reemplazó a lámparas de mercurio/sodio de baja presión y a las incandescentes, con prestaciones de mayor eficiencia energética y más ahorro (Velásquez, 2021). Este mismo analista refiere que en Ecuador, la migración hacia la tecnología LED no se ha completado, esto está relacionado con los costos iniciales para su adquisición, comparada con las tecnologías vigentes y también a la incertidumbre que genera una tecnología en desarrollo. Los costos pueden variar dependiendo de las marcas, empresas distribuidoras y calidad de las lámparas (Velásquez, 2021).

En este sentido, se han realizado diversas investigaciones en el país que apuntan a la utilización de las luminarias LED para mejorar la calidad del servicio del alumbrado público, tal como refiere Delgado (2018) bajo los principios de sostenibilidad y sustentabilidad del sector eléctrico se busca la reducción de los costos del presupuesto del Estado ecuatoriano. A modo de ilustración, Freire (2018) en su investigación hace ver que el alumbrado actual de la vía (autopista Km 4 vía Milagro- el Deseo, Ecuador) se observa que se encuentra instaladas lámparas de sodio de alta presión, las más utilizadas en la actualidad, las cuales generan contaminación al momento de su desecho debido a que el gas que contiene la lámpara es muy perjudicial para el ambiente, por tal motivo se busca el cambio a una tecnología más limpia y eficiente como las lámparas LED, ahorrando en el proceso costos de mantenimiento y energía.

Asimismo, este autor denota que se debe poner énfasis en la tecnología LED para iluminación de las calles, avenidas y autopistas de las ciudades del Ecuador, logrando la correcta actualización de los sistemas existente de alumbrado público de la nación. En otro aporte, Rodríguez & Mendoza (2018) desarrolló un estudio en la comunidad San Felipe perteneciente a la parroquia Rio Chico del cantón Portoviejo, encontró que el alumbrado público se suministra mediante una infraestructura cuyos postes cuentan con lámparas de mercurio de 175W o de sodio de 250W y otros postes no cuentan con lámparas de alumbrado público. Frente a este panorama se hace pertinente la implementación del servicio de alumbrado público en el sector, aprovechando para ello la nueva tecnología existente.

Asimismo, Rodríguez & Mendoza (2018) enfatizan que una comunidad, sector o ciudad sin alumbrado público es vulnerable en muchos aspectos, particularmente en lo concerniente a la seguridad, igualmente destacan que el alumbrado público es un servicio que brinda el gobierno que consiste en ofertar la iluminación en las calles y parques del Ecuador.

En el contexto de este estudio, en la ciudad de Esmeraldas Delgado (2018) realizó una propuesta donde quedó plasmado que el uso de 72 luminarias LED, 12 de 150 watts y 60 de 250 watts, un costo de \$6.865,39 anuales, ahorrándose \$2.962,74, y siendo la durabilidad, cinco veces mayor a las de vapor de sodio. El costo de la inversión inicial del sistema propuesto será \$14.836,44, la recuperación de la inversión sería en 7 años y un coeficiente Beneficio/Costo de 1,23. A este respecto, se deja entrever de acuerdo con las cifras resultantes que la implementación de este tipo de proyectos en las localidades ecuatorianas supone un ahorro energético, económico además de ayudar a la protección medioambiental.

En las provincias y zonas del país como puede ser la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas, la modernización de los sistemas de alumbrado público permitirá no solo cambiar las tecnologías convencionales, sino también ampliar la cobertura existente, ahorrar en costos de mantenimiento y reducir el consumo de energía, generando por consiguiente la reducción de emisiones de CO₂. Tomando en consideración los planteamientos anteriores, las localidades ecuatorianas, tiene la oportunidad para desarrollar e implementar proyectos de cambio de luminarias convencionales a luminarias con tecnología LED, para la prestación de un servicio acorde a las tendencias que establece la modernización. Esto es, buscando en opinión de Rojas y Montenegro (2018) la aplicación de actividades que garanticen el uso racional y eficiente de energía, la eliminación de la liberación de CO₂, la disposición adecuada de residuos contaminantes que permitan enfocar las perspectivas hacia municipios comprometidos en el desarrollo sostenible.

Hechas las consideraciones anteriores, se tiene que el objetivo de la presente investigación es realizar la evaluación técnica, económica y ambiental del cambio del sistema de alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas a tecnología LED.

Desarrollo

El Alumbrado Público

El servicio de alumbrado público general se define según la Resolución Nro. 029/2020 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNR, 2020) del Ecuador como:

Alumbrado público general comprende los sistemas de alumbrado de vías públicas, para tránsito de personas y vehículos, incluye también los sistemas de iluminación de escenarios deportivos de acceso y uso público, no cerrados, cubiertos o no, de propiedad pública o comunitaria, ubicados en los sectores urbanos y rurales. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida (p.3).

