

Review

Proyectos energéticos en salud: una oportunidad para la mejora continua

Energy Projects in Healthcare: An Opportunity for Continuous Improvement

Hugo Gaspar Hernández Palma^{*,1}, **Daniel Mendoza Casseres**^{id}¹, **Javier Durán Ravelo**²

¹Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia), ²Universidad Libre (Barranquilla, Colombia)

*Correspondence email: hugohernandezp@mail.uniatlantico.edu.co

Received: 12th/April/2021. Modified: 18th/March/2022. Accepted: 25th/May/2022

Abstract

Context: Climate change and the challenges faced by humanity in terms of sustainability encourage institutions in all sectors to take measures to reduce the impact of their activities. The purpose of the article is to analyze energy projects in the field of healthcare as an opportunity for continuous improvement.

Method: A descriptive qualitative approach is employed to explore the recent literature on energy projects in healthcare. To this end, scientific articles published in the last five years in both English and Spanish were reviewed.

Results: Energy management in healthcare institutions is present as an important component of global operations. However, there is still room for improvement in but in Latin America. 57% of green hospitals in Colombia have achieved energy sustainability goals, with the Cañaveralejo Hospital in the city of Cali being the main point of reference.

Conclusions: Fundamental principles such as an ethical commitment to change, a self-management character, the participation and responsibility of the personnel involved, and the leadership and control of management are essential for achieving a successful change model.

Keywords: energy projects, energy efficiency, continuous improvement, green hospitals, health

Language: Spanish

Open access



© The authors; Cite as: H. Hernández, D. Casseres, J. Durán. "Energy Projects in Healthcare: An Opportunity for Continuous Improvement". *Ing*, vol. 27, no. 3, 2022. e18547.

<https://doi.org/10.14483/23448393.18547>

© The authors; reproduction right holder Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Resumen

Contexto: El cambio climático y los retos que enfrenta la humanidad en términos de la sustentabilidad incentivan a las instituciones de todos los sectores a implementar medidas para reducir el impacto de su actividad. El propósito del artículo es analizar los proyectos energéticos en el ámbito de salud como una oportunidad para la mejora continua.

Metodo: Se emplea un enfoque cualitativo de tipo descriptivo para explorar la literatura reciente sobre los proyectos energéticos en salud. Para ello, se revisaron artículos científicos publicados en los últimos cinco años tanto en inglés como en español.

Resultados: La gestión energética en las instituciones de salud está presente como un componente importante de las operaciones a nivel global. Sin embargo, aún quedan aspectos por mejorar en América Latina. El 57 % de los hospitales verdes en Colombia han logrado metas de sostenibilidad energética, de los cuales el Hospital de Cañaveralejo de la ciudad de Cali es el principal referente.

Conclusiones: Principios fundamentales como el compromiso ético con el cambio, el carácter de autogestión, la participación y responsabilidad del personal involucrado y el liderazgo y control de la conducción directiva son esenciales para el logro de un modelo del cambio exitoso.

Palabras clave: proyectos energéticos, eficiencia energética, mejora continua, hospitales verdes, salud.

Idioma: Español

1. Introducción

De acuerdo con los informes realizados por las Naciones Unidas, a mediados del siglo XX fue acelerado el proceso de degradación del medio ambiente en la historia humana. Anteriormente no se hacían métricas del impacto de la industria con la gravedad del cambio climático, cuya inconciencia ha desencadenado una crisis mundial de la salud pública [1]. Este impacto negativo debe afrontarse trayendo a la humanidad nuevos desafíos para que las futuras generaciones no se destruyan, al contrario, construyan soluciones ecológicas que garanticen la supervivencia de la población y el mejoramiento de la calidad de vida con la construcción de políticas y prácticas amigables hacia el planeta [2].

