

“Study of luminaires in homes using LED technology as an alternative solution to the high demands of active energy consumption in the department of Cajamarca - Peru”

Ronny Jhelsin Olano Marín, Bach.¹; Wilser Isai Olano Urbina, Bach.²; Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. N00029421@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. N00029427@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. tulio.guillen@upn.pe

Abstract— The objective of this article is to study the luminaires in homes using LED technology as an alternative solution to the high demands of active energy consumption in the department of Cajamarca - Peru. A cross-sectional descriptive methodology was used, and instruments such as data collection sheets, DIALux software and the interview were used. As a result, it was obtained that LED technology represents an alternative solution to the high demands of active energy consumption, reducing it by 50.38%, which represents a saving in soles of S/9.80 per month. Finally, it was determined that the proposed hypothesis is accepted with a variation of 0.38%, verifying that LED technology favors the reduction of active energy consumption by lighting.

Keywords: Led technology. Active energy. DIALux.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.462>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

“Estudio de Luminarias en Viviendas utilizando tecnología LED como Alternativa de Solución a las Altas Demandas de Consumo de Energía Activa en el Departamento de Cajamarca – Perú”

Ronny Jhelsin Olano Marín, Bach.¹; Wilser Isai Olano Urbina, Bach.²; Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. N00029421@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. N00029427@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú. tulio.guillen@upn.pe

Resumen– El presente artículo tiene por objetivo estudiar las luminarias en viviendas utilizando tecnología LED como alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa en el departamento de Cajamarca – Perú. Se empleó una metodología descriptiva de tipo transversal, y se utilizaron instrumentos como, fichas de recolección de datos, software DIALux y la entrevista. Se obtuvo como resultados, que la tecnología LED si representa una alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa, reduciéndolo en un 50.38%, que representa un ahorro en soles de S/9.80 por cada mes. Finalmente, se determinó que se acepta la hipótesis planteada con una variación de 0.38%, verificándose que la tecnología LED favorece la reducción del consumo de energía activa por iluminación.

Palabras clave: Tecnología LED. Energía activa. DIALux.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha contemplado muchos problemas relacionados con los altos niveles de consumo de energía, esto conlleva a implementar iniciativas de desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas y productos, con el fin de cambiar el comportamiento de las personas frente a la utilización de recursos naturales y así traer consigo tanto beneficios económicos como bienestar para la sociedad [1].

La energía es un recurso esencial para el bienestar de la población. El aumento de las demandas de consumo energético en todo el mundo acarrea consigo un mayor uso de los recursos energéticos, trayendo como consecuencia el deterioro del medio ambiente [2].

Es así que, a nivel internacional, según la referencia [3], la demanda de consumo de energía de las grandes potencias ha aumentado considerablemente, como es el caso de Estados Unidos y China donde para el año 2020 se tuvo un incremento de consumo eléctrico de 8.82% y 3.1%, respectivamente. En lo que concierne a Latinoamérica, especialmente Brasil y México, se presentaron deficiencias energéticas, lo que conllevó a incrementar la producción de energía en un 0.65% y 0.17%, correspondientemente.

En el Perú, según la referencia [4], el crecimiento de la demanda de energía eléctrica está en aumento, esperando que para los próximos años esta cifra supere al desempeño de la oferta, considerando un crecimiento de la demanda en un 4.9% anual, es decir un total acumulado de 1467 MW, contra una oferta de 0.9% que equivale a 408 MW.

En el departamento de Cajamarca, el consumo de energía eléctrica residencial aumenta considerablemente con el paso del tiempo, como en los años 2005 al año 2017, donde se tuvo un consumo alrededor de 3500 MWh (megavatio por hora) y 13500 MWh, respectivamente [5].

En la ciudad de Cajamarca, los altos niveles de consumo de energía son un problema latente, pues no se tiene una buena práctica ni conocimiento acerca del aprovechamiento de este recurso tan importante para el desarrollo económico y social. Es por ello, que es imprescindible buscar nuevas alternativas de solución, ante dicha problemática, siendo así que mediante el avance de la tecnología por iluminación se han creado las luminarias LED, las cuales tienen más beneficios económicos y ambientales. Sin embargo, en nuestro país el uso de las luminarias LED es escaso, con un 5% de utilización y reconocimiento como luminaria de bajo consumo, mientras que las luminarias convencionales representan a la mayoría del porcentaje de utilización, lámparas fluorescentes (71.8%) y un (16.5%) las lámparas incandescentes, sin tener en cuenta que estas generan más consumo energético, son más nocivas para la salud y no son rentables con la economía del hogar [6].

En efecto, el uso de la iluminación tiene mucha importancia en el consumo total de la electricidad, por el tiempo de uso que se le da, supone un elemento esencial de cualquier edificación. Por lo tanto, el diseño y planificación de las luminarias es una parte importante de un proyecto, mediante el cual se puede proporcionar iluminación al nivel adecuado, reduciendo el costo y el consumo de la energía [7].

Por esta razón, la norma EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú), menciona que se debe realizar un diseño eficiente de iluminación de acuerdo con el espacio y trabajo a realizar, tratando de reducir el consumo energético sin comprometer los aspectos visuales de una instalación. Es por ello, que se han establecido valores de iluminancia mínimos medios para cada ambiente, los cuales deben mantenerse a ese nivel o por encima del mismo. En el mismo orden de ideas, la Norma Europea sobre iluminación para interiores UNE 12464.1 [8], busca impulsar la mayor eficiencia energética en iluminación de edificaciones, tratando de reducir consumos de energía hasta en un 22%, obligando al cumplimiento de medidas de ahorro, uso de nuevas tecnologías y parámetros de diseño de

iluminación según la actividad, con el fin de satisfacer el confort visual, prestaciones visuales y seguridad.

Así mismo, existen estándares internacionales que buscan la calidad de la iluminación interior, como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual establece mediante la norma ISO/TS 21247 [9], que la puesta en marcha de cualquier instalación eléctrica debe cumplir con la reducción del consumo de energía eléctrica y su costo activo, la aceptación y satisfacción de la iluminación por parte del usuario. De igual manera, la norma ISO/CIE 20086 [10], determina que, la iluminación interior aparte de brindar un rendimiento lumínico aceptable en cada ambiente, esta debe buscar un uso de energía preciso que se dedique a cumplir requisitos como el confort humano y el consumo de energía.