De acuerdo con Rodríguez & Mendoza (2018) el alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

Por otra parte, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, define el alumbrado público como:

Es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público (p.1).

El alumbrado público es un bien público local no divisible prestado a una colectividad. La doctrina económica señala que esta acepción corresponde a aquel que: aunque sea consumido por una persona, puede ser consumido conjuntamente por otras [...] (Gutiérrez, 2011).

El alumbrado público es un servicio público fundamental por permitir que las poblaciones tengan actividad en espacios exteriores durante la noche, ya sea para movilizarse de o al trabajo, la escuela, las compras o, simplemente, transitar por las calles iluminadas (de Buen et al, 2019).

El alumbrado público es un elemento de suma importancia como bien social, de acuerdo con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI) es conocida la peligrosidad de la ausencia de luz natural en la circulación de vehículos. Los estudios realizados, a nivel nacional como en otros muchos, han demostrado que el alumbrado público coadyuva en gran medida a la reducción de los accidentes nocturnos (IDAE & CEI, 2001).

El servicio de alumbrado público desde una óptica económica presenta unas externalidades positivas indudables por los efectos directos que genera en el entorno urbanístico, en la percepción de seguridad, en la disminución de la criminalidad, en el desarrollo de los sectores económicos del comercio, los servicios y el turismo (Gutiérrez, 2011).

Componentes de un Sistema de Alumbrado Público

Un sistema de alumbrado público está conformado por las siguientes componentes (i) luminaria, los equipos auxiliares (balastos y drivers), equipos de control/gestión (Interruptores crepusculares, reloj astronómico, telegestión) y (ii) componentes eléctricos y de infraestructura adicionales (brazos, postes, cableados, transformadores, etc.) (Fundación Bariloche , 2018).

Es la luminaria la fuente de emisión de radiación visible, con componentes para difundir la luz, posicionar y proteger la lámpara, así como conectar la lámpara al suministro de energía eléctrica. Sus principales componentes son el reflector, el refractor y la carcasa (Fundación Bariloche , 2018).



Figura 1. Componentes de una luminaria de alumbrado público.

Fuente: (MGM International, 2018).

El Alumbrado Público en Ecuador

La iluminación pública en las diferentes provincias, cantones y ciudades del Ecuador es un asunto de gran interés para la nación, de este modo, en el artículo 4, numeral 7 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) establece como un derecho de los consumidores o usuarios finales, “Contar con alumbrado público en las vías públicas (...)” (ARCERNNR, 2020, pág. 1).

Asimismo, el artículo 7, segundo inciso de la LOSPEE dispone que “...La prestación del servicio público de energía eléctrica y de alumbrado público general, será realizada por el Gobierno Central, a través de empresas públicas o empresas mixtas en las cuales tenga mayoría accionaria, pudiendo excepcionalmente delegar a la iniciativa privada; siendo, en todos los casos, necesaria la obtención previa del título habilitante correspondiente (ARCERNNR, 2020, pág. 1).

Igualmente, el artículo 62 de la LOSPEE, en su primer inciso, establece que “El Estado, a través de las empresas públicas que realizan la actividad de distribución, será responsable de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público general. Además, dichas empresas suministrarán la energía eléctrica para la semaforización, sistemas destinados a la seguridad ciudadana, alumbrado público ornamental e intervenido (ARCERNNR, 2020, pág. 1).

En Ecuador, los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) desde el punto de vista formal como entidades territoriales han recibido del poder administrativo, según reza el artículo 62 de la LOSPEE, la competencia para la “la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público ornamental e intervenido será responsabilidad de los gobiernos autónomos descentralizados de conformidad con el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), cualquier entidad responsable del espacio público y control de tránsito, cuyos costos podrán ser cofinanciados por las empresas de distribución considerando costos de un alumbrado público estándar. Por acuerdo entre los gobiernos autónomos descentralizados y las empresas de distribución, el mantenimiento de estos sistemas de alumbrado público podrá ser realizado por estas empresas” (ARCERNNR, 2020, pág. 2).

Como titulares del servicio de alumbrado público los órganos del gobierno central asumen en una proporción muy importante en el país la prestación directa de la iluminación de las áreas comunes de la nación con el apoyo del ente local territorial, el GAD.

