

ANÁLISIS DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ILUMINACIÓN PÚBLICA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y LED PARA LA CIUDAD DE PUNO

Fecha de envío 08/05/2024

Data de aceite: 01/07/2024

Huber Rony Hurtado Arhuata

Universidad Nacional de Juliaca

Juliaca -Perú

<https://orcid.org/0000-0003-0417-1045>

Juan churata Huaraya

Universidad Nacional de Juliaca

Juliaca -Perú

<https://orcid.org/0000-0001-6908-5741>

Junior Torres Yucra

Universidad Nacional de Juliaca

Juliaca -Perú

<https://orcid.org/0000-0001-9789-9013>

Vilma Sarmiento Mamani

Universidad Nacional de Juliaca

Juliaca -Perú

<https://orcid.org/0000-0002-5520-716X>

Miguel Washington Soncco Vilcapaza

Universidad Nacional de Juliaca

Juliaca -Perú

<https://orcid.org/0000-0003-2385-1820>

RESUMEN: Este estudio se centra en el diagnóstico y mejora del alumbrado público en la ciudad de Puno, Perú. Se llevó a cabo un diagnóstico de 226 unidades de alumbrado público de vapor de sodio existentes, encontrando deficiencias en la eficiencia energética y la calidad de la iluminación. Con el objetivo de mejorar el uso de la iluminación pública, se incorporan paneles solares fotovoltaicos y luminarias LED. Además, se diseñó un sistema híbrido que integra eficazmente el equipo LED y el panel solar para el alumbrado público, aprovechando al máximo la energía solar disponible y garantizando una iluminación continua y confiable durante la noche. La implementación de este sistema híbrido no solo contribuirá a la reducción del consumo de energía, sino que también mejorará la calidad de vida de los ciudadanos al proporcionar una iluminación más segura y eficiente en las calles de la ciudad de Puno.

PALABRAS-CLAVE: Alumbrado Público, LED, energía solar, fotovoltaica, lumen.

ANALYSIS OF A HYBRID PUBLIC LIGHTING SYSTEM WITH SOLAR PHOTOVOLTAIC AND LED ENERGY FOR THE CITY OF PUNO

ABSTRACT: This study focuses on the diagnosis and improvement of public lighting in the city of Puno, Peru. A diagnosis of 226 existing sodium vapor public lighting units was carried out, finding deficiencies in energy efficiency and lighting quality. With the aim of improving the use of public lighting, photovoltaic solar panels and LED lights are incorporated. In addition, a hybrid system was designed that effectively integrates the LED equipment and the solar panel for street lighting, making the most of the available solar energy and guaranteeing continuous and reliable lighting at night. The implementation of this hybrid system will not only contribute to the reduction of energy consumption, but will also improve the quality of life of citizens by providing safer and more efficient lighting on the streets of the city of Puno.

KEYWORDS: Public Lighting, LED, solar energy, photovoltaic, lumen

INTRODUCCION

La Mejora de los sistemas de alumbrado público de una ciudad es esencial para la convivencia, el desarrollo y la seguridad urbana. Uno de los desafíos clave es minimizar el impacto ambiental al reducir el consumo de energía eléctrica. En este contexto, la presente investigación propone la implementación de paneles fotovoltaicos y luminarias LED, junto con una fuente de alimentación híbrida que combina energía solar y convencional.

Un estudio “Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos”(Alcívar-Centeno et al., 2023) menciona que ahí do incrementando la sustitución de tecnología convencional por la mejor tecnología más eficiente y sostenible como es la iluminación led y los paneles solares, los resultados muestran que la combinación led y paneles solares ofrece grandes ventajas .

Otro estudio” Análisis de optimización de la tecnología de iluminación en el sector público para la ciudad de Esmeraldas”(Chaux-Terán et al., 2023), muestra identificar oportunidades para reducir el consumo de energía y mejorar la calidad de la iluminación en áreas urbanas, identificar oportunidades para reducir el consumo y mejorar la calidad de la iluminación en el area urbana.