Por su parte, el desarrollo de nuevas tecnologías en iluminación podría impulsar el aprovechamiento de la energía eléctrica, como el caso de las luminarias LED, las cuales según [11], reducen el consumo y costos de energía eléctrica, logrando un ahorro de 2 a 3 veces más que las lámparas fluorescentes, contribuyendo en un 40% a la reducción global de consumo, equivaliendo a un ahorro significativo de dinero y energía.

Resulta necesario resaltar que, el costo de inversión inicial con luminarias LED a partir del reemplazo hasta el recambio de las luminarias, es relativamente alto, pero con una posibilidad de recuperación de la inversión a largo plazo, debido a que la tecnología LED puede durar entre 16 a 5 veces más que las halógenas. Debe contemplarse, que este tipo de luminarias, tienen mayor potencia lumínosa y emiten poco calor, a diferencia de las halógenas y las incandescentes [12].

Según la referencia [13], mediante un estudio de factibilidad económica para la disminución de costos energéticos, mediante el cambio de luminarias convencionales por luminarias LED en un colegio de la ciudad de Cali, determinan que el tiempo de recuperación de la inversión inicial se puede dar en un periodo de 4.16 años, antes de los 5 años de servicio, con un $VAN > 0$, y un TIR del 19.08% ($> 10\%$) y una relación beneficio-costo de 1.22 (> 1.00), lo que indica que este tipo de inversión es rentable a largo plazo.

En el mismo orden de ideas, [14] a través de su investigación sobre la viabilidad de la implementación de luminarias LED en oficinas administrativas, menciona que el tiempo de amortización de la inversión inicial, teniendo en cuenta el tiempo de vida útil de la lámpara LED, es menor a los 5 años de servicio, siendo este valor igual a 4.10 años, con un $VAN > 0$, y un TIR del 32% ($> 10\%$). Asimismo, hace hincapié a que la tecnología LED desde un punto de vista ambiental, contribuye a mitigar la emisión de gases por efecto invernadero a la atmósfera, pues este tipo de luminarias generan menor cantidad de residuos, hasta cuatro veces menos en comparación con las luminarias convencionales.

Así mismo, es imprescindible realizar una instalación adecuada para lograr una reducción considerable del consumo, el cual debe ser lo más eficiente posible. Es por ello por lo que, gracias al avance científico, se está implementado

una nueva tecnología en la elaboración de proyectos de construcción, denominado BIM (Building Information Modeling) lo que permite un incremento en la productividad de desarrollo de un proyecto. Es así como, se han creado softwares que permiten elaborar una mejor planificación de las instalaciones eléctricas, especialmente cuando se trata de luminarias. Como es el caso del software DIALux, el cual nos permite obtener la geometría de un local, su iluminación, y el desarrollo de un análisis energético de las luminarias utilizadas para determinada área [15].

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, es primordial buscar alternativas de solución ante los altos niveles de consumo de energía eléctrica, sobre todo en lo que respecta a iluminación en viviendas, ya que allí es donde se tiene escaso conocimiento acerca de la existencia de nuevas tecnologías que pueden aportar al ahorro de energía, sin dejar de lado la eficiencia y rendimiento lumínico, como es el caso de las luminarias LED.

A partir de los señalado, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Es la tecnología LED una alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa en el departamento de Cajamarca – Perú? Para lo cual se tuvo como variable independiente a la tecnología LED y como variable dependiente al consumo de energía activa. De este modo la unidad de estudio estuvo constituida por cinco (05) viviendas del departamento de Cajamarca, una (01) en la Provincia de Cajamarca, y cuatro (04) en la Provincia de San Marcos, Distrito de José Sabogal, Centro Poblado San Isidro; y considerando como objetivo principal estudiar las luminarias en viviendas utilizando tecnología LED como alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa en el departamento de Cajamarca – Perú, para finalmente responder la pregunta de investigación, con la siguiente hipótesis: La tecnología LED es una alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa en viviendas, reduciéndola hasta en un 50%.

Por otro lado, con respecto a la investigación, es necesario contar con estudios previos que demuestren y utilicen la tecnología LED en diferentes edificaciones, como:

La referencia [16], “Estudio sobre la mejora de la eficiencia energética del diseño de sistemas de iluminación de edificios de oficinas”, en la ciudad de Dubái – Emiratos Árabes Unidos, teniendo como finalidad determinar el rendimiento de los diferentes tipos de instalaciones de iluminación utilizadas en oficinas de los Emiratos Árabes Unidos, mediante una metodología descriptiva mediante el software DIALux, en donde luego de estudiar los diferentes tipos de lámparas, su capacidad y rentabilidad, determinó que las lámparas LED generan un ahorro del 76% en comparación con las lámparas incandescentes.

En el mismo orden de ideas, [17] referida al “Análisis comparativo entre iluminación convencional e iluminación LED utilizando el método de los lúmenes”, en la ciudad de Xalapa - México, teniendo como objetivo conseguir ahorro de energía por iluminación, con una metodología cualitativa mediante el software DIALux, determinó que, la tecnología LED es una de las opciones más viables y eficientes en el uso de energía para fines de iluminación, optimizando el consumo

de energía eléctrica y su costo, debido a que, la intensidad de corriente requerida para su funcionamiento es pequeña (3.5 kW).

Así mismo, [18] referente a la “Instalación de alumbrado LED y Sistema domótico en una vivienda”, de la Universidad de Cantabria - España, teniendo como objetivo demostrar la viabilidad de la instalación LED y electrodomésticos eficientes, mediante una metodología cualitativa utilizando el software DIALux, tuvo como resultados: que las luminarias tipo LED permiten el máximo aprovechamiento del recurso energético a diferencia de las convencionales. Con la implementación de esta tecnología se podría conseguir un ahorro en el consumo eléctrico, adquiriendo un 90% de ahorro respecto a la incandescente y las halógenas.

De igual manera, [19] concerniente al “Diseño de iluminación LED con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su implementación en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias”, Lima – Perú, teniendo como objetivo diseñar el alumbrado interior con iluminación LED con control domótico de energía en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias del distrito de San Isidro – Lima, mediante una metodología descriptiva y comparativa, concluyó que, las luminarias LED son más eficientes en un 52% respecto de las lámparas fluorescentes.