Los avances en el ámbito de las tecnologías han permitido el desarrollo de nuevas herramientas que aportan favorablemente de manera evidente en la gestión más eficiente del alumbrado público, tal es el caso de las luminarias LED, las cuales, han sido reconocidas como dispositivos de iluminación ecológicos y de bajo consumo. Para buscar un desarrollo sostenible, garantizar un suministro energético, mitigar el impacto de la explotación de recursos y hacer de los procesos sistemas eficientes, el uso racional y eficiente de la energía se perfila como una alternativa viable (Secue et al, 2018).

Todos los sistemas de iluminación y alumbrado público, deben garantizar, a decir de Secue et al, (2018) altos niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de luminosidad.

Tecnología LED (Light Emitting Diode)

Su nombre corresponde a la sigla de las palabras en inglés Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz). Los LEDs son dispositivos semiconductores en estado sólido que convierten energía eléctrica en luz visible. Cuando algunos elementos son combinados y se les pasa corriente eléctrica, se producen los fotones o luz (MGM International, 2018). La estructura de los sistemas de iluminación LED es totalmente distinta a la de los sistemas de iluminación tradicional y se basa en la tecnología de la electrónica del estado sólido (Secue et al, 2018). Los diodos emisores de luz están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. Un LED está formado por varias capas de material semiconductor (Secue et al, 2018).

La parte principal del LED es llamado “chip” y está compuesto por dos capas semiconductoras, una tipo-n que provee los electrones y otra tipo-p que tiene agujeros en los cuales caen los electrones para la creación de los fotones (MGM International, 2018).

Los LED pueden ser adquiridos por separado o integrados en dispositivos (MGM International, 2018). La gran mayoría de luminarias para alumbrado público con tecnología LED son diseños integrados, es decir, se considera el equipamiento interno de la luminaria como uno sólo, a diferencia de las luminarias en base a lámparas descarga donde cada elemento es posible desmontarlo y reemplazarlo independientemente de los otros componentes (Secue et al, 2018).

Ventajas de la Tecnología LED

Según Secue, Páez, Fonseca, & Muela (2018) dentro de las ventajas de la tecnología LED que han propiciado su avance en el campo de la iluminación se tienen:

- a.- Alta eficacia luminosa: la iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una lámpara corriente de características similares.
- b.- Bajo consumo: consumen 2,5 veces menos que una lámpara de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una lámpara incandescente tradicional.
- c.- Vida Útil: Las lámparas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura. No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30 000 y 50 000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costos de mantenimiento y remplazo.
- d.- Calidad de la luz emitida: las lámparas LED poseen un IRC alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz.
- e.- Baja emisión de calor: al consumir poca energía, las lámparas LED emiten poco calor.
- f.-) Respuesta instantánea: el encendido y apagado de las lámparas LED es rápido, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.
- g.-) Regulables: algunos fabricantes tienen modelos de LED que son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.
- h.-) Ecológicos: las lámparas LED son totalmente reciclables y ecológicas ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes.
- i.-) Resistencia: las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen un bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.
- j.-) Aplicables en sistemas de emergencia: Su bajo consumo las hace ideales para sistemas de iluminación de emergencia mediante un sistema de baterías o de generador auxiliar, por lo que pueden ahorrar energía en el dimensionamiento de los sistemas de respaldo de iluminación.

k.-) Versatilidad: se pueden encontrar de todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED RGB8, lámparas, tubos, paneles planos, tiras, farolas, focos industriales, etc.

l.-) Menores emisiones de CO₂: Según el “Ministerio de Energía de Estados Unidos” DOE9, la iluminación consume el 18% de la electricidad producida en los Estados Unidos, por lo que la expansión del uso de lámparas LED reduciría la cantidad de emisiones de CO₂, gas considerado responsable del calentamiento global.

m.-) Ahorro en cableado de instalación: debido a que el consumo de energía es mucho menor, las instalaciones eléctricas de las lámparas de LED se hacen con cables de calibre menor, esto se traduce directamente en un ahorro sustancial en el cableado y en las instalaciones. Además, en muchas de las sustituciones, se trata de cambiar una lámpara por otra, ya que los casquillos de las lámparas LED y las tradicionales son iguales.

Metodología

El estudio se enmarca en una investigación cuantitativa, se desarrolla como una investigación de campo con carácter descriptivo, sustentado a través de una pesquisa documental. Según Arias (2006), las investigaciones de campo o de diseño de campo son aquellas que consisten en la resolución de datos directamente de los sujetos investigadores, (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna (p. 31). Sobre la investigación descriptiva Sabino (2000), afirma que ésta radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos de estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes teóricas.

En referencia a la investigación documental según Alfonso (1994), es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos. Para el caso que ocupa esta indagación la información bibliográfica fue recopilada vía online en páginas web de Google Académico, revistas indexadas, repositorios digitales de universidades nacionales e internacionales, registros de organismos como ONU, PNUMA, IDEA, CEI, ARCERNNR, normativas legales ecuatorianas, entre otros.