Por tal motivo, la adecuada gestión de proyectos energéticos es una alternativa que promueve el desarrollo sostenible de las comunidades. Los beneficios obtenidos, mediante la eficiencia energética, son muchos, y comienzan con el uso racional de los recursos, la disminución de emisiones en el medio ambiente y la reducción de costos en términos lucrativos [3] derivados de la reducción del consumo actual de oficina y planta y del uso de herramientas de toma de decisiones [4]. La medición del impacto energético causa controversia mundial y ha sido realizada en los últimos cuarenta años para la creación de mecanismos y técnicas de ingeniería que aporten materiales de generación de energía eléctrica óptimos y más amigables con el entorno, y que eliminen poco a poco la dependencia del consumo de combustibles fósiles dañinos para la salud y el ecosistema [5].

Atendiendo esta realidad, el sector dedicado a la prestación de servicios de salud requiere la mejora continua de sus procesos energéticos, debido a que países como Estados Unidos dejan una huella de carbono de 8 % a 10 % del total generado, Reino Unido genera 25 % de la huella de carbono en el sector público [5] y Brasil 10 % [2]. Relativamente, este componente de la sociedad (sector salud) trabaja en promoción de la vida, pero las cifras muestran que, contrario a lo que

indica el proceso misional en la mayoría de estas entidades, se contribuye negativamente con el cambio climático, donde el aumento de la temperatura es cada vez más extremo, y conlleva al aumento de morbilidad y mortalidad de las comunidades [6].

Sin embargo, los países se encuentran en pleno proceso de adaptación, hospitales, centros médicos y asistenciales comienzan a comprometerse con la búsqueda de un futuro más verde y limpio, con medidas como ahorro y gestión de recursos renovables en los sistemas, inclusive eléctricos, para que sea atacada la problemática más destructiva para la salud: la huella de carbono, que enferma constantemente el planeta y expone negativamente la vida de la población [7]. Por lo anterior, la presente investigación consiste en conocer y analizar, dentro del panorama actual, cuáles son las cifras y el desarrollo de proyectos de gestión energética empleados en el sector salud, para la sustentabilidad y el cuidado de los recursos del planeta como oportunidad de mejora continua [2].

2. Metodología

Se emplea un enfoque cualitativo de tipo descriptivo para explorar la literatura reciente sobre los proyectos energéticos en salud. Para ello, se revisaron artículos científicos publicados en los últimos diez años tanto en idioma inglés como en español. En función de dar respuesta al objetivo planteado se desarrolla una revisión sistematizada, abocada a indagar por las investigaciones sobre procesos de ahorro energético que se han desarrollado en el contexto global y latinoamericano, en esta revisión sistematizada se utilizaron las palabras clave: proyectos energéticos, eficiencia energética, mejora continua, hospitales verdes y salud.

Para la búsqueda de los documentos, se utilizaron las bases de datos Scopus y Web of Science, al ser dos de las más conocidas y avaladas a nivel mundial, sin embargo, también se aprovechó el alcance que tiene la aplicación Google Académico en tema de publicaciones, de manera que pudieran abordarse más contenidos, especialmente de la región latinoamericana, en el tema de ahorro energético para el sector de la salud; consiguientemente, se tiene que dichas publicaciones, además de haber sido resultantes de la búsqueda sistematizada a partir de un conjunto de palabras clave establecidas, debieron cumplir con los siguientes criterios de selección: estar en idiomas inglés y español, haberse publicado dentro del lapso de los últimos diez años, comprendiendo así el intervalo entre 2012 y 2021, sin embargo, se busca concentrarse en publicaciones de los últimos cinco años.

3. Desarrollo y resultados

Debido a las necesidades generadas por el entorno relacionadas con el uso eficiente de los recursos y la creación de medidas de conservación ambiental, países pioneros en temas de gestión energética, que incluyen a Dinamarca, Noruega, España, Estados Unidos y China, han estructurado sus sistemas de gestión con base en guías y normas admitidas por la Organización Internacional de Normalización, consignadas dentro de la ISO 50001: 2011 Sistemas de gestión energética, requisitos con orientación para su uso, relacionada estructuralmente con normas como ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 e ISO 22000: 2005 [8].