Además, [20] en el “Estudio para la implementación de las cargas tipo LED en Iluminación residencial interior para la optimización del confort visual y la demanda energética en Lima”, con el fin de calcular la implementación de cargas tipo LED en iluminación residencial interior para la optimización del confort visual y la demanda energética de las viviendas, mediante una metodología de diseño experimental, llegó a la conclusión que, las luminarias LED efectivamente logran el objetivo planteado, contribuyendo a la optimización de la demanda energética llegando a reducir aproximadamente hasta 641.20 kWh-anuales.

De igual forma, [21] pertinente a la “Implementación de una auditoría eléctrica para reducir el consumo de energía eléctrica en el Hospital II de EsSalud Cajamarca, 2017”, teniendo como objetivo proponer un plan de gestión de la energía eléctrica, con metodología cualitativa, llegó a la conclusión de que, al sustituir las luminarias tipo halógenas de 40 W por unas LED de 36 W se logaría reducir el consumo de energía eléctrica en 3504 kWh/año.

Finalmente, [22] alusiva al “Sistema de Iluminación Eficiente en la I.E. Hermógenes Mejía Solf, Provincia de Jaén–Cajamarca”, teniendo como objetivo diseñar e implementar un sistema de iluminación con tecnología LED para reducir costos por consumo de energía eléctrica, y lograr una correcta iluminación en la I.E. Hermógenes, mediante una metodología cuantitativa, determinó que, si se implementa luminarias LED se puede ahorrar 12% del consumo eléctrico, según predicciones de consumo y con una recuperación de la inversión al noveno año de servicio.

Luego de haber analizado los antecedentes, resulta necesario conocer algunas bases teóricas que se relacionan directamente con la investigación, como son:

Diodos Emisores de Luz (LED): Se trata de un componente eléctrico semiconductor, que al entrar en contacto con la corriente de energía emite luz sin producir calor, es empleado para señalización, estética y en iluminación [23].

Consumo eléctrico: La cantidad de energía eléctrica que consume un artefacto depende de la potencia de este y la cantidad de horas que se utiliza. El consumo de energía se mide en kilowatt – hora (kW.h) [24].

$$\text{Energía (kW.h)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (h)}$$

Ecuación 1

Ecuación de la cantidad de energía eléctrica consumida

Energía Activa: Es el consumo de energía del mes valorizado en soles [25].

Consumo facturado: Detalla la cantidad de energía eléctrica consumida en el mes de facturación, esta se obtiene de la diferencia de la lectura actual del medidor menos la lectura anterior, expresado en kWh [25].

Luminarias convencionales: Este tipo de luminarias son las más reconocidas en el mercado, llamamos luminarias convencionales, a las luminarias halógenas, fluorescentes, incandescentes [26].

Tecnología LED: Se tratan de dispositivos electrónicos, los cuales poseen elevados niveles de intensidad lumínosa, gran versatilidad, gran durabilidad, flexibilidad para adaptarse a cualquier ambiente y reducción de consumo energético en gran medida [27].

Intensidad lumínica: Se trata de una relación de flujo lumínoso por unidad de superficie y se mide en “Lux” [17].

Eficiencia luminosa: Se define como la relación entre el flujo expresado en lúmenes, por una fuente luminosa y la potencia absorbida por una luminaria [17].

Método del lumen: Se trata de un procedimiento que permite establecer el número de luminarias necesarias para una determinada área con el fin de precisar una iluminación uniforme. Para ello se debe conocer las dimensiones del lugar, tipo de luminaria, de modo que se pueda evaluar si el nivel de iluminación es el adecuado [28].

Metodología BIM: Llamado Modelado de Información para la Edificación, es una metodología que se aplica en los procesos de gestión de datos del edificio durante todo su ciclo de vida, empleando un software informático para modelar los edificios en tiempo real. Consta de 7 dimensiones para realizar la adecuada gestión de datos. Dentro de ellas se encuentra la BIM 6D, que rige las instalaciones eléctricas, teniendo como fin la sostenibilidad del proyecto, admitiendo realizar simulaciones energéticas de un proyecto, permitiendo reducir importantes consumos de energía [29].

DIALux: Software que permite planificar la iluminación de una determinada área, el cálculo y su visualización interior y exterior. Además, de facilitar una amplia lista de luminarias de diferentes proveedores. Es un programa medianamente sofisticado, incluyendo la renderización del espacio y todos los resultados lumínicos con diferentes formatos de imagen,

así como la posibilidad de poder importar gráficos y bases de datos múltiples, calcular con precisión la luz natural y los consumos de electricidad [15].

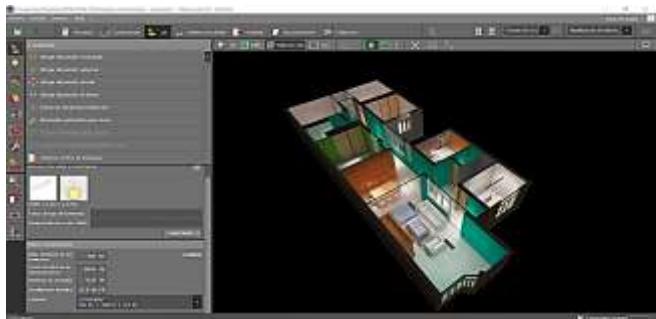


Fig. 1 Interfaz DIALux

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

Isolíneas: También llamados como curvas isolux, son gráficos que proporcionan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo [15].

Requisitos de iluminación: Para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas en edificaciones, se debe definir la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes, de acuerdo con las necesidades y a la actualización tecnológica del lugar. Las condiciones de iluminación deben proteger la salud de las personas y animales, evitando la contaminación lumínica. El diseño debe cumplir los requisitos de iluminación de una tarea o espacio de forma eficiente. Es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación por el hecho de reducir el consumo de energía [15].

En ese sentido, la presente investigación busca dar como aporte teórico demostrar que mediante el cambio de las luminarias convencionales por luminarias LED en viviendas, se puede conseguir una reducción del consumo de energía eléctrica en un 50%, lo que constituirá un beneficio tanto económico como ambiental, pues se tendrá un ahorro significativo por cada mes de facturación que favorecerá a los propietarios, y al no contener materiales contaminantes para su funcionamiento disminuiría las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el cual es uno los principales implicados en el cambio climático.