Población

La población según Arias (2006) se define como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación (p. 81). Para el caso de esta indagación la población de estudio quedó conformada por la máxima autoridad del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas (01); el director de proyecto de la municipalidad (01); dos (02) representantes del departamento de administración de la alcaldía de municipio; dos (02) profesionales especialistas de la oficina de alumbrado público municipal; dos (02) trabajadores de gestión ambiental de la municipalidad; dos (02) representantes de alto nivel de la empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP -Esmeraldas, para un total de diez (10) sujetos involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público municipal del Cantón Esmeraldas en el sector la ciudadela Costa Verde.

Muestra

La muestra es definida por Palella y Martins (2008) como: “...una parte o el subconjunto de la población dentro de la cual deben poseer características reproducen de la manera más exacta posible” (p.93). Ahora bien, para la presente investigación se trabajó con el mismo número de la población, siendo la técnica de muestreo empleada de tipo censo. En estimaciones de (Sabino, 2000) “cuando se

recaba información a todas las personas que están involucradas en el problema en estudio, este diseño acepta el nombre de censo” (p.101), es decir, se analizaron los resultados de los diez sujetos involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el Cantón Esmeraldas, quienes dieron su consentimiento informado para participar de esta indagación, tomando como base el objetivo de la presente pesquisa.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En esta investigación como técnica para la obtención y recolección de datos se seleccionó la encuesta y la entrevista; y como instrumento el cuestionario. De acuerdo con Briones (1996) “la técnica de la encuesta encierra un conjunto de recursos destinados a recoger, proponer y analizar informaciones que se dan en unidades y en personas de un colectivo determinado (...)” (p.51). El cuestionario en opinión de Hernández, Fernández, & Baptista (2000), representa la mejor herramienta para la encuesta y la entrevista si se desea que el analista pueda controlar el marco de referencia del instrumento. El formato empleado para obtener información correspondió a un cuestionario tipo escala Likert con alternativas de respuesta múltiples (siempre, casi siempre, a veces, nunca).

Validez y Confiabilidad

Para determinar la validez del instrumento se recurrió a la técnica de la revisión de expertos, (Ruiz, 1998) indica que el juicio de expertos es representado por un número de personas con un alto grado de conocimientos sobre una temática, los cuales analizan y evalúan un instrumento. Por su parte, la confiabilidad, según afirma Martínez (2004) “implica que un estudio se puede medir con el mismo método sin alterar los resultados” (p.117). La confiabilidad del instrumento de esta investigación se determinó mediante una prueba piloto que se aplicó a un grupo de individuos con características similares a la población objeto de estudio.

Para los resultados de la confiabilidad, se planteó la escala sugerida por Ruiz (1998:149), el cual sitúa unos valores entre (0) y uno (1), con el fin de determinar en qué medida el cuestionario era confiable, interpretando que mientras más cercano este al valor 0 significa confiabilidad nula, baja o negativa comprobando que la medición está contaminada, y mientras más cercano este a 1 existe menos error muestral y la confiabilidad es mayor o positiva. El resultado obtenido de la aplicación del instrumento a una prueba piloto de 10 sujetos, arrojó un valor de 0,986, señalando que el valor se encuentra en la escala de confiabilidad elevada y excelente.

Técnica de Análisis de Datos

La información obtenida a partir del cuestionario aplicado a los sujetos involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en cantón Esmeraldas en el sector la ciudadela Costa Verde, está enmarcado bajo el uso de la estadística descriptiva, la cual se utilizó para expresar las tendencias que se observaron en tablas de distribución de frecuencias relativas, información que sirvió para el análisis de datos. El conteo de los datos se realizó utilizando un programa computacional. Salkind (2000), señala que usando la estadística descriptiva se pueden describir algunas características de la distribución de puntajes que se obtengan con la aplicación del instrumento, como el puntaje promedio para la variable, o el grado en que un puntaje varía respecto a otro, lo que permite obtener una impresión del aspecto que presentan los datos.

Análisis e Interpretación de los Resultados

Una vez procesada la información a continuación se presentan las interpretaciones significativas de los datos que se recogieron, habiendo llevado a cabo el correspondiente tratamiento analítico, los mismos se visualizan de manera sencilla en cada uno de las siguientes tablas de distribución de frecuencias.

