

# Meta-analysis of Energy Efficiency in Educational Buildings

David Jacob Checa Cervantes<sup>1</sup>[\[https://orcid.org/0000-0002-0393-5501\]](https://orcid.org/0000-0002-0393-5501), Hernán Oscar Cortez Gutiérrez<sup>2</sup>[\[https://orcid.org/0000-0002-1516-5583\]](https://orcid.org/0000-0002-1516-5583), Rubén Darío Mendoza Arenas<sup>3</sup>[\[https://orcid.org/0000-0002-7861-7946\]](https://orcid.org/0000-0002-7861-7946), Milton Milciades Cortez Gutiérrez<sup>4</sup>[\[https://orcid.org/0000-0003-4939-7734\]](https://orcid.org/0000-0003-4939-7734), Marisol Paola Delgado Baltazar<sup>5</sup>[\[https://orcid.org/0000-0002-0278-7946\]](https://orcid.org/0000-0002-0278-7946)  
<sup>1,2,3,5</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, [djchecac@unac.edu.pe](mailto:djchecac@unac.edu.pe), [hocortezg@unac.edu.pe](mailto:hocortezg@unac.edu.pe),  
[rdmendozaa@unac.edu.pe](mailto:rdmendozaa@unac.edu.pe), [mpdelgadob@unac.edu.pe](mailto:mpdelgadob@unac.edu.pe)  
<sup>4</sup>Universidad Nacional de Trujillo, [mcortezgutierrez@yahoo.es](mailto:mcortezgutierrez@yahoo.es)

**Abstract-** *With the high consumption of electrical energy due to the progressive increase in demand, in the residential, commercial and industrial sectors, the need arises to opt for strategies for energy saving, with university educational buildings being a case that requires analysis in Latin America . The purpose of the following work is to compile the alternative solutions or measures applied by university educational institutions in Latin America and indicate which are the main measures to adopt to achieve energy efficiency. The PRISMA methodology was used for a systematic review. The results indicate that energy efficiency is achieved through active strategies with the change in electrical equipment technology, especially lighting and air conditioning, as well as passive strategies through architectural design. It is concluded that it is necessary to identify the areas of greatest energy consumption through a system of measurements, energy indicators and an institutional energy policy. It is also verified that energy efficiency contributes to savings on electricity bills and reduces the carbon footprint. Likewise, the quality of lighting impacts the academic performance of students.*

**Keywords:** *Meta-analysis, energy efficiency, university campus, energy savings, carbon footprint, energy policy, academic performance.*

# Metaanálisis de la Eficiencia Energética en Edificaciones Educativas

David Jacob Checa Cervantes<sup>1</sup>[<https://orcid.org/0000-0002-0393-5501>], Hernán Oscar Cortez Gutiérrez<sup>2</sup>[<https://orcid.org/0000-0002-1516-5583>], Rubén Darío Mendoza Arenas<sup>3</sup>[<https://orcid.org/0000-0002-7861-7946>], Milton Milciades Cortez Gutiérrez<sup>4</sup>[<https://orcid.org/0000-0003-4939-7734>], Marisol Paola Delgado Baltazar<sup>5</sup>[<https://orcid.org/0000-0002-0278-7946>]  
<sup>1,2,3,5</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, [djchecac@unac.edu.pe](mailto:djchecac@unac.edu.pe), [hocortezg@unac.edu.pe](mailto:hocortezg@unac.edu.pe),  
[rdmendozaa@unac.edu.pe](mailto:rdmendozaa@unac.edu.pe), [mpdelgadob@unac.edu.pe](mailto:mpdelgadob@unac.edu.pe)  
<sup>4</sup>Universidad Nacional de Trujillo, [mcortezgutierrez@yahoo.es](mailto:mcortezgutierrez@yahoo.es)