TABLA 1
REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN EM.010
Fuente: RNE. [33]

Ítem	Tipo de interior, tarea o actividad	Em. Lux
VIVIENDA	Zona privada	
Dormitorio	50	
Baño	100	
Baño (zona de espejo)	500	
Cocina	300	
Sala. Sala de estar	100	
Comedor	100	
Estudios, almacenes, depósitos, Working closet, cuartos de trabajo doméstico (planchado, lavandería y similares)	500	
Patios, zonas abiertas	20	
Estacionamiento bajo techo	50	
Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación)		
Escaleras, escaleras mecánicas y transportables (de personas)	150	
COMERCIO	Tiendas	500

Además, contribuirá de forma práctica pues los resultados obtenidos permitirán a los profesionales tomar en cuenta los parámetros de diseño que estipula la normativa peruana, tratando siempre de implementar este tipo de luminarias para reducir consumos y costos por iluminación. Asimismo, apoyará de forma académica ya que servirá como referencia para futuras investigaciones que quieran continuar la investigación científica sobre instalaciones eléctricas en edificaciones y especialmente en el tema de iluminación.

II. METODOLOGÍA

El enfoque considerado para la investigación es el cuantitativo, el cual según [30], se basan en la medición numérica representándose mediante cantidades y métodos estadísticos, y al respecto la hipótesis de la presente investigación se representó mediante cantidades y porcentajes. Así mismo, será de tipo correlacional, dado que según [31], nos menciona que, una investigación correlacional, primero se miden las variables y luego mediante pruebas de hipótesis correlacionales se puede estimar la correlación. En tal sentido, la presente investigación analizará la relación que existe entre las variables de estudio, con la finalidad de predecir la variación de consumo, a partir del valor obtenido con las simulaciones de consumo energético, al sustituir las luminarias LED por las convencionales, mediante el software DIALux, y lo registrado en los recibos de las viviendas.

De la misma forma, la presente investigación planteó un diseño no experimental, puesto que [30] menciona que, este tipo de investigaciones se realizan sin manipular directamente las variables de estudio, ya que en esta investigación solo se realizó la relación de una variable con otra, más no hubo

ninguna manipulación de estas. Además, esta investigación se enmarca en el tipo transversal, puesto que según [32], nos menciona que, en una investigación transversal se plantea la relación entre diversos variables de estudio. Los datos se pueden recoger en uno o más sujetos, en un solo momento temporal o un periodo de tiempo, en el que se obtiene las medidas a tratar, y en la tesis se recogió los datos en un determinado periodo de tiempo.

En cuanto a la población de nuestra investigación, estuvo constituida por cinco (05) viviendas en el departamento de Cajamarca. De igual manera, la muestra fue elegida de forma no probabilística, la cual estuvo conformada por una (01) vivienda en la Provincia de Cajamarca y cuatro (04) viviendas en la Provincia de San Marcos, Distrito de José Sabogal, Centro Poblado San Isidro. Así mismo, cabe resaltar que, se seleccionaron dicha cantidad de viviendas netamente por conveniencia de los investigadores.

Por otra parte, se planteó las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos, utilizados para la elaboración de la presente investigación, los que se detallan en el siguiente flujoograma:

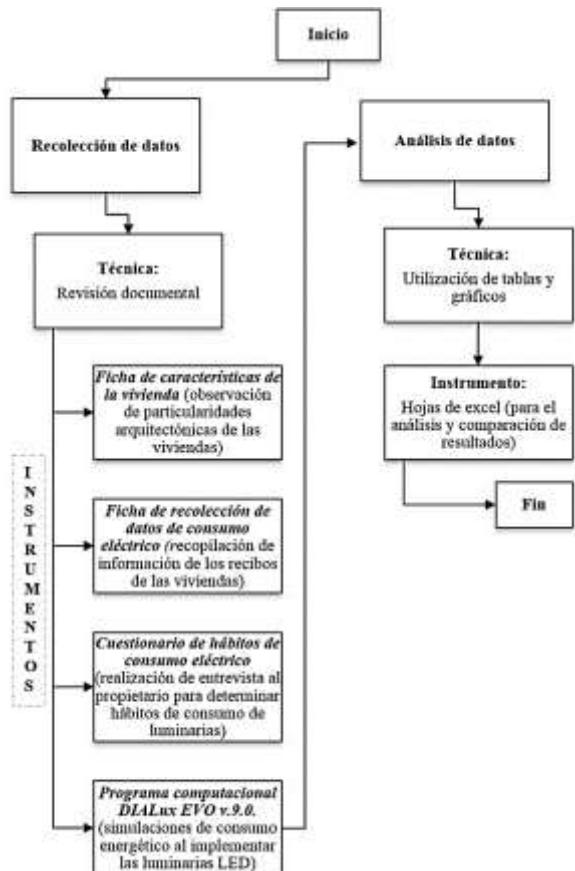


Fig. 2 Flujoograma de técnicas e

instrumentos de recolección y análisis de datos

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

Se inició seleccionando cinco (05) viviendas del Departamento de Cajamarca, una (01) en la Provincia de Cajamarca y cuatro (04) en la Provincia de San Marcos, Distrito de José Sabogal, Centro Poblado San Isidro, elegidas por conveniencia, ya que estas presentan una arquitectura e

instalaciones eléctricas apropiadas, además de contar con el historial de consumo de las viviendas, a los que tuvimos acceso libre otorgado por los propietarios.

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se utilizó en primera instancia la “Ficha de Características de la Vivienda”, donde se anotaron particularidades arquitectónicas de la edificación, así como la cantidad de luminarias de cada ambiente, con el fin de realizar, posteriormente el modelado en el software DIALux.

Así mismo, se realizó el análisis documental de los recibos de la vivienda, en un periodo de seis meses, mediante la “Ficha de Recolección de Datos de Consumo Eléctrico”, donde se registró el consumo facturado del mes (kWh), así como la energía activa (S/), para luego realizar un balance de diferencias de consumo.

Por consiguiente, se realizó entrevistas a los propietarios, con el fin de determinar sus hábitos de consumo diario, como el uso aproximado de las luminarias por día en cada ambiente de las viviendas, datos que fueron llenados en un “Cuestionario de hábitos de consumo eléctrico”. Como resultado de la recolección mediante las fichas de análisis documental y el cuestionario, se logró obtener los tipos de luminarias existentes por cada ambiente, y el total de consumo de energía eléctrica activa.