Tabla 1. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el Cantón Esmeraldas en la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que el servicio de alumbrado público en el sector opera satisfactoriamente?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	1	10
Casi Siempre	1	10
A veces	5	50
Nunca	3	30
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: Se puede observar que el 10% de las personas encuestadas manifestó la opción siempre alumbrado público del municipio opera satisfactoriamente; otro porcentaje igual 10% responde casi siempre; el 50% se decantó por la alternativa A veces y un 30% indicó Nuca. Según estos hallazgos la mayoría de los entrevistados (80%), si se suman las opciones con mayor porcentaje de respuesta, señalan que a veces y/o nunca, el alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas, opera satisfactoriamente, lo que hace presumir que se considera desde la visión de estas personas, la necesidad de acometer mejoras en este sector.

En concordancia con esto Camacho et al (2021) aduce sobre el hecho de que los objetivos de la prestación del servicio de Alumbrado Público es garantizar mediante el aprovechamiento óptimo de la infraestructura instalada, la ampliación de la calidad y cobertura, el empleo de nuevas tecnologías y extensión ordenada de la red de distribución, entre otras. Asimismo Lindo (2019) resalta como indispensable mejorar el alumbrado público de las ciudades mediante programas de eficiencia energética y emisiones 0 para cumplir con el acuerdo de París y reducir las emisiones de CO₂. Es importante destacar que Ecuador suscribe planamente este acuerdo por lo que para el logro significativo de los objetivos propuestos se debe mejorar sustancialmente entre otros aspectos, el alumbrado público de la nación y por ende del Cantón Esmeraldas, especialmente en el sector denominado ciudadela Costa Verde.

Tabla 2. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el cantón Esmeraldas en la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Está Usted de acuerdo con la activación de un proceso de cambio de luminarias en el corto plazo en este sector?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	6	60
Casi Siempre	3	30
A veces	1	10
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: Según los resultados obtenidos por los encuestados en su mayoría, el 60% señalan la alternativa Siempre para la activación de un proceso de cambio de luminarias en el corto plazo en la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas; el 30% respondió Casi siempre; un 10% consideró A Veces y 0% Nunca. Mediante lo opinado se infiere que existe el entendimiento por parte de los participantes de que la transformación del sistema de Alumbrado Público es fundamental para el sector, aunado al hecho de que también se ha convertido en una obligación.

De este modo, la Resolución devenida de ARCERNNR (2020) señala expresamente que, a los GAD, de acuerdo a sus competencias, les corresponde, entre otros, desarrollar los estudios técnicos y las obras de alumbrado público general, ornamental y/o intervenido, en nuevas vías o ampliación de las existentes que se encuentran a cargo del GAD. Se infiere que se deben cumplir las especificaciones que, sobre los sistemas de iluminación y alumbrado público, tiene establecido los órganos centrales, mismos que están direccionados a brindar excelentes servicios de energía lumínica, modernos, seguros, ahorradores de energía y bajo el esquema de protección a la naturaleza a todos los ecuatorianos.

Tabla 3. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el cantón Esmeraldas en la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que el sector cuenta con la infraestructura instalada para accionar la transformación y/o modernización inmediata del Alumbrado Público?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	7	70
Casi Siempre	3	30
A veces	0	0
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: De los resultados se observa lo siguiente, el 70 % dice Siempre, el sector de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas, cuenta con la infraestructura instalada para accionar la transformación y/o modernización inmediata del Alumbrado Público; el 30 % opinó Casi siempre, el 0 % indicó A veces y otro 0 % dijo Nunca; es decir que la mayoría de los entrevistados están de acuerdo en que este sector cuenta con la infraestructura instalada para accionar la transformación y/o modernización inmediata del Alumbrado Público. La ciudadela Costa Verde-Esmeraldas, cuenta la infraestructura de iluminación pública instalada como postes de luz a lo largo y ancho de la localidad, en los que se pueden colocar las luminarias.

Cabe enfatizar que en Ecuador el gobierno central conjuntamente con el GAD de Esmeraldas es el ente encargado de proporcionar a la colectividad un servicio de alumbrado público de excelente calidad, por tanto, a decir de Donado & Hernández (2013) debe velar por la incorporación de los avances tecnológicos que permitan hacer un uso más eficiente de la energía eléctrica destinada para tal fin, así como la de los elementos que ofrezcan la mejor calidad de iluminación según la capacidad económica de este.

Tabla 4. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el cantón Esmeraldas en la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que las Luminarias LED pueden ser consideradas como alternativas para la transformación del Alumbrado Público en este sector?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	8	80
Casi Siempre	1	10
A veces	1	10
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: Como se puede observar en la tabla N° 4, las respuestas aportadas por los encuestados, dan cuenta de lo siguiente: el 80 % respondió siempre, las luminarias LED pueden ser consideradas como alternativas para la transformación del Alumbrado Público en la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas; un 10 % Casi siempre, 10 % A veces y el 0 % Nunca. Conforme con los resultados obtenidos la mayoría de los encuestados considera el uso de la tecnología LED como adecuada para brindar el servicio de alumbrado público en el sector.