**Resumen:** Con el alto consumo de energía eléctrica por el aumento progresivo de demanda, en los sectores residenciales, comerciales e industriales, surge la necesidad de optar por estrategias para el ahorro energético, siendo las edificaciones educacionales universitarias un caso que requiere analizar en América Latina. El propósito del siguiente trabajo es recopilar las alternativas de solución o medidas aplicadas por las instituciones educativas universitarias de Latinoamérica y señalar cuáles son las principales medidas a adoptar para lograr la eficiencia energética. Se utilizó la metodología PRISMA para una revisión sistemática. Los resultados indican que la eficiencia energética se logra a través de estrategias activas con el cambio en tecnología del equipamiento eléctrico, especialmente iluminación y climatización, así como de estrategias pasivas mediante el diseño arquitectónico. Se concluye que se requiere identificar las áreas de mayor consumo de energía mediante un sistema de mediciones, indicadores energéticos y una política energética institucional. También se verifica que la eficiencia energética contribuye con el ahorro en los recibos de electricidad y disminuye la huella de carbono. Asimismo, la calidad de iluminación impacta en el rendimiento académico de los estudiantes.

**Palabras clave:** Metaanálisis, eficiencia energética, campus universitario, ahorro energético, huella de carbono, política energética, rendimiento académico.

**Abstract:** With the high consumption of electrical energy due to the progressive increase in demand, in the residential, commercial and industrial sectors, the need arises to opt for strategies for energy saving, with university educational buildings being a case that requires analysis in Latin America. The purpose of the following work is to compile the alternative solutions or measures applied by university educational institutions in Latin America and indicate which are the main measures to adopt to achieve energy efficiency. The PRISMA methodology was used for a systematic review. The results indicate that energy efficiency is achieved through active strategies with the change in electrical equipment technology, especially lighting and air conditioning, as well as passive strategies through architectural design. It is concluded that it is necessary to identify the areas of greatest energy consumption through a system of measurements, energy indicators and an institutional energy policy. It is also verified that energy efficiency contributes to savings on electricity bills and reduces the carbon footprint.

*Likewise, the quality of lighting impacts the academic performance of students.*

**Keywords:** Meta-analysis, energy efficiency, university campus, energy savings, carbon footprint, energy policy, academic performance.

## I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es de interés global en ámbitos industriales, comerciales y educacionales. Las escuelas y universidades en sus edificaciones buscan el ahorro energético y requieren adoptar estrategias o aplicar soluciones para conseguirlo. Un ejemplo es en la Universidad de Nariño de Colombia, la cual ha considerado la implementación del uso de generación distribuida con energías renovable para su sistema eléctrico. Uno de sus beneficios es la eficiencia mejorada en la distribución y uso de la energía eléctrica, produciendo un impacto favorable en el medio ambiente. [1]

Un factor que incentiva la adopción de sistemas energéticos eficientes es el ahorro económico, especialmente en consumo de electricidad. Un caso de estudio es la Universidad de Concepción (UdeC) en Chile que tenía altos costos de la energía eléctrica. Sumado a la preocupación por un ambiente menos contaminado, esta universidad optó por establecer una energía eficiente y establecer ciertas metas anuales en términos de mejorar sus indicadores de energía. En 2013 se realizó un cambio en el tipo de luminarias de la Biblioteca Central que consistió en cambiar aproximadamente 13.000 tubos fluorescentes de 20W, por 3250 luminarias LED. Se mejoraron los niveles de iluminación y se consigue un ahorro anual de aprox. \$76,252,800 (alrededor de \$80,000).[2]

Otro caso de estudio en un edificio universitario es el de la Universidad Católica sede Azogues en Ecuador. En este campus se optimizó el sistema de alumbrado que representa un 49 % del consumo de la zona de estudio. La implementación de este cambio produjo un periodo de recuperación de inversión aceptable. Asimismo, el cambio en la eficiencia energética contribuyó a ser calificado como un proyecto MD (Mecanismo de Desarrollo Limpio). [3]

Para poder conseguir la eficiencia energética, se requiere un análisis de uso de energía de la zona en estudio y obtener

indicadores. En el Edificio Alejandro Suárez Copete-Universidad Distrital, en Colombia, se calcularon indicadores energéticos para un análisis más detallado del edificio tales como consumo de energía por área total, potencia instalada por área total, consumo de energía por persona, potencia instalada, por persona., emisiones de CO2 por área de edificio y emisiones de CO2 por persona. Esto permite establecer una línea base para poder implementar las mejoras en temas de eficiencia energética. [4]