Posteriormente, con la información recopilada de la arquitectura e instalaciones eléctricas de las viviendas, se procedió a realizar el modelamiento tridimensional de la edificación en el programa computacional DIALux EVO v.9.0 (de libre acceso). Esto con el fin de poder observar mejor la distribución de ambientes, los colores de las paredes y la altura de cada piso, los cuales forman parte de los parámetros de diseño de iluminación, que nos sirvieron para determinar el tipo de luminaria LED a utilizar. Es así que, para lograr la implementación de la metodología BIM, se utilizó tal software, en el cual se efectuó la instalación eléctrica de las luminarias LED mediante el método del lumen, siguiendo lo estipulado en la *Norma EM.010 y los parámetros de diseño*, para consecutivamente ejecutar las respectivas simulaciones de consumo energético, buscando la planificación, reducción de tiempos de análisis de resultados, previsualización de los niveles lumínicos y la eficiencia energética dentro de la edificación, involucrándonos de esta manera dentro del proceso BIM.

De la misma manera, la técnica para el análisis de datos fue la utilización de tablas y gráficos, el cual nos permitió realizar cálculos sobre consumos de energía con los diferentes tipos de luminarias.

Es así como, mediante la utilización de hojas de Excel, los datos de la ficha de recolección de características de la vivienda, se realizaron tablas y gráficos para determinar el

consumo por iluminación, acorde al tipo de luminaria y la potencia con la cual funcionan. Al mismo tiempo, a través de la información recopilada de los recibos de la vivienda se procedió a completar las tablas con la cantidad de kWh consumidos en un determinado tiempo por las luminarias convencionales de cada vivienda. Por consiguiente, ya teniendo los datos de los hábitos de consumo de los propietarios se realizó un balance energético, determinando de este modo la cantidad de energía consumida por las luminarias convencionales y por electrodomésticos que pueden existir dentro de la vivienda.

Finalmente, una vez obtenido los resultados de las simulaciones de consumo energético por luminarias LED en el software DIALux, se procedió a realizar un balance energético con los hábitos de los propietarios mediante tablas, resultados que se compararon con los valores obtenidos de las luminarias convencionales, para así tener una diferencia significativa en (kWh) y en (S/) de consumos de energía eléctrica por iluminación.

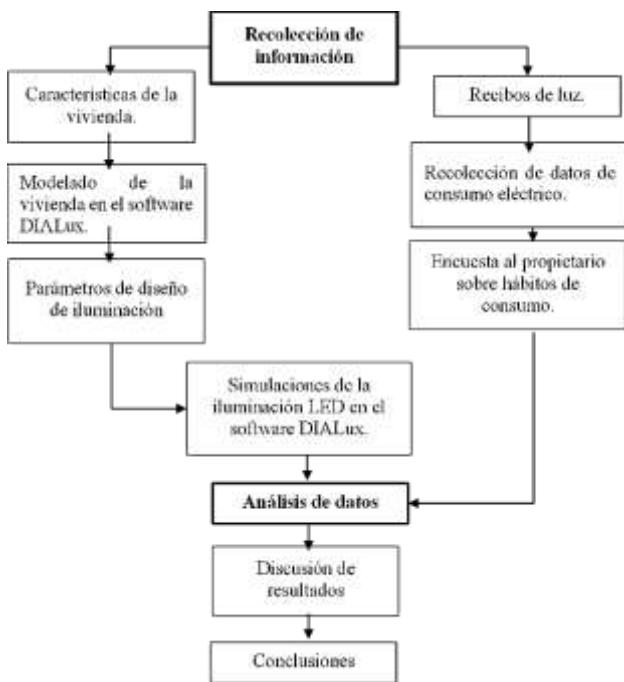


Fig. 3 Procedimiento para recolección y análisis de datos

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

Finalmente, en lo que respecta a aspectos éticos, la presente investigación al ser de índole descriptiva no ha modificado el entorno, razón por la cual no se ha alterado el medio ambiente. De igual forma se ha respetado los derechos de autor de los artículos, tesis y libros utilizados, realizando la referencia de cada uno de ellos por medio de las normas APA.

Además, de respetar la información otorgada por los propietarios, como es los croquis de las viviendas, el tipo de luminarias, y el importe total de sus recibos por mes. Garantizando de esta forma la confiabilidad de los datos

20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Hybrid Event, Boca Raton, Florida- USA, July 18 - 22, 2022.

recolectados, así como la eficiencia de los resultados obtenidos.

Así mismo, para la implementación de las luminarias LED mediante el software DIALux, se ha empleado lo exigido en la normativa EM.010 Instalaciones Eléctricas en Interiores, del Reglamento Nacional de Edificaciones [33], lo que garantiza que se está cumpliendo con los requerimientos mínimos de iluminación, tratando de reducir el consumo de energía eléctrica sin comprometer la eficiencia lumínica de cada ambiente.

Es necesario resaltar, que la presente investigación, al contribuir con el aprovechamiento del recurso energético y por ende a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que afectan nuestra capa de ozono, está cumpliendo con lo establecido en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, que establece nuestro país contra el cambio climático, la cual busca una reducción de emisiones de CO₂ en un 20% para el año 2030.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la tesis denominada como "Análisis de consumo de energía eléctrica al implementar luminarias LED, mediante el software DIALux, en cinco viviendas del departamento de Cajamarca" [34].

Se presentan los resultados del análisis realizado en cada vivienda, donde se detallan los consumos de energía eléctrica con luminarias convencionales y las luminarias LED utilizadas en el software DIALux. Además, de especificar la cantidad de ahorro por mes obtenido en cada vivienda (tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5, tabla 6).