Otros países como Cuba han estructurado la gestión energética organizacional mediante tecnologías de gestión total eficiente de la energía (TGEE) y el diseño de actividades que posibiliten en el ámbito real la mejora de los procesos mediante el ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar, parecida a la norma ISO 50001: 2011, aunque aún las TGEE difieren en algunos requisitos establecidos en términos de planificación con la norma ISO 50001: 2011 [8]. Para el periodo de marzo 2019, la Red Global de Hospitales Verdes mostró cifras de promoción de proyectos de sostenibilidad, incluidos energéticos, las cifras de inscripción se encuentran detalladas en la figura 1

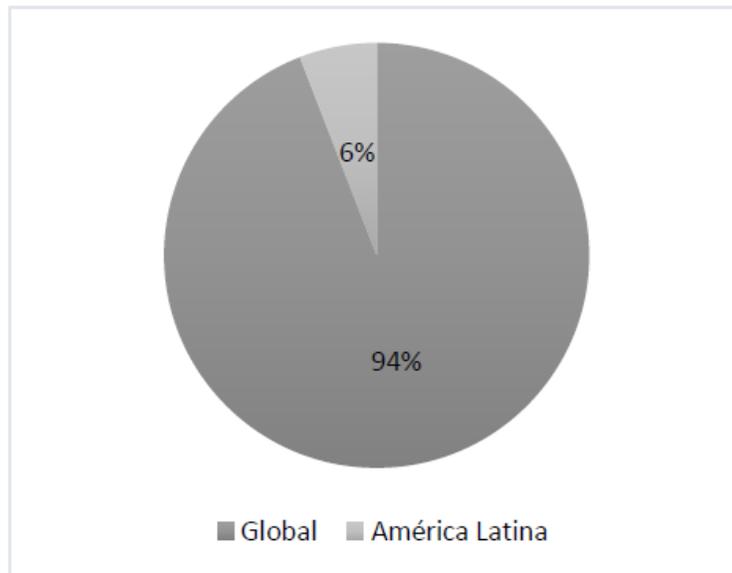


Figura 1. Entidades hospitalarias pertenecientes a la Red Global de Hospitales Verdes
Fuente: Red Global de Hospitales Verdes y Saludables [9]

Conforme a la información consignada en porcentaje en la figura 1, en 2019 más de 36.000 entidades dedicadas al sector salud, pertenecientes a 55 países a nivel global, se encuentran inscritas en una red que promueve la promoción y las prácticas sostenibles para el medio ambiente (94 %), incluidas aquellas relacionadas con el sistema eléctrico, es evidente el bajo interés en Latinoamérica para la generación de cambios innovadores en proyectos energéticos con 2250 miembros de 13 países, sin embargo, el continente latinoamericano participa en la gestión de estrategias de ahorro y sostenibilidad energética, aunque es notorio que debe mejorar su desempeño frente al tema, teniendo en cuenta que su población es grande [9].

Uno de los aportes de eficiencia energética evidenciados en España corresponde al cambio de combustible de las calderas de gasóleo a gas natural en el Hospital de Hellín. El proyecto energético, cuya inversión total fue de 56.232 euros, eliminó emisiones de CO₂ hasta un 25 %, dicha reducción impactó positivamente en eliminación de emisiones de 140 toneladas en el año. Otras emisiones, como la de óxido de nitrógeno, se redujeron en un 60 %. Otros cambios que generó el hospital estaban relacionados con el cambio de equipos con mayor eficiencia energética, que incluyeron una enfriadora y equipos de climatización, y algo muy importante, el sistema de iluminación, que pasó de luminarias tradicionales a luminarias LED (*Light Emitting Diode*, por su sigla en inglés) [10].