El análisis energético conlleva identificar las áreas de mayor consumo de energía para poder implementar las medidas de eficiencia. En la Universidad de La Guajira de Colombia identificó el consumo elevado de energía eléctrica por un uso irresponsable de estudiantes, profesores y personal administrativo. Las luminarias y equipos de aire acondicionado se dejaban en funcionamiento cuando salían de las aulas y laboratorios, dando a lugar un alto consumo de electricidad. [5]

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación plantea analizar ¿Qué acciones se han adoptado en edificaciones educativas universitarias de los países latinoamericanos para mejorar el nivel de eficiencia energética en los últimos 10 años 2013-2022? Por lo cual se planteó el siguiente objetivo: Describir las acciones de mejora para usar la energía de manera eficiente en edificaciones educativas adoptadas por los países de Latinoamérica en los últimos 10 años.

## II. METODOLOGÍA

Para el presente estudio se determinó utilizar el marco de trabajo PRISMA que permite realizar una secuencia ordenada de valoración de las actividades desarrolladas dentro del proceso de investigación. Para lo cual, para responder la pregunta de investigación se han considerado los siguientes criterios de inclusión: eficiencia energética, años 2013-2022, campus universitario y países de Latinoamérica; luego se definieron las siguientes ecuaciones de búsqueda en español: “eficiencia energética” y “campus universitario” y “Latinoamérica”; “ISO 50001” y “campus” y “país latinoamericano”, cabe indicar que “país latinoamericano” es reemplazado con países como Brasil, Colombia, Chile, Argentina, Bolivia y Perú; “energy efficiency” AND “latinamerican country” AND “campus”; cabe indicar que “latinamerican country” representa la búsqueda de países de Latinoamérica. Asimismo, se determinaron los siguientes motores de base de datos como son Redalyc, Google Académico, Scielo, Research Gate y Scopus, obteniéndose un total de 288, se excluyeron 50 artículos por duplicidad y 85 artículos por otras razones varias: Luego de 154 que quedaron se excluyeron 71 por falta de relevancia con el objetivo, obteniendo 83 artículos elegibles, de estos, 40 no se pudieron recuperar, quedando 43 artículos, de los cuales fueron eliminados 10 artículos por no contar con el texto completo y 13 artículos por no estar directamente relacionados con

edificaciones universitarias, quedando finalmente 20 artículos para el proceso de revisión. No se consideraron reportes ni informes.

## III. RESULTADOS

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del enfoque PRISMA para la presente revisión tal como se muestra en la figura 01.

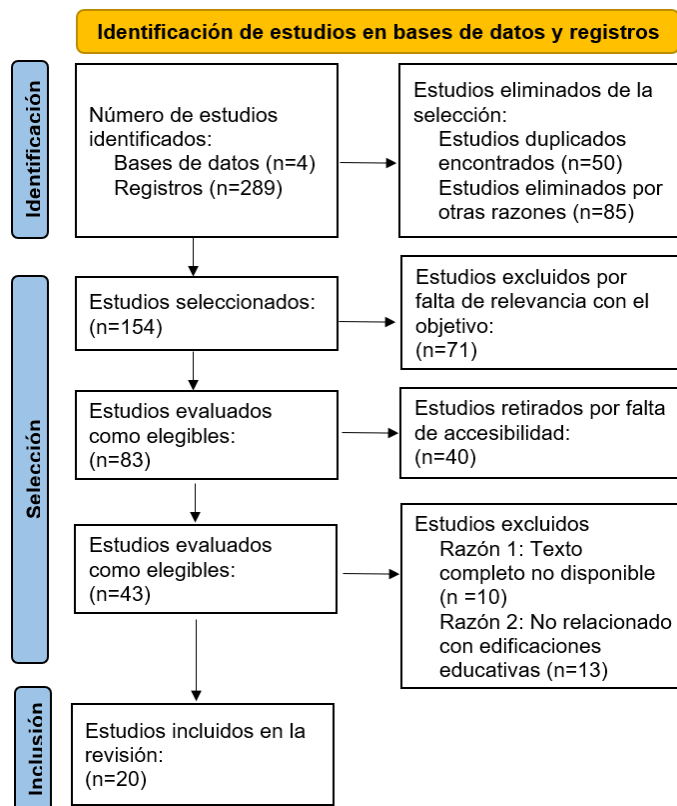


Fig. 1 Diagrama de flujo de la declaración PRISMA

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se muestra el análisis de la revisión de los artículos relacionados al tema.