Otro estudio “Diseño de un parque solar para el suministro de energía eléctrica en redes de alumbrado público en la Vereda Barzalosa de Girardot, Cundinamarca”(León Ávila et al., 2023), muestra La implementación de energías renovables a través de un parque solar, que garantizará un suministro seguro y accesible de energía eléctrica para el alumbrado público, también mejorara la calidad de vida de los habitantes y la sostenibilidad ambiental.

El estudio “Análisis Técnico, Económico para Determinar la Viabilidad de Reemplazar Todas las Luminarias de Sodio Utilizadas en el Sistema de Alumbrado Público General en el Área Urbana de la Ciudad De Cuenca por Luminarias de Tecnología Led. (Light Emitting Diode)”(Muñoz, 2020). En el estudio se evalúa la viabilidad del reemplazo de las luminarias de sodio por LED en el alumbrado público de Cuenca, asegurando que los Leds cumplan o superen los estándares de luminosidad. Y se muestra que es rentable económicamente.

Un estudio realizado “Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso”, presenta el análisis de ahorro económico, ventajas medioambientales y mejora con las simulaciones luminotécnicas, equivalentes con importante ahorro de 50%. (Serrano-Tierz et al., 2015).

Un estudio “INVENTARIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE PLAZAS Y JARDINES DEL CASCO HISTÓRICO DE CARTAGENA”(Mascheroni & Real, 2022), nos menciona que se recogen datos técnicos de los elementos de iluminación existentes en cada plaza, realizando un inventario de los mismos y se evalúan las instalaciones de iluminación en relación a la calidad lumínica y eficiencia energética del alumbrado público y su coexistencia con las especies de los jardines.

Otro estudio “Aspectos Socioambientales de la Remodelación del Alumbrado Público - Estrategias para la Ciudad de Recife-PE”(Recife-pe & Dantas, 2023), nos muestra que los resultados de una remodelación con tecnología Led para el parque de alumbrado público, reduce las emisiones del C, reducen el mantenimiento correctivo y producción de residuos sólidos, reducción de la delincuencia, y por supuesto que hay una mejora del confort visual.

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema de iluminación pública para la ciudad de Puno, empleando tecnología LED para mejorar la calidad de la iluminación. Esto beneficiará las actividades tanto vespertinas como nocturnas de las personas y el transporte, lo que tendrá un impacto positivo en los resultados sociales al permitir la extensión de las horas de trabajo. Además, se propone el uso de tecnología híbrida (solar - convencional), que ofrece una alternativa importante para el ahorro de energía. Durante el día, se aprovechará la energía solar, mientras que por la noche se utilizará la energía almacenada en baterías, funcionando de manera alternativa y híbrida.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se lleva a cabo en la ciudad de Puno, ubicada en el país de Perú, en el departamento, provincia y distrito del mismo nombre. El lugar específico del proyecto es la Avenida Simón Bolívar, con coordenadas de latitud -15.8329 y longitud -70.0223, a una altitud de 3870 metros sobre el nivel del mar

Se ha examinado la normativa técnica de alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución según la R.M.N. N°013-2003-EM/DM que regula el servicio. Asimismo, se han revisado manuales de operación, mantenimiento y recomendaciones del fabricante de luminarias LED para el alumbrado.

El proyecto de Iluminación Pública con tecnología híbrida (solar-convencional) y la implementación de tecnología LED se ha estructurado en base a los siguientes objetivos:

- Realizar un diagnóstico de las unidades de alumbrado público.
- Mejorar el uso de la iluminación pública.
- Diseñar el sistema híbrido.

Se ha empleado la normativa técnica de alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución del año 2003.