Para el Hospital Ibarra, localizado en Ecuador, se realizó una evaluación particular del uso de energía eléctrica en el año 2014. De acuerdo con el plan de gestión de ahorro proyectado, se estimó que el sistema de iluminación genera mayor consumo eléctrico en el mes, frente a otros sistemas. Por ello, las recomendaciones del plan hacen énfasis en un prioritario cambio de luminarias a LED, para que se reduzca el consumo con una representación de ahorro de 29,36 %. Así mismo fueron evaluados equipos de oficina y ascensores, los últimos con la necesidad de un sistema de recuperación de energía, cuya gestión conseguiría el 50 % de ahorro del gasto real. Algo tan sencillo como cambio de luminarias genera un impacto positivo en la optimización de los procesos energéticos sin verse afectado el funcionamiento normal de los procesos [11].

Dentro del panorama colombiano existe un programa de hospital verde que promueve acciones de sostenibilidad ambiental y social, proyectado hacia el liderazgo y el mejoramiento de gestión en temas como residuos, energía, agua, transporte, alimentos, productos farmacéuticos, edificios, compras verdes y sustancias químicas. La gestión de edificios sustentables es una tendencia importante, en términos de ventilación natural y técnicas eficientes que demuestran la minimización del costo de la energía [12]. En el aspecto de gestión energética se busca la implementación de energías limpias renovables, la reducción de consumo y la promoción de eficiencia. Las cifras detallan que, durante el año 2017 en el país, 96 hospitales se encontraban adscritos al programa de hospitales verdes en Colombia, de un total de 2.500 IPS nacionales; de estos 96 hospitales adscritos, el tema más trabajado fue manejo de residuos, energía, agua, y se encontraron falencias en el tema de manejo de alimentos que requiere mayor atención [13]. Conforme a la práctica de acciones eficientes de energía, los resultados muestran datos cuantitativos en la figura 2.

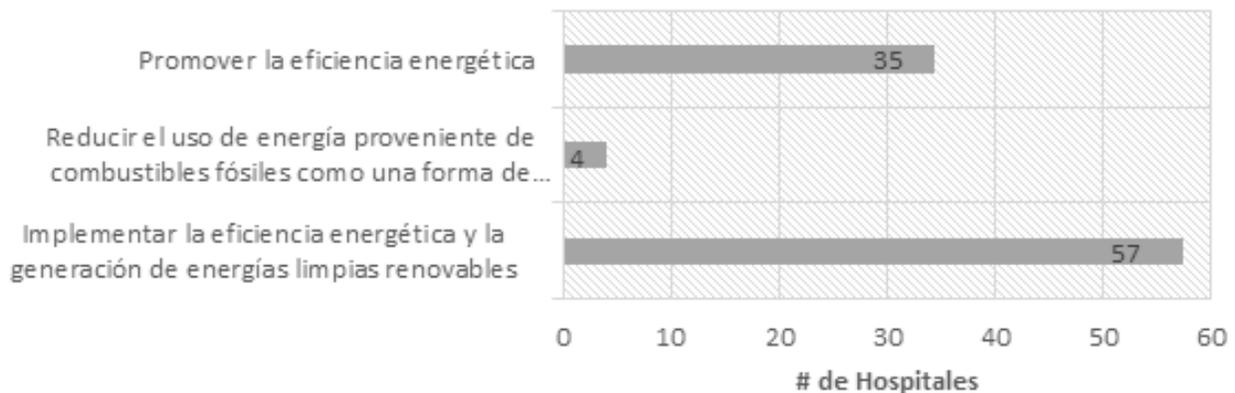


Figura 2. Metas logradas de sostenibilidad en hospitales adscritos al programa hospital verde en Colombia

Fuente: Gil, Guayan, Polania y Restrepo [13]

Los valores consignados en la figura 2 muestran que más de la mitad de los hospitales adscritos en el programa hospital verde en Colombia han implementado cambios derivados de la formulación de proyectos energéticos que mejoren la eficiencia del uso de la energía eléctrica y solo cuatro implementaron el uso de fuentes renovables para el mejoramiento del servicio, lo que corrobora que la utilización de estas energías limpias es mucho menor en los países en desarrollo de América Latina [14]. En cuanto a la promoción de proyectos de mejoramiento energético, 35 % de los hospitales fueron listados, lo que evidencia que se encuentran inscritas dentro de la red, pero requieren mayor compromiso a futuro para que se pase de la misma promoción a acciones concretas [13].