TABLA I  
REVISIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS

Autor	Propósito	Metodología	Resultados	Aportes
[6]	Elaborar un modelo computacional de readaptación para simular estrategias de eficiencia energética la Universidad Estatal de Campinas, Brasil.	Estudio de edificio existente y evaluar la estrategia en base a 3 parámetros: consumo de energía, confort térmico y costos.	La iluminación y ventilación natural pueden reducir consumos de energía entre el 5% y 9% anualmente. Se obtiene una reducción anual de 70.3 MWh a 63.9 MWh, siendo la alternativa de ventilación natural la de mejor aporte.	Establecimiento de caso base y propuesta de una metodología para estrategias pasivas de readecuación.
[7]	Analizar el grado de sostenibilidad del edificio de una universidad comunitaria, localizada en Santa Catarina. Segundo Rosa-Castro, Júnior e Marques, Brasil.	Estudio descriptivo con enfoque cualitativo alineado con un Sistema de Contabilidad de Gestión Ambiental (SICOGEA) para lograr una edificación eficiente.	Se determinó un índice de sostenibilidad de 48% clasificado como regular y mínimos para cumplir requisito normativo.	Recomienda las siguientes acciones: introducción de licitaciones sostenibles; utilización de sensores de presencia en edificios; control de luminosidad; implementación de un sistema de calentamiento solar de agua; esfuerzo por obtener sellos y certificaciones; evitar multas y compensaciones ambientales; e implementar auditorías ambientales.

[8]	Analizar la eficiencia energética (térmica) de un edificio universitario localizado en el sur de Brasil, Santa Catarina, UDESC)	Uso de un modelo computacional basado en el Reglamento Técnico de Calidad para Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos (RTQ-C) para evaluar la eficiencia energética de la envolvente de la edificación.	Se confirma el nivel de eficiencia energética D considerado como de baja eficiencia térmica y energética. Si se toman las medidas seguridad se puede alcanzar un nivel A de eficiencia que significa un 20% de ahorro en consumo energético, en comparación con el nivel D."	Los resultados obtenidos pueden ayudar a los administradores municipales en la toma de decisiones sobre proyectos en ejecución en el sector público. Así, es posible cumplir con las políticas de eficiencia energética, y con ello evitar medidas de emergencia de racionamiento energético, así como promover el ahorro en los recursos públicos. y la sostenibilidad del edificio.
[9]	Describir los resultados de una evaluación de calidad de energía y eficiencia energética en la Escuela de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad Estatal de Campinas, Brasil.	Medición de calidad de energía y eficiencia energética con la ayuda del experimento de cambio de balastos y superficies reflectivas de las luminarias fluorescentes existentes.	Se confirma el ahorro energético pero la calidad de energía debido a los balastos energéticos se reduce debido a la distorsión de la corriente.	Los cambios de tecnología pueden contribuir con el ahorro energético, pero puede conllevar otros problemas como una baja calidad de energía.