En atención a lo anterior Westinghouse (1982), refiere que la selección de luminaria se debe realizar tomando en consideración que posean las características de: eficiencia, tiempo de vida útil prolongado, facilidad de mantenimiento y bajo costo. Algunas características positivas que poseen los focos de tecnología LED según CELSIA (2017) son capaces de operar con voltajes muy bajos; Tienen mayor capacidad de iluminación; cuenta con un consumo de energía bajo; poseen larga duración; no contienen elementos tóxicos; no necesitan tiempo para calentarse, alcanzando un 100% de rendimiento desde el momento que se encienden; son reciclables; transforman un gran porcentaje de su energía en luz y sólo un pequeño porcentaje en calor, entre otros.

Tabla 5. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público en el cantón Esmeraldas en la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que la inversión en luminarias LED para el Sistemas de Alumbrado Público en el sector puede ser rentable en el corto plazo?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	6	60
Casi Siempre	3	30
A veces	1	10
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: En cuanto a los datos recopilados, se obtuvo que 60 % eligió la opción Siempre, las inversiones en luminarias LED para el Sistemas de Alumbrado Público en la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas, es rentable en el corto plazo; un 30 % Casi Siempre, el 10 % A veces y 0 % Nunca. De acuerdo con los resultados obtenidos un porcentaje significativo de los participantes el 90%, si se toman en cuenta las alternativas con las opciones con más respuestas, coinciden en afirmar que la

inversión en luces LED para mejorar el sistema de alumbrado público puede ser beneficiosa para esta localidad en el corto tiempo.

En tal sentido, Naranjo (2019) indica que los costes de instalación, es una de las principales razones por la cual se hace atractiva la implementación de luminarias LED, para proveer alumbrado público, además ofrece una mayor duración y menor consumo, que por ende conduce al ahorro energético. Asimismo, este autor asevera que los cálculos teóricos permiten estimar un ahorro anual cercano al 54%, si se reemplaza luminarias tradicionales de 100 W por su homologación en LED de 53 W y luminarias de 250 W utilizando su homologación en LED de 139 W. De este modo, las cifras económicas permiten determinar que desde una perspectiva financiera es rentable debido a que los flujos de caja futuros, originados por la inversión cumplen con el objetivo básico financiero de producir ahorro para maximizar la inversión.

Tabla 6. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público del cantón Esmeraldas en el sector la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que el cantón Esmeraldas está en capacidad de financiar el cambio de luminarias tradicionales por luces LED para optimizar el Sistemas de Alumbrado Público en la ciudadela Costa Verde en el corto plazo?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	7	70
Casi Siempre	2	20
A veces	1	10
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede señalar que 70 % consideró la opción Siempre, el cantón Esmeraldas está en capacidad de financiar el cambio de luminarias tradicionales por luces LED para optimizar el Sistemas de Alumbrado Público en la ciudadela Costa Verde en el corto plazo; un 20 % eligió Casi siempre, el 10 % A veces y 0 % dijo Nunca. Las respuestas dictaminan que casi la totalidad de los participantes, el 90%, si se suman las alternativas con más porcentaje, apuntan a la cuestión de que el GAD de Esmeraldas mediante el aporte del gobierno central tiene la capacidad monetaria de financiar proyectos para el cambio de luminarias LED que permitan, la transformación del alumbrado público a un sistema más eficiente y consonó con las recomendaciones y normativas sobre el cuidado medio ambiental emanado de diversos organismos tanto nacionales como internacionales.

Cabe decir en este punto que en Ecuador, las Empresa Eléctrica Distribuidora (EED), como responsables de la prestación del servicio de alumbrado público general, deberán: planificar, administrar, operar, mantener y expandir el Servicio de alumbrado público general a fin de cubrir la demanda en su área de servicio, en coordinación con los GAD (...) (ARCERNNR, 2020, pág. 8), así también las EED, son responsables de instalar equipos que cumplan con las políticas, criterios de eficiencia energética y las normas de homologación emitidas por el Ministerio Rector (ARCERNNR, 2020, pág. 8), entre otros compromisos que le son propios.

Tabla 7. Distribución porcentual de los encuestados involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público del cantón Esmeraldas en el sector la ciudadela Costa Verde, según información recibida sobre ¿Considera Usted que el cambio de luminarias tradicionales por luces LED puede contribuir a la protección medio ambiental?