TABLA 2
CONSUMO Y ENERGÍA ACTIVA POR LUMINARIAS
CONVENCIONALES Y LUMINARIAS LED
(Vivienda 1)

Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif. (kWh)	A. (%)	A. (S/)
		Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)			
2019	Oct.	60.48	37.01	26.60	16.28	33.88	56.01	20.73
2019	Nov.	58.46	37.39	25.72	16.45	32.75	56.01	20.95
2019	Dic.	64.51	41.36	28.38	18.19	36.14	56.01	23.17
2020	Ene.	56.45	36.61	24.83	16.10	31.62	56.01	20.50
2020	Feb.	56.45	36.27	24.83	15.96	31.62	56.01	20.32
2020	Mar.	60.48	38.82	26.60	17.08	33.88	56.01	21.75
Promedio							56.01	21.24

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a: Energía activa (kWh)

Dif: Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

TABLA 3
CONSUMO Y ENERGÍA ACTIVA POR LUMINARIAS CONVENCIONALES Y LUMINARIAS LED
(Vivienda 2)

Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)	Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)
		Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)						Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)			
2020	Oct.	25.82	16.78	13.44	8.74	12.38	47.96	8.05	2020	Oct.	29.11	18.92	15.86	10.31	13.24	45.50	8.61
2020	Nov.	24.99	16.47	13.01	8.57	11.99	47.96	7.90	2020	Nov.	28.17	19.32	15.35	10.53	12.82	45.50	8.79
2020	Dic.	24.16	16.10	12.57	8.38	11.59	47.96	7.72	2020	Dic.	27.23	18.15	14.84	9.89	12.39	45.50	8.26
2021	Ene.	24.99	8.33	13.01	4.34	11.99	47.96	4.00	2021	Ene.	28.17	18.78	15.35	10.24	12.82	45.50	8.55
2021	Feb.	22.49	7.49	11.70	3.90	10.79	47.96	3.59	2021	Feb.	25.35	16.89	13.82	9.20	11.54	45.50	7.68
2021	Mar.	24.99	17.34	13.01	9.02	11.99	47.96	8.31	2021	Mar.	28.17	18.74	15.35	10.21	12.82	45.50	8.52
Promedio:		47.96		6.60						Promedio:		45.50		8.40			

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a. Energía activa (kWh)

Dif. Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

TABLA 4
CONSUMO Y ENERGÍA ACTIVA POR LUMINARIAS CONVENCIONALES Y LUMINARIAS LED
(Vivienda 3)

Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)	Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)
		Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)						Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)			
2020	Oct.	35.50	23.07	19.22	12.49	16.28	45.85	10.58	2020	Nov.	34.35	22.64	18.60	12.26	15.75	45.85	10.38
2020	Dic.	33.21	22.13	17.98	11.98	15.23	45.85	10.15	2021	Ene.	34.35	22.90	18.60	12.40	15.75	45.85	10.50
2021	Feb.	30.92	20.59	16.74	11.15	14.18	45.85	9.44	2021	Mar.	34.35	22.85	18.60	12.37	15.75	45.85	10.48
Promedio:		45.85		10.25													

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a. Energía activa (kWh)

Dif. Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

TABLA 5
CONSUMO Y ENERGÍA ACTIVA POR LUMINARIAS CONVENCIONALES Y LUMINARIAS LED
(Vivienda 4)

Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)	Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)
		Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)						Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)			
2021	May.	12.80	4.59	5.56	1.99	7.24	56.57	2.59	2021	Jun.	13.25	4.27	5.75	1.86	7.49	56.57	2.42
2021	Jul.	12.80	4.18	5.56	1.81	7.24	56.57	2.36	2021	Ag.	13.25	4.41	5.75	1.92	7.49	56.57	2.50
2021	Set.	13.25	4.92	5.75	2.14	7.49	56.57	2.78	2021	Oct.	12.80	4.49	5.56	1.95	7.24	56.57	2.54
Promedio:		56.57		2.53													

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a. Energía activa (kWh)

Dif. Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

TABLA 6
CONSUMO Y ENERGÍA ACTIVA POR LUMINARIAS CONVENCIONALES Y LUMINARIAS LED
(Vivienda 5)

Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)	Año	Mes	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)
		Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)						Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)			
2020	Oct.	29.11	18.92	15.86	10.31	13.24	45.50	8.61	2020	Nov.	28.17	19.32	15.35	10.53	12.82	45.50	8.79
2020	Dic.	27.23	18.15	14.84	9.89	12.39	45.50	8.26	2021	Ene.	28.17	18.78	15.35	10.24	12.82	45.50	8.55
2021	Feb.	25.35	16.89	13.82	9.20	11.54	45.50	7.68	2021	Mar.	28.17	18.74	15.35	10.21	12.82	45.50	8.52
Promedio:		45.50		8.40													

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a. Energía activa (kWh)

Dif. Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

TABLA 7
PROMEDIO DE AHORRO OBTENIDO DE LAS VIVIENDAS

Nº Vivienda	Luminarias convencionales		Luminarias LED		Dif.	A. (%)	A. (S/)								
	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)	Cf. (kWh)	E.a. (kWh)											
1	59.47	37.91	26.16	16.68	33.31	56.01	21.24								
2	24.57	13.75	12.79	7.16	11.79	47.96	6.60								
3	33.78	22.36	18.29	12.11	15.49	45.85	10.25								
4	13.02	4.48	5.66	1.94	7.37	56.57	2.53								
5	27.70	18.47	15.10	10.06	12.60	45.50	8.40								
Promedio:		31.71		19.39		15.60		9.59		16.11		50.38		9.80	

Cf: Consumo facturado (kWh)

E.a. Energía activa (kWh)

Dif. Diferencia de consumo (kWh)

A: Ahorro (%) y (S/)

Fuente: Olano, R.; Olano, W. [34]

La presente investigación supone un punto de partida para plantear el uso de la tecnología LED en viviendas, porque que este tipo de luminarias aparte de generar niveles altos de iluminación en cada ambiente, logran un ahorro significativo de energía eléctrica. En la tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5 y tabla 6 se observa las diferencias de consumo en kWh entre las luminarias convencionales y las luminarias LED por cada vivienda, donde se detallan cantidades de ahorro de energía tanto en porcentaje como en soles, valores que al promediarlos por la cantidad total de viviendas analizadas (tabla 7), se puede obtener un ahorro promedio de 50.38% de la energía activa facturada, lo que equivale a un promedio de S/9.80 de ahorro por cada mes. Es así como, al obtenerse tal cantidad ahorro de energía eléctrica, se podría

contribuir a disminuir los altos niveles de consumo de energía eléctrica, que en estos tiempos es un problema latente a nivel mundial.

En cuanto a la implementación de las luminarias LED para cada ambiente se tuvo en consideración la norma EM.010 Instalaciones eléctricas en interiores y el uso de la metodología BIM, mediante el software DIALux, lo que permitió una correcta planificación y diseño de iluminación, verificándose que se esté cumpliendo los lux mínimos requeridos en cada área, garantizando así que el ahorro obtenido se ha calculado sin comprometer la eficiencia lumínica. Por su parte, se logró cumplir con las normas ISO/TS 21247 y ISO/CIE 20086, pues se pudo conseguir la reducción de consumo energético y su costo activo, sin comprometer las necesidades de iluminación, los cuales se ven reflejados en las isolíneas de cada ambiente y los colores cromáticos, dispuestos respecto a las zonas que requieren mayor percepción (plano de trabajo), garantizando así la óptima y eficiente iluminación de acuerdo con las necesidades de los propietarios.