[10]	Evaluar la sustitución de lámparas fluorescentes con lámparas LED en la Universidad Federal de Uberlândia, Minas Gerais Brasil.	Estudio económico para evaluar la viabilidad del proyecto mediante una muestra de 1000 lámparas para substitución.	Con el cambio de 1000 unidades (lámparas) se puede conseguir ahorros entre el 56% y 81% en un período de evaluación de 13 años, con período de recuperación de la inversión desde el año 1. Además, contribuye con la sostenibilidad de la edificación.	Confirmar la rentabilidad del proyecto con un retorno de la inversión desde el primer año y sobretodo la contribución medio ambiental.	[13]	Evaluar el impacto del nuevo sistema de iluminación de vías públicas de la Universidad Federal de Espírito Santo, Goiabeiras, Brasil	Estudio elaborado en dos etapas La primera, referida a la elaboración del Proyecto luminotécnico, y la segunda, desarrollado tras la finalización del proyecto, que trata de la comparación entre el consumo energético estimado de la propuesta de proyecto y la instalación existente en el campus	Se concluye que una reducción del consumo de energía eléctrica en vías de vehículos de un 64%, y en vías de peatones, alcanza el 86%. El tiempo de recuperación de 16 meses se. Los ahorros en el consumo eléctrico amortizan mensualmente una parte satisfactoria del valor invertido.	Reemplazar y complementar el alumbrado público en el campus con tecnología LED, podría hacer que el sistema sea más eficiente y mejorar la calidad de la iluminación. Este hecho permitirá una economía financiera que se puede atribuir para otros fines esenciales para la Universidad.
[11]	Analizar la calidad de energía y eficiencia energética en el campus del Instituto Federal Catarinense, Brasil.	Mediciones de sectores de la edificación para detectar bajos niveles de calidad de energía y de eficiencia energética.	Se detectaron altos niveles de distorsión armónica THD y equipos con bajo rendimiento energético en climatización e iluminación.	Con los datos obtenidos en la fase inicial, se recomienda reemplazo de lámparas fluorescentes por LED y renovación de equipos de climatización. El programa PROCEL de Brasil brinda incentivos para realizar estos cambios.	[14]	Demostrar la eficiencia y la viabilidad de la implantación de plantas fotovoltaicas de eficiencia lumínica integrada de edificios para cubrir parte o la totalidad de las demandas energéticas en campus de la Pontificia Universidad Católica de Campinas, Brasil	Realizar un diseño del sistema FV y lumínico con tecnología LED para evaluar mediante estimación los ahorros energéticos en el campus.	Con el reemplazo de luminarias LED se puede lograr una reducción del 34% del consumo Con el sistema fotovoltaico se puede conseguir una disminución del 20% del consumo de la red.	Los datos ayudar a la toma de decisiones de optar por proyectos de eficiencia energética ya que muestran resultados atractivos en temas de ahorro de energía eléctrica.
[12]	Evaluar el nivel de conocimiento de la comunidad académica sobre las prácticas implementadas en materia de eficiencia energética, en la Universidad de Passo Fundo, Brasil.	Caso de estudio basado en un cuestionario con una participación de 400 personas vinculadas a la universidad.	Se debe invertir más en acciones de eficiencia energética como uso de sistemas fotovoltaicos y crear una cultura sostenible en el campus.	La información obtenida sirve de referencia para otras universidades a tomar acciones no solo en cambios del equipamiento eléctrico sino también en concientizando a la comunidad académica fortaleciendo la cultura de ahorro energético.					

[4]	Implementar indicadores energéticos en edificaciones educativas o similares, Colombia.	Aplicación de la norma internacional ISO 50001:2011.	Los indicadores obtenidos son: consumo energético por área total, potencia instalada por área total, consumo energético por persona, potencia instalada por persona, emisiones de CO2 por área de edificio, emisiones de CO2 por persona.	Los indicadores ayudan a proponer soluciones de mejora en eficiencia energética, que fundamentalmente son los equipos utilizados y hábitos de consumo.	[2]	Dar a conocer a proyectos de eficiencia energética en el campus de la Universidad de Concepción, Chile.	Presentación de caso donde se realizó la reingeniería en una zona de alto consumo energético y elaboración de indicadores energéticos	Cambio de tubos fluorescentes de a luminarias LED. Ahorro anual de aprox. \$76,252,800.	Propuesta para reducir facturas eléctricas.
[5]	Diagnóstico del consumo eléctrico usando el estándar ISO 50001:2011, en la Universidad de La Guajira, sede Riohacha, Colombia.	Recolección de datos: registros de facturas de energía eléctrica, procesos de la organización e inventario de equipos y maquinas.	Consumo elevado por uso irresponsable de equipos y maquinarias, al no apagar luces y equipos cuando salen de las instalaciones.	Implementación de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía.	[17]	Realizar una investigación exploratoria de los factores influyentes en la implementación de energías renovables y medidas de eficiencia energética en edificaciones universitarias existentes de España y Portugal.	Investigación de tipo cualitativas mediante entrevistas a personal clave de las universidades para determinar los factores comunes.	Se reportaron los siguientes factores que determinan el grado de implementación; arquitectónicos reguladores, financieros, urbanísticos tecnológicos, y de aceptación social.	Existe interés en el tema, pero hay barreras, de las cuales las del tipo financieras y económicas son las más importantes. Los cambios en equipos de iluminación y climatización son los que contribuyen más en el ahora del consumo de energía.
[1]	Propuesta de un Sistema de Gestión de Medida en la Universidad de Nariño, Colombia.	Diagnóstico de la red actual y de los cambios que deberían hacerse para su evolución a una red inteligente.	Análisis en dos partes: gestión energética a corto plazo y a largo plazo.	Se propone la estimación de demanda de energía como herramienta base de gestión de la microrred inteligente.	[18]	Conocer el consumo energético de un bloque de aulas en el campus de la Universidad Politécnica Salesiana, en Quito – Ecuador.	Investigación básica que incluye la auditoría energética simulada para evaluar la envolvente térmica, eficiencia de equipos térmicos y conocer la calificación energética según regulación española.	Con la herramienta HULC. Se puede simular el impacto de las mejoras a implementar consiguiendo mejorar la calificación energética E a una calificación de A.	Ayuda a instituciones públicas y privadas en la creación de una herramienta informática para determinar la calificación energética de edificios, según la Ley de Eficiencia Energética aprobada en el año 2019 en Ecuador.
[15]	Rehabilitar edificación educativa en calefacción para mejorar índices energéticos en Edificio Escolar de San Juan, Argentina.	Proponer propuestas de rehabilitación y obtener índices energéticos de referencia y optimizados.	Reducción de indicadores energéticos de 44,9 kWh/ a 33 kWh/m2 anual y de 95,2 kWh/alumno a 70 kWh/alumno.	Usar datos y metodología para aplicar en la rehabilitación de otros edificios.					
[16]	Establecer línea base de la Huella de Carbono en el sistema de alumbrado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú.	Medición y cálculo	La línea base calculada es de 0.061 tonCO2e/estudiante, y de 0.042 tonCO2e/lámpara.	Los mayores centros de consumo son los laboratorios.					