En el país, dentro del programa de promoción de eficiencia energética, se han elaborado políticas aplicables en ciudades como Cali, que posee cinco redes que suman aproximadamente 100 instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS). En esta ciudad, el Hospital de Cañaveralejo fue ejemplo de inclusión de alternativas y acciones reales con respecto al servicio de energía eléctrica para la Red de Salud Ladera (con aproximadamente 38 entidades). El hospital logró el ahorro del consumo energético de un 60 % con el reemplazo de iluminación tradicional a luces tipo LED, se expandieron proyectos energéticos en la Red de Salud Ladera mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos, colectores solares, reemplazo de aires acondicionados por tecnología LED y reestructuración de la infraestructura física para la iluminación y ventilación natural [15]. La inversión realizada en la Secretaría de Salud de Cali para los hospitales modelos de eficiencia energética, durante el periodo 2014-2017, fue definida mediante los valores consignados en la figura 3.

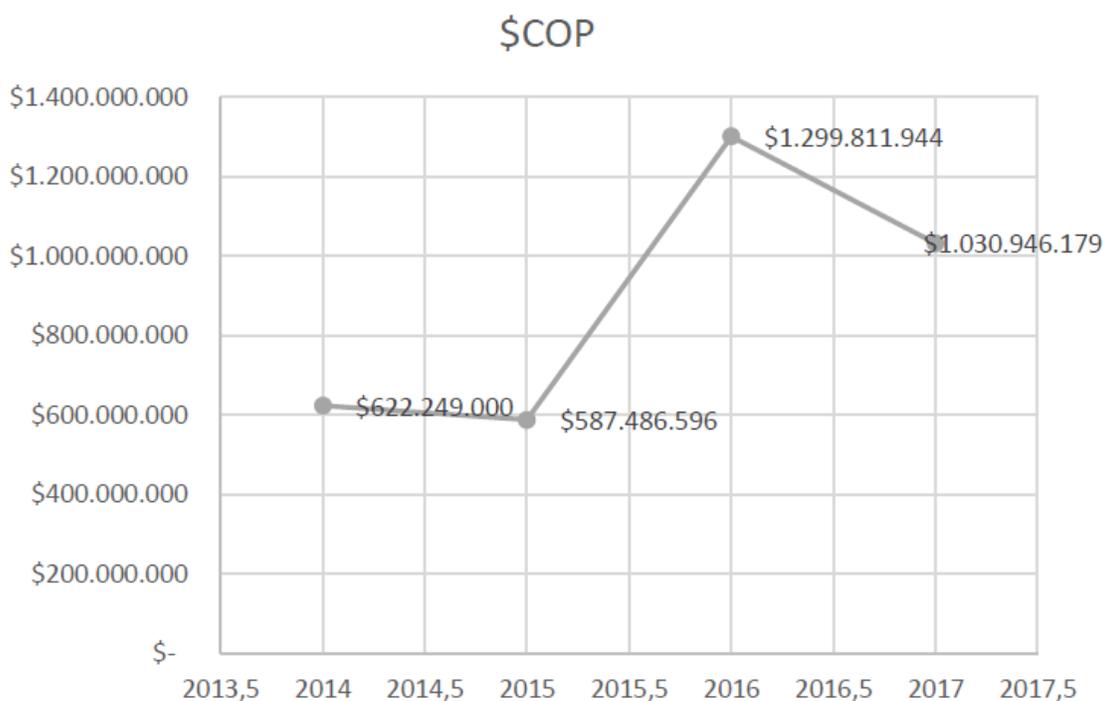


Figura 3. Inversión en proyectos energéticos en hospitales públicos en Cali (Colombia)