Opción de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Siempre	8	80
Casi Siempre	2	20
A veces	0	0
Nunca	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Instrumento aplicado por el autor (2022).

Análisis e Interpretación: En estos resultados se obtiene que 80% dice Siempre el cambio de luminarias tradicionales por luces LED puede contribuir a la protección medio ambiental; 20% Casi siempre; 0% A veces y otro 0% Nunca. Es por esto que se puede evidenciar la comprensión que existe de parte de los entrevistados de la importancia del cuidado del medio natural. En tal sentido, BID Invest (2017) manifiesto que el proyecto de uso de las luminarias con tecnología LED de alta eficiencia pueden ser replicadas en otros municipios de América Latina y el Caribe, reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero de la iluminación pública en unas 17.500 toneladas de CO₂e por año.

Conclusiones

La sustitución del alumbrado público tradicional por las luminarias LED, ha supuesto una tendencia a la cual se han adscrito diversos municipios de la región, a razón de las múltiples ventajas que reporta en cuanto a eficiencia, ahorro energético, disminución de emisión de GEI, aunado al hecho de que favorece el binomio costos-inversión para las localidades.

En atención a lo anterior, el cantón Esmeraldas, en el sector la ciudadela Costa Verde, como ente corresponsable del suministro de iluminación pública local, puede acometer las debidas acciones para el cambio de farolas actuales basadas en tecnología tradicional, por las luces LED, pues cuenta con la infraestructura y los medios económicos para tal fin y, en consonancia con lo establecido en la normativa del país que apunta a la sustentabilidad y como forma de responder a los convenios suscritos internacionalmente sobre el cuidado ambiental.

Referencias Bibliográficas

- Alfonzo, I. (1994). *Técnicas de investigación bibliográfica*. Caracas, Venezuela: Contexto Ediciones.
- AMCHAM. (2022). La transformación digital en sistemas de iluminación pública. *Cámara de Comercio Colombo Americana (AMCHAM)*. Edición 179. <https://amchamcolombia.co/business-mail/edicion-179-tecnologia-telecomunicaciones-2022/la-transformacion-digital-en-sistemas-de-iluminacion-publica/>.
- ARCERNNR. (2020). Resolución Nro. ARCERNNR-029/2020. *la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR)*. Quito, Ecuador, pp.28.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme. 5ta Edición.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información Técnica Sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>, pp.102.