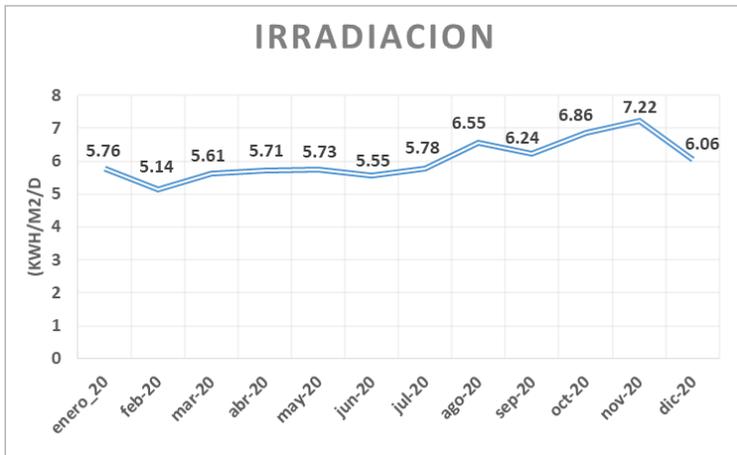


Figura. N°1 Irradiación media de cada mes año 2020.

Los datos mostrados en el cálculo son utilizados del año 2020 de la página de la nasa

MATERIAL

Para la realización de este proyecto también se utilizó el software DIALUX 4.12

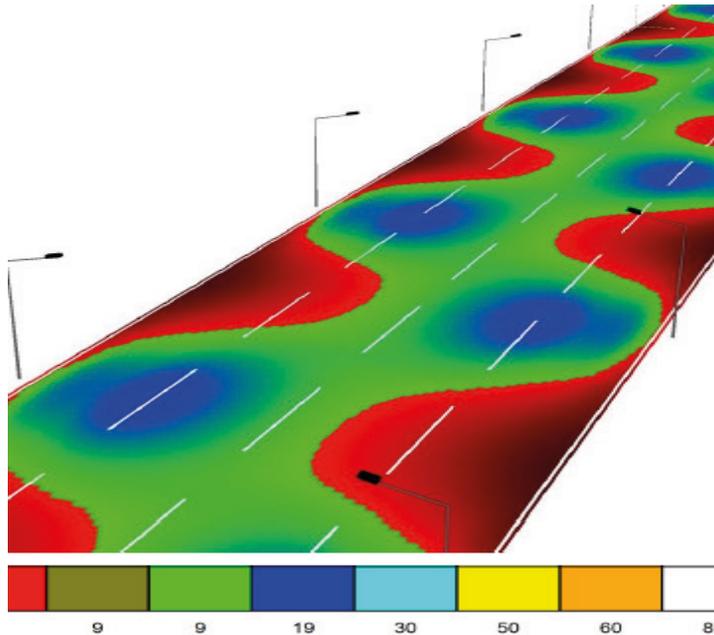


Figura. N°2. indicadores de lúmenes por colores.

Se puede ver los colores en el programa que indican los lúmenes

METODO

Determinación de muestras mediante método de 30 Puntos. Se toma 4 puntos, en caso de superar valores mínimos se continuará tomando más puntos para su confirmación., existen métodos para diagnosticar y utilizar el Luxómetro(Assaf, 2022).

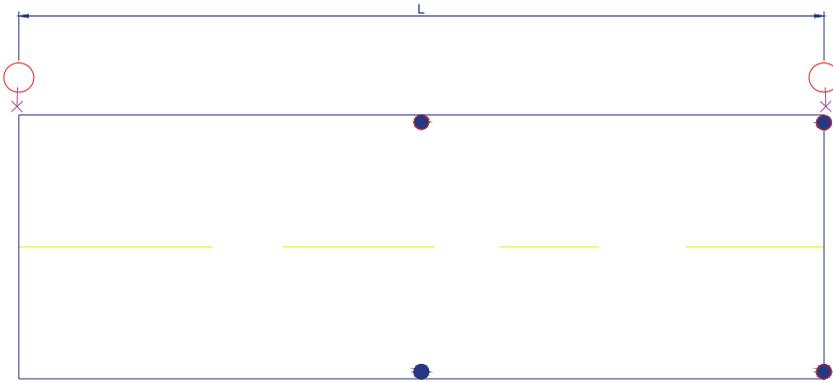


Figura. N°3. indicadores de lúmenes por colores.