#### IV. DISCUSIÓN

Los mayores consumos de la edificación son la energía eléctrica de los sistemas de iluminación y los sistemas de climatización. En las publicaciones revisadas se evidencia que las propuestas de mejora en eficiencia energética van normalmente orientadas en mejoras de iluminación como en el estudio de [2] y mejoras en el sistema de climatización como lo propuesto por [15]

Las estrategias pasivas de iluminación y ventilación natural son también alternativas a la sustitución de luminarias LED. Según lo propuesto por [6], no solo los cambios en los sistemas eléctricos sino también los diseños arquitectónicos contribuyen a la eficiencia energética.

El beneficio que se obtiene no solo es económico. Según lo revisado en el artículo de [16], la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> va acompañado de la eficiencia energética.

La metodología clave es identificar, crear una línea base y realizar mediciones para evaluar los índices energéticos. Como lo establece, [1], del estudio de [5] y el artículo de [4], el planeamiento es clave para lograr resultados de eficiencia energética usando una metodología como la del ISO 50001.

Los indicadores energéticos son de gran ayuda a la estimación y evaluación de propuestas de eficiencia en el uso de energía. El estudio de [4] propone índices que puedan formar una línea de base energética.

El uso de sistemas de autogeneración con energías renovables contribuye con la eficiencia energética. Sin embargo, en el caso de estudio de [3], el periodo de retorno de inversión es de 27 años para la implementación de un sistema fotovoltaico, lo que lo hace un proyecto no viable.

El uso del IoT y la programación también contribuyen con la eficiencia energética. Como lo indican en [20], se pueden implementar sistemas de monitoreo y control que nos permiten un mejor manejo de la cantidad de energía consumida mediante el IoT.

#### V. CONCLUSIONES

Los mayores cambios o adecuaciones son en el sistema de iluminación y sistemas de aire acondicionado, optando por la tecnología LED. Con los resultados obtenidos se pueden comprobar ahorros energéticos y económicos al realizar el análisis del retorno de la inversión.

No solo es necesario hacer los cambios por sistemas o equipos eléctricos más eficientes, sino también en implementar una política energética y un sistema de medición para comprobar y cuantificar las mejoras obtenidas. El uso de indicadores energéticos es una herramienta útil para medir el nivel de eficiencia.

La calidad de la iluminación impacta en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de ahí la importancia del estudio de la eficiencia energética en las aulas en concordancia a la referencia [21].