- BID Invest. (2017). La CII promueve alumbrado público eficiente en municipios chilenos. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Corporación Interamericana de Inversiones (CII), Chile*. <https://idbinvest.org/es/medios-y-prensa/la-cii-promueve-alumbrado-publico-eficiente-en-municipios-chilenos>.
- Briones, G. (1996). *Metodología de la Investigación Cuantitativa en las Ciencias Sociales*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). ISBN: 958-9329-14-4. pp.219.
<https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-guillermo-briones.pdf>.
- Camacho, L., Ramirez, I., Ruiz, P., Jiménez, D., Trujillo, J., Echeverri, D., y otros. (2021). Manual Único de Alumbrado Público -MUAP. *Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP Bogotá, Distrito Capital*.
- CELSIA. (2017). Así son las bombillas LED a comparación de ahorradoras y tradicionales tradicionales.
<https://blog.celsia.com/new/bombillas-led-vs-ahorradoras-vs-tradicionales/>.
- de Buen, O., Ledezma, H., Zárate, G., Gutiérrez, C., Benítez, J., & Pani, M. (2019). Alumbrado público, eficiencia energética y la ciudad inteligente: hacia el Proyecto Nacional 2.0. *Secretaría de Energía (SENER)/Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), México*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/459089/cuaderno4nvocicorreJLTOdB.pdf>, pp.1-13.
- Decreto 2424. (2006). Regula la prestación del servicio de alumbrado público. *Resolución del Ministerio de Minas y Energía 181331 de 2009*. Bogotá, D. C. Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=20707>.
- Decreto 943. (2018). Modifica y adiciona la Sección 1, Capítulo 6 del Título III del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la prestación del servicio de alumbrado público. *Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86680>.
- Delgado, N. (2018). Estudio de Factibilidad Para la Implementación de un Nuevo Sistema de Alumbrado Público en Avenida Olmedo de la Ciudad de Esmeraldas. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador. Trabajo de Titulación*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15768/1/UPS-GT002214.pdf>, pp.83.
- Donado, F., & Hernández, L. (2013). Guía Metodológica Para la Prestación del Servicio de Alumbrado Público. *Universidad de la Costa (CUC), Barranquilla, Colombia. Trabajo de Titulación*.<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/622/TESIS%20LARRY%20HERNANDEZ%20FRANCISCO%20DONADO-1.pdf?sequence=1>, pp.107.
- Freire, A. (2018). Análisis de factibilidad técnica y económica para alumbrado público basado en la tecnología LED en la autopista km.4 vía Milagro- El Deseo. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Trabajo de Titulación*.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10161>.
- Fundación Bariloche. (2018). Estudio de Casos de Modelos de Negocios Innovadores y Exitosos que Permitan a Ciudades de América Latina y el Caribe Adoptar Tecnologías Eficientes en Alumbrado Público. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Consejo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)*. <http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/1.-Resumen-Ejecutivo-Alumbrado-P%C3%ABablico.pdf>, pp.36.
- Gutiérrez, A. (2011). El alumbrado público en Colombia: Marco institucional y régimen jurídico. *Universidad del Externado*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv1zjg18q>. <https://www.jstor.org/stable/j.ctv1zjg18q>, pp.446.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2000). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- IDAE & CEI. (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)/Comité Español de Iluminación (CEI)*. Madrid, España.
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_gt_ee_iluminacion_alumbrado_publico_9a40dc27.pdf, pp.160.
- Lindo, R. (2019). Papel de la ONU en el Medio Ambiente y Cambio Climático para América Latina y Caribe En: Debate de expertos internacionales sobre el alumbrado público de Panamá e Iberoamérica. *smartLIGHTING, Panamá*. <https://smart-lighting.es/debate-expertos-internacionales-alumbrado-publico-panama-iberoamerica-smartlighting/>.
- López, J. (2021). Las ciudades representan más de dos tercios del consumo mundial de energía. <https://www.energynews.es/ciudades-representan-mas-de-dos-tercios-del-consumo-mundial-de-energia/>.
- Martínez, M. (2004). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México: Editorial Trillas.
- MGM International. (2018). Manual para la evaluación de proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Alumbrado Público. Dirigido a Clientes de Instituciones Financieras. *Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), Lima, Perú*.
https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1310/EMP_Manual%20%20Alumbrado%20Publico.pdf?sequence=1&isAllowed=y, pp.27.
- Naranjo, M. (2019). Debate de expertos internacionales sobre el alumbrado público de Panamá e Iberoamérica. *smartLIGHTING, Panamá/Planeación de Mercados de ENSA*. <https://smart-lighting.es/debate-expertos-internacionales-alumbrado-publico-panama-iberoamerica-smartlighting/>.

- ONU. (2021). Desafíos Globales: Cambio climático. *Organización de las Naciones Unidas (ONU)*. <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>.
- Orellana, A., & Sarango, J. (2015). Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de Integración Barrial, sector El Plateado servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur. *Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Trabajo de Titulación*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7872/1/UPS-CT004708.pdf>.
- PNUMA. (2015). Objetivo 7: Energía limpia y asequible. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-7>.
- Rodríguez, M., & Mendoza, H. (2018). Falta de alumbrado público y su repercusión en la seguridad de los habitantes del sector San Felipe del cantón Portoviejo. *Revista RIEMAT. Volumen 3. Número 1. Art. 6*. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1421/1501>, pp.30-34.
- Ruiz, C. (1998). *Instrumentos de Investigación Educativa*. Barquisimeto, Venezuela: CIDEG.
- Sabino, C. (2000). *El proceso de Investigación*. Caracas, Venezuela: Editorial Panapo. 4ª edición.
- Salkind, N. (2000). *Métodos de Investigación*. México: Prentice Hall.
- Sbrugnera, G. (2016). Eficiencia energética en empresas de agua y saneamiento. Desarrollo sostenible de servicio y tarifa. *Universidad Empresarial Siglo 21. Tesis de Maestría. Repositorio institucional UESiglo21*.
- Schaefer, I. (2016). En las calles de esta ciudad latinoamericana se consume más luz que en Nueva York. https://elpais.com/internacional/2016/04/20/america/1461184172_040432.html.
- Secue, J., Páez, O., Fonseca, J., & Muela, E. (2018). Análisis de Tecnologías y Normatividad de Iluminación Eficiente en Alumbrado Público. *Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)*. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0411.pdf>, pp.142.
- Velásquez, C. (2021). Nuevas tecnologías para iluminación. *El Oriente/Ciencia y Tecnología*. <https://www.eloriente.com/articulo/nuevas-tecnologias-para-iluminacion/16758>.
- Wee Kean, F., Sotos, M., Schultz, S., Marques, A., Chang, B., & et al. (2014). Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. *World Resources Institute/Grupo de Liderazgo de Ciudades contra el Cambio Climático C40/ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad* https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf, pp.176.
- Westinghouse. (1982). *Manual del alumbrado*. Madrid: Dossat, S.A.