El procesamiento de datos, del consumo por año, tanto de la tecnología led como la tecnología convencional y el tiempo que se ahorra se llevó a cabo mediante los siguientes datos tabla N°01:

Parámetros	Símbolos y formula	resultado
Horas por año	$hr\left(\frac{horas}{dia}\right) \times \text{año}\left(\frac{dias}{año}\right)$	4197.5 ($\frac{horas}{año}$)
Vida útil de lámparas a vapor de sodio (2800 horas)	$\frac{valor}{4197.5}$	6.6706 \cong 7 años
Consumo por año Vsodio= 170W, total luminarias=226	$V_p \times t_{luminaria} \times \left(\frac{horas}{año}\right)$	161267.95 ($\frac{KWh}{año}$)
Vida útil de luminaria led (50000 horas)	$\frac{valor}{4197.5}$	11.9118 \cong 12 años
Consumo por año $L_{led}=101W$, $t_{luminaria}=226$	$L_{led} \times t_{luminaria} \times \left(\frac{horas}{año}\right)$	95812.135 ($\frac{KWh}{año}$)
Cálculo del consumo de energía con tecnología led en t=5.5 horas	$hr\left(\frac{horas}{dia}\right) \times \text{año}\left(\frac{dias}{año}\right)$	45823,195 ($\frac{KWh}{año}$)
Cálculo del consumo de energía con tecnología led en t=6 horas	$L_{led} \times t_{luminaria} \times \left(\frac{horas}{año}\right)$	49988.94 ($\frac{KWh}{año}$)

Tabla N° 01: Parámetros para el procesamiento de datos.

Para el cálculo solar se encuentran detallados, la energía diaria de 6 horas, la potencia pico necesario, el dimensionamiento del acumulador y la intensidad del regulador, en los cálculos muestran los siguientes

Parámetros	Símbolo o formula	resultado
Energía diaria, $L_{led}=101W$, $t_{uso} [h/dia] = 6$	$E_d = P_l \times t$	606 $\left(\frac{Wh}{dia}\right)$
Energía total, $n_{regu}=0.89$, $n_{inver} = 0.90$	$E_t = \frac{E_d}{\eta_{regu} \times \eta_{inver}}$	756.554 $\left(\frac{Wh}{dia}\right)$
Potencia pico necesario, $n_{sist}=0.8$, $G_{CEM}=1000W/m^2$, $G_{dm}=5140Wh/m^2/d$	$P_{pn} = \frac{E_t}{\eta_{sist}} \times \frac{G_{CEM}}{G_{dm}}$	$P_{pn} = 184W_p$
Dimensionamiento del acumulador, capacidad de la batería, $L_D = consumo diario en Ah$, U_{nom} =tension de alimentacion, C= capacidad del acumulador	$L_D = \frac{E_t}{U_{nom}(v)}$ $C = (100 \times ET \times D) \div P$	63.046 $\left(\frac{Wh}{dia}\right)$ El acumulador elegido será una batería de capacidad de 100Ah.
Intensidad del regulador	$I_r = N_{pp} \times I_p$	13.88A \cong 15A

Tabla N° 02: Parámetros para el cálculo solar.

RESULTADOS

Los resultados del análisis y el estado de las luminarias en la A.V. simón bolívar-ciudad de Puno son los siguientes:

- Se consideró un mínimo de 10 lux como requerimiento de iluminación, según lo establecido en la norma técnica de alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución, aprobada con la R.M. N°013-2003-EM/DM.
- Al realizar mediciones con un luxómetro en la Avenida Simón Bolívar, se obtuvo un valor máximo de 2.75 lux.
- Se llevó a cabo un conteo y revisión de los postes y luminarias instaladas en la Avenida Simón Bolívar, encontrando un total de 208 funcionales y 18 no funcionales, que serán reparadas para cubrir la totalidad de las luminarias.
- considerando los lúmenes requeridos para un tipo de vía III y una calzada oscura con una iluminancia media de 10-20 lux.
- El ahorro de energía se logrará a través del uso de paneles solares fotovoltaicos y luminarias LED para las 226 luminarias instaladas.
- Diseño del Sistema Híbrido
- El panel solar fotovoltaico y la luminaria LED serán controlados por un temporizador de iluminación (programador horario) de la marca ALION AHC15A.
- La programación de este temporizador permitirá que la energía solar entre en funcionamiento durante un tiempo calculado de 6 horas, después de lo cual la energía convencional se activará automáticamente.