[3]	Presentar propuestas de eficiencia energética para disminuir el consumo de energía en Universidad Católica Universidad Católica sede Azogues, Ecuador.	Determinación de consumos históricos mensuales y diarios. Identificación de equipos eléctricos que representan un mayor consumo (iluminación).	Se obtuvo un ahorro anual de \$5762 anual con una recuperación de inversión de 2 años y 3 meses.	Propuesta de cambio de tecnología en las luminarias existentes y uso de energía solar fotovoltaica.
[19]	Describir el diseño, desarrollo e implementación de un nuevo sistema de iluminación inteligente renovable en la vía de accesos a la Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia.	Implementación y medición de un sistema piloto de iluminación con paneles fotovoltaicos y lámparas dimerizables en un tramo de las vías de acceso para evaluar los ahorros energéticos.	Se consiguió un ahorro del 72.8 % con el uso de un sistema de iluminación inteligente basado en tecnología LED.	La opción de un sistema de iluminación o/off para vías de acceso puede mejorar su eficiencia mediante el uso de paneles fotovoltaicos incorporados y con un sistema de control de intensidad de iluminación acorde con el tránsito peatonal y vehicular.
[20]	Uso de IoT para monitoreo energética en laboratorio de la Universidad Privada Boliviana.	Desarrollo de ChuchusMO TE, con protocolo de comunicación MQTT (Message Queue Telemetry Transport) un sistema de monitoreo energético y control con sensores y actuadores inalámbricos, que utilizan el protocolo de comunicación asíncrono.	Sistema capaz de mantener registro de medición como potencia, voltaje, corriente, eficiencia y de realizar un control domótico de encendido y apagado de cargas eléctricas de alumbrado.	El sistema propuesto permite tomar datos en tiempo real, datos históricos, y realizar telecontrol.

## AGRADECIMIENTOS

A los docentes del programa del doctorado de la Universidad Nacional del Callao por su guía en la elaboración del presente artículo.