La presente investigación solo ha llegado a determinar el ahorro de energía eléctrica al sustituir las luminarias convencionales por luminarias LED, mediante un balance energético, pudiéndose realizar la justificación de la inversión al implementar este tipo de luminarias para darle mayor alcance a nuestra investigación, no se logró realizar, puesto que no se contaba con información referente a precios reales de luminarias que proporcionan los fabricantes de luminarias LED; Sin embargo, se optó por buscar información referente a estudios de factibilidad, los cuales se detallan en la parte introductoria de la presente investigación, en los que demuestran que la utilización de luminarias LED es viable con un periodo de retorno menor a cinco años.

En cuanto a la interpretación comparativa, según [18] al sustituir las luminarias incandescentes y halógenas por luminarias LED se puede lograr un ahorro del 90% de energía eléctrica, logrando así un mayor aprovechamiento del recurso energético. Para el caso de nuestra investigación, se logró determinar un ahorro del 50.38% con respecto a las luminarias del tipo ahorrador e incandescentes, las cuales existían en mayor cantidad dentro de las viviendas.

De igual forma, [22] afirman que, por medio de las luminarias LED se puede ahorrar más del 12% si se aplicaran en ambientes educativos, con una recuperación de la inversión de recambio a largo plazo. Es así como, para nuestra investigación se ha logrado un ahorro mayor al 50%, que podría significar una recuperación de la inversión menor a los 5 años de servicio como mencionan [13], donde mediante un estudio de factibilidad determinaron que el periodo de recuperación es de 4.16 años, con un VAN mayor al valor inicial y un TIR mayor al 10%, indicando la viabilidad de la implementación de luminarias LED.

Así mismo, [16] mediante su artículo científico, determinaron que las lámparas LED generan un ahorro del 76% en comparación con las incandescentes en ambientes de oficinas. Efectivamente se puede corroborar, que la sustitución de cualquier otro tipo de luminaria convencional por una luminaria LED, genera un ahorro significativo de

energía eléctrica que, en nuestro caso en viviendas, es igual al 50.38% de ahorro.

A su vez, [19] determinó que las luminarias LED son un 52% más eficientes que las lámparas fluorescentes tomando en cuenta los valores mínimos que indica la norma. Es así como, para la presente investigación se determinó un ahorro igual al 50.38%, sin dejar de lado la eficiencia lumínica que debían tener todos los ambientes en general y las zonas que requerían una mayor percepción.

En el mismo orden de ideas [17], afirma que, la tecnología LED posee mayor eficiencia energética minimizando costos de consumo, pues necesita menor cantidad de intensidad de corriente para su funcionamiento, es por ello por lo que genera un ahorro significativo, el cual se puede verificar en nuestra investigación, donde se utilizó luminarias desde 9W de potencia sin comprometer los niveles de iluminación, con un monto de ahorro en soles que asciende a un total de S/9.80 por mes.

Por su parte, el antecedente de la tesis de [21], nos mencionó que si se sustituyen las luminarias halógenas de 40W por unas LED de 36W se puede reducir el consumo de energía eléctrica en 3504 kWh/año. Es así como, para la presente investigación mediante el cambio de luminarias convencionales que en su mayoría fueron focos ahorradores de 20W por luminarias LED de 9W, se pudo obtener un ahorro de 16.11 kWh/mes (tabla 7).

Asimismo, [20] afirman que las luminarias LED optimizan la demanda energética, llegando a reducir aproximadamente 641.20 kWh-anual. En tal sentido, acorde a la tabla 7, si se realizara la sustitución de las luminarias convencionales por luminarias LED, se puede lograr un ahorro aproximado de 16.11 kWh/mes, cifra que la multiplicamos por doce meses, significaría una reducción de consumo por iluminación de 193.32 kWh-anual.

En cuanto a las implicancias, la presente investigación, buscó proporcionar un aporte teórico, el cual se basa en la implementación de las luminarias tipo LED en reemplazo de las luminarias convencionales, ya que los resultados obtenidos demostraron que se puede lograr una reducción de consumo de 50.38%, beneficiando a los propietarios de las viviendas, con un ahorro de dinero que asciende a un monto de S/9.80 soles por mes de facturación, antes del quinto año de servicio. Así mismo, se buscó aportar con la reducción de los impactos ambientales, siendo así que, basándonos en nuestros resultados, se puede lograr disminuir el consumo por iluminación en 193.32 kWh/anual, consiguiendo así contribuir a la reducción de los altos niveles de consumo de energía eléctrica y por ende aportar con la mitigación del impacto ambiental.

Así mismo, mediante la aplicación de normativas de iluminación como la EM.010, y la UNE 12464.1, se logró proporcionar un aporte práctico, sobre la implementación adecuada de la iluminación en interiores, tomando en cuenta los lux requeridos por cada ambiente y las necesidades de los propietarios, para así garantizar la correcta iluminación, sin sobredimensionar ni limitar esta misma.

Se espera que con los resultados de la presente investigación se implementen y logren concientizar a la población acerca del aprovechamiento óptimo de la energía eléctrica, mediante el uso de la tecnología LED ya sea en viviendas o en otros ámbitos que requieran iluminación, bajo un enfoque de ahorro y eficiencia lumínica.

De esta manera, como recomendaciones para posteriores investigaciones, se puede mencionar que se debe realizar un estudio de factibilidad del costo y tiempo de inversión al implementar luminarias LED específicamente en viviendas, con un estudio de mercado en los principales distribuidores y comercializadores de este tipo de luminarias en nuestro país.

IV. CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis, ya que la tecnología LED si representa una alternativa de solución a las altas demandas de consumo de energía activa, reduciéndola en un 50.38%, cifra que es cercana al supuesto en primera instancia (50%), teniendo una variación de tan solo 0.38%.

Se determinó que el consumo de energía activa por luminarias convencionales mediante los recibos de la vivienda, el cual asciende a un promedio de 31.71 kWh, lo que equivale aproximadamente a S/19.39 del recibo de cada mes.

Se calculó el consumo de energía activa por tecnología LED mediante el software DIALux en las viviendas, teniendo en cuenta la norma EM.010 para los niveles de iluminación de cada ambiente, determinándose un consumo de 15.60 kWh, lo que semeja a un gasto de energía activa facturada de S/9.59.