- El temporizador se instalará en el tablero de control solar de cada luminaria.
- En caso de una falla en el sistema fotovoltaico, se instalará un contactor con su relé conectado al cable solar. Cuando se detecte una falla, el contactor actuará automáticamente y conectará la luminaria a la red convencional.
- Este contactor también se instalará en el tablero de control solar de cada luminaria.

CONCLUSION

las unidades de alumbrado público analizadas en este estudio presentan baja cantidad de lux, por lo tanto, se demuestra con la medición del luxómetro en los lugares elegidos, da un valor mayor de 2.75 LUX, en comparación de la norma técnica que exige un mínimo de 10 LUX y un máximo de 20 LUX.

Con el uso del software DIALUX 4.12, el cálculo de la luminaria LED muestra un rango de valores mínimo-máximo de 9-21 lux, que supera el mínimo requerido por la norma técnica. Esto se evidencia en el gráfico procesado de colores falsos.

Para la mejora de la iluminación, y calcular el ahorro de energía, se eligió una luminaria LED de 101 W marca PHILIPS BRS421T45 1Xeco81-2S/830A, el cual denota el 95812.135 KWh/año, para las 226 unidades. Diseñando con luminaria LED junto con un panel solar fotovoltaico para seis horas de luz solar, solo consumiría 49988.94 KWh/año, representando un ahorro energía total de 111287.81 KWh/año, en comparación con las luminarias de vapor de sodio de alta presión, que consume 161267.95KWh/año.

Para controlar el alumbrado público, se continuará utilizando una célula fotoeléctrica para el sistema convencional, mientras que para el panel solar fotovoltaico con luminaria LED se utilizará un interruptor horario. Esto no afectará el funcionamiento del sistema convencional. En caso de que haya una falla en el sistema fotovoltaico, se instalará un contactor para garantizar que el servicio no se interrumpa y se conectará automáticamente al sistema convencional.

REFERENCIAS

Alcívar-Centeno, J. R., Loor-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñónez-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), 333–341. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.606>

Assaf, L. O. (2022). *Análisis del consumo estimado y medido de energía eléctrica de las instalaciones de alumbrado*. June.

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>

León Ávila, D. S., Triana Pachón, J. M., Sánchez Torres, C. J., & Cardozo Cruz, D. A. (2023). *Diseño de un parque solar para el suministro de energía eléctrica en redes de alumbrado público en la vereda Barzalosa de Girardot, Cundinamarca*. 1–11. <https://doi.org/10.26507/paper.3288>

Mascheroni, L. A., & Real, C. (2022). *INVENTARIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE PLAZAS Y JARDINES DEL INVENTORY OF STREET LIGHT IN URBAN SQUARES AND GARDENS IN*. 317–323.

Muñoz, J. P. N. (2020). *Análisis Técnico, Económico para Determinar la Viabilidad de Reemplazar Todas las Luminarias de Sodio Utilizadas en el Sistema de Alumbrado Público General en el Área Urbana de la Ciudad De Cuenca por Luminarias de Tecnología Led. (Light Emitting Diode)*". 88.

Recife-pe, C. De, & Dantas, M. (2023). *Aspectos Socioambientais da Remodelação da Iluminação Pública - Estratégias da Cidade do Recife-PE Socio-environmental Aspects of Public Lighting Remodeling - Strategies of the City of*. 17, 82–96.

Serrano-Tierz, A., Iturbe, A. M., Muñoz, Ó. G., & Sáenz, J. L. S. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 10. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>