## REFERENCIAS

- [1] A. F. Arciniegas M., D. E. Imbajoa R., y J. Revelo F., “Diseño e implementación de un Sistema de Medición Inteligente para AMI de la microrred de la Universidad de Nariño”, *Enfoque UTE*, vol. 8, núm. 1, pp. 300–314, feb. 2017, doi: 10.29019/enfoqueute.v8n1.136.
- [2] L. G. Santander, “Eficiencia Energética Aplicaciones Exitosas en Universidad de Concepción”, *Celulosa Y Papel*, vol. 33, pp. 26–29, ene. 2017.
- [3] D. P. Romo y D. X. Morales, “Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico – económico basado en energía solar”, *Revista Técnica “energía”*. No, vol. 17, núm. 2, pp. 44–54, 2021, Consultado: dic. 17, 2022. [En línea]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/42>
- [4] J. Pinzón C., A. Corredor, F. Santamaría, J. Hernández, y C. Trujillo, “IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS EN CENTROS EDUCATIVOS CASO DE ESTUDIO: Edificio Alejandro Suárez Copete- Universidad Distrital Francisco José de Caldas”, *Escuela de Administración de Negocios*, pp. 186–200, 2014, Consultado: dic. 17, 2022. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20633274013>
- [5] Y. M. Ladeuth, D. D. López, y C. A. Socarrás, “Electrical energy consumption diagnosis for planning a quality and technical standard ISO 50001: 2011”, *Informacion Tecnologica*, vol. 32, núm. 1, pp. 101–112, 2021, doi: 10.4067/S0718-07642021000100101.
- [6] L. Oliveira Fernandes, L. Chebel Labaki, C. Matheus, y E. Lantelme, “Procedimiento para análisis del desempeño termoenergético y económico de estrategias pasivas para la adaptación de un edificio en Brasi”, *Ingeniería de Construcción RIC*, vol. 33, núm. 3, pp. 251–262, 2018, Consultado: dic. 17, 2022. [En línea]. Available: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000300251&lang=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000300251&lang=pt)
- [7] S. L. Bocasanta, E. Engelage, E. D. Pfitscher, y A. Borgert, “Avaliação de Sustentabilidade: Eficiência Energética em Edifícios de uma Universidade Comunitária”, *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, vol. 6, núm. 2, pp. 140–149, ago. 2017, doi: 10.5585/geas.v6i2.827.
- [8] J. Kurnitski et al., “Assessment of the energy efficiency of a public university building in Southern Brazil”, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/2019111040.
- [9] C. Oliveira, F. Sato, E. Ruppert, y M. Kubo, “Case study of energy efficiency and electric power quality”, *Renewable Energy and Power Quality Journal*, vol. 1, núm. 11, pp. 1141–1146, mar. 2013, doi: 10.24084/repqj11.555.
- [10] S. de Faria Rodrigues, G. H. Vazquez, y J. da Silva Morais, “Replacement of fluorescent lamps with light emitting diode (LED) in an educational institution: Environmental, energetic and economic concern”, *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, vol. 24, núm. 4, pp. 799–808, jul. 2019, doi: 10.1590/s1413-41522019187418.
- [11] J. Scheurich, M. Fiorin, J. de Pelegrin, y T. Dequigiovani, “Análise da eficiência e qualidade energética das instalações elétricas do Instituto Federal Catarinense-Campus Luzerna”, 2016, [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/320172806>
- [12] B. G. Rebelatto, A. L. Salvia, G. Reginatto, L. Brandli, y M. A. L. Frandoloso, “Energy efficiency initiatives and the academic community’s behaviour: a Brazilian experience”, *Discover Sustainability*, vol. 3, núm. 1, oct. 2022, doi: 10.1007/s43621-022-00101-x.
- [13] J. Araujo, D. Silva, F. D. Magalhães, y R. Maioli, “O IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO-CAMPUS GOIABEIRAS”, 2019. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341230738>
- [14] R. Dematte, T. Rodrigues, M. Longo, H. Carvalho, y L. Mota, “Análise de Viabilidade da Implantação de Lâmpadas de LED e Painéis Fotovoltaicos no Campus da PUC Campinas”, 2016 Brazilian Technology Symposium, vol. 1, 2016.
- [15] M. G. Ré, M. P. Mazzocco, y C. Filippin, “Energy efficiency improvements in heating. Potential for intervention in an existing school building in the metropolitan area of san juan, argentina.”, *Habitat Sustentable*, vol. 11, núm. 1, pp. 20–31, 2021, doi: 10.22320/07190700.2021.11.01.02.
- [16] E. Saavedra-Farfán, “Huella de carbono: emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú”, *TECNIA*, vol. 30, núm. 1, 2020, doi: 10.21754/tecnia.v30i1.827.
- [17] F. del Burgo, M. Ramos, N. Manuel, P. Martins, y N. Astor, “FACTORS THAT AFFECT THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN EXISTING UNIVERSITY BUILDINGS”, pp. 11–13, 2018, Consultado: dic. 17, 2022. [En línea]. Available: [http://dSPACE.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1653/AT05-018\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dSPACE.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1653/AT05-018_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [18] V. Rueda, “Auditoría energética a un bloque de aulas en Quito, Ecuador como estrategia de reducción de emisiones de CO2”, ene. 2022, Consultado: dic. 16, 2022. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/358154561\\_Auditoria\\_energetica\\_a\\_un\\_bloque\\_de\\_aulas\\_en\\_Quito\\_Ecuador\\_como\\_estrategia\\_de\\_reduccion\\_de\\_emisiones\\_de\\_CO2](https://www.researchgate.net/publication/358154561_Auditoria_energetica_a_un_bloque_de_aulas_en_Quito_Ecuador_como_estrategia_de_reduccion_de_emisiones_de_CO2)
- [19] F. Cañipa et al., “SRESLI: SMART RENEWABLE ENERGY STREET LIGHTING SYSTEM”, *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 19, núm. 1, pp. 5–23, jul. 2019, doi: 10.23881/idupbo.019.1-1i.
- [20] E. Escobar Gallardo y A. Villazón, “SISTEMA DE MONITOREO ENERGÉTICO Y CONTROL DOMÓTICO BASADO EN TECNOLOGÍA ‘INTERNET DE LAS COSAS’”, *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 18, núm. 1, pp. 103–116, jul. 2018, doi: 10.23881/idupbo.018.1-8i.
- [21] O. Tang et al., “Compared Lighting of Fluorescent Lamps with that LED devices for optimal habitability of classrooms”, *South Florida Journal of Development*, Miami, v.2, n.1, p. 1040-1065, jan./feb. 2021. ISSN 2675-5459, DOI: 10.46932/sfjdv2n1-076.