Se comprobó que, mediante la implementación de la tecnología LED en las viviendas se obtiene un ahorro promedio de 50.38% respecto de las luminarias convencionales, representando un ahorro significativo de S/9.80 por cada mes.

Adicionalmente, se determinó que mediante la implementación de la tecnología LED en viviendas, se puede reducir el consumo por iluminación en 193.32 kWh-anual, aportando de este modo a la reducción de los altos niveles de consumo de energía eléctrica que afectan a nuestro medio ambiente.

REFERENCIAS

- [1]. Villa, J. (2011). *Plan de negocios lámparas ecológicas con bombillos de tecnología led*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/>
- [2]. Vizeu da Silva, A., Oliveira, A., Faustino, C., & Travassos, M. (2016). *An educational approach to a Lighting Design Simulation using DIALux evo Software*.
- [3]. Enerdata. (21 de Diciembre de 2020). *Anuario estadístico mundial de energía 2020*. Obtenido de 4. <https://datos.enerdata.net/electricidad>
- [4]. BCR. (20 de 06 de 2021). Gestión. Obtenido de Economía: <https://gestion.pe/economia/reserva-de-electricidad-caeria-hasta-34-en-2024-por-aumento-de-demanda-nnndc-noticia/?ref=gesr>
- [5]. Mejía, E., & Gonzales, S. (2019). *Predicción del consumo de energía eléctrica residencial de la Región Cajamarca mediante modelos Holt - Winters*. Lima: UNI. Obtenido de <http://scielo.sld.cl/>
- [6]. MEM. (20 de Junio de 2016). MEM: Iluminación representa el 19% de la facturación eléctrica en el hogar. *Economía*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia>
- [7]. Mohd , K., Yanuar, A., & Mohd, A. (2017). Energy Analysis of Efficient Lighting System Design for Lecturing Room Using DIALUX EVO 3. *Institute of High Voltage & High Current (IVAT)*.
- [8]. Comisión de Normalización Europea. (2002). *UNE 12464.1 Norma Europea sobre Iluminación para Interiores*. España.
- [9]. ISO/TS 21247. (2020). *Light and lighting — Commissioning of lighting systems in buildings*. ISO. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/>
- [10]. ISO/CIE 20086. (2019). *Light and lighting - Energy performance of lighting in buildings*. Obtenido de <https://www.sis.se/api>
- [11]. Grigoryeva, S., Baklanov, A., & Titov, D. (2017). *Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting*. Faculty of Information Technology and Business Engineering, Tomsk, Russia.
- [12]. Miguel, S., Figueira, A., De Cabo, L., & Faggi, A. (2017). *luminación a partir de tecnología LED*. Argentina: Universidad de Flores. Obtenido de <http://www.losverdes.org.ar/>
- [13]. Gonzales, C., Gutierrez, J., & Zuñiga, E. (2019). *Estudio de factibilidad para la disminución de los costos energéticos en el colegio Compartir de la ciudad de Cali*. Santiago de Cali: Fundación
- [14]. Guerrero, L. (2017). *Viabilidad del uso de luminarias LED en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. Cuba: Instituto superior minero metalúrgico de Moa.
- [15]. DIALux. (2020). *DIALux es el software para el diseño de iluminación profesional*. DIAL. Obtenido de <https://books.google.com.pe/>
- [16]. Soori, P., & Alzubaidi, S. (2011). *STUDY ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF OFFICE BUILDING'S LIGHTING SYSTEM DESIGN*. Heriot-Watt University Dubai Campus, Dubai, Emiratos árabes Unidos.
- [17]. García, D. (2013). *Analisis Comparativo entre iluminación convencional e iluminación LED utilizando el método de los lúmenes*. Universidad Veracruzana, México. Obtenido de <http://sistemamid.com/>
- [18]. Ceballos, P. (2017). *Instalación de alumbrado LED y sistema domótico en una vivienda unifamiliar*. Universidad de Cantabria, España.
- [19]. Urrutia, J. (2019). *"Diseño de iluminación LED con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su implementación en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias"*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- [20]. Delgado, F., & Sasai, D. (2019). *"Estudio para la Implementación de cargas tipo LED en Iluminación residencial interior para la Optimización del Confort Visual y la Demanda Energética en Lima"*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- [21]. Escobal, M. (2017). *Implementación de una auditoría eléctrica para reducir el consumo de energía eléctrica en el hospital II de Essalud Cajamarca, 2017*. Universidad César Vallejo, Trujillo. Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe
- [22]. Díaz, D., & Paredes, J. (2019). *Sistema de iluminación eficiente en la I. E. Hermógenes Mejía Sofí, provincia de Jaén – Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén, Jaén. Obtenido de repositorio.unj.edu.pe
- [23]. Déleg, M., & Cuenca, A. (2010). *Tecnología LED*. Ecuador: Electrónica digital. Obtenido de <https://scholar.google.es/>
- [24]. MEM. (2010). *Guía de consumo y facturación de energía eléctrica cliente regulado residencial*. Lima.
- [25]. Hidrandina . (27 de Febrero de 2019). *Hidrandina S.A*. Obtenido de <https://www.distriluz.com.pe/hidrandina/index.php/noticias/item/152-hidrandina-te-enseña-como-leer-tu-recibo-de-luz>
- [26]. Phillips. (s.f.). *Phillips S.A.* Obtenido de <https://www.lighting.philips.com.mx/educacion/iluminacion-convenional>
- [27]. Gago, A., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. España: Impulso. Obtenido de <https://books.google.com.pe/>
- [28]. Blanca, V., & Aguilar, M. (2015). *LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes*. E.T.S. Arquitectura.
- [29]. Medina, M. (2015). *Diseño de Instalaciones Eléctricas Bajo Modelado BIM*. Universidad de Valladolid, España. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es>
- [30]. Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- [31]. Ortiz, F. (2003). *Diccionario de metodología de la investigación científica*. México: Limusa.
- [32]. Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 6ta. Edición. Venezuela: Episteme.

- [33]. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2016).
EM.010. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- [34]. Olano, R., Olano, W. (2020). *Analisis del consumo de energía eléctrica al implementar luminarias LED mediante el software DIALux, en cinco viviendas del departamento de Cajamarca*. 2020. Universidad Privada del Norte. Cajamarca.