Fuente: Red Global de Hospitales Verdes y Saludables [15]

Como se muestra en la figura 3, la mayor inversión en el sector energético de la ciudad de Cali fue en el año 2016, con un total de \$1.299.811.944 COP, lo que evidencia el interés de la Secretaría de Salud por el apoyo a medidas de eficiencia energética. Cabe destacar que la ciudad tiene la clínica más sostenible de Colombia, el Hospital de Cañaveralejo, que sirve como modelo para la generación de nuevos emprendimientos nacionales de sostenibilidad energética. En los años 2014 y 2015, el gobierno hizo una inversión del 48 % y 45 % del total invertido en el año 2016; ya para el año 2017 se evidencia un descenso de un 79 % de inversión de capital con relación al valor mostrado en el año 2016, lo que muestra que, aunque se haya avanzado, se hizo un recorte, por ello las instituciones tienen que trabajar para demostrar al gobierno las necesidades en entidades que aún no han obtenido beneficios.

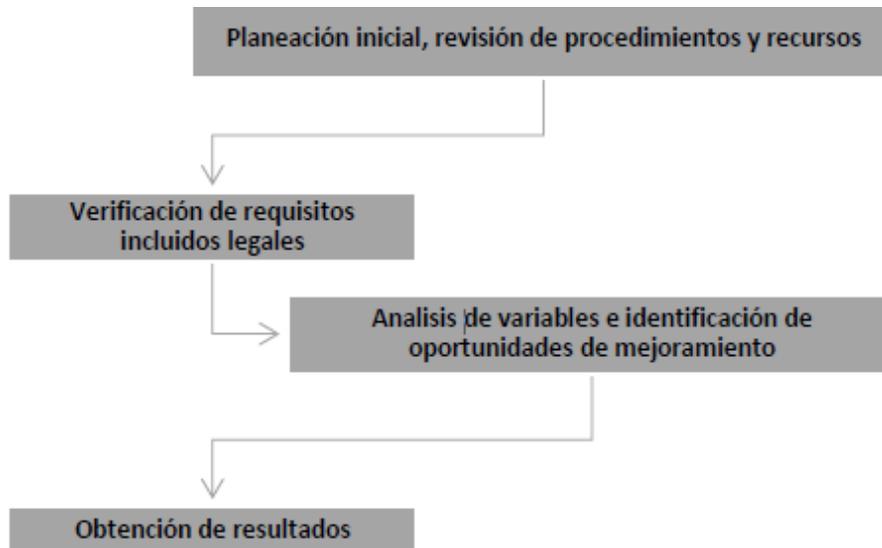


Figura 4. Etapas de planificación de proyectos energéticos para el mejoramiento continuo

Fuente: Correa *et al.* [8]

El trabajo investigativo de Hurtado y Escamilla [16] define la gestión energética como la cantidad de métodos utilizados para el mejoramiento del uso de la energía mediante la definición de una adecuada política energética, procedimientos de economía experimental, teoría de los agentes, softwares de soporte y aplicación, sistemas de control reales y planeación de los recursos energéticos distribuidos. Normativas de calidad y gestión ambiental han sido base para la estructuración de requisitos que encaminen acciones y propuestas de mejoramiento en el sector energético, incentivada mediante certificaciones que avalen las buenas prácticas y elementos distintivos en un entorno severamente competitivo [17].

Lo anterior es semejante a la teoría propuesta por Correa *et al.* [8], que plantea en términos de gestión de energía, que una organización empresarial requiere la adecuada administración de un conjunto, es decir, actividades, productos y procesos que se encuentran conjuntados dentro de un sistema definido, para la optimización de la energía eléctrica utilizada. La gestión de proyectos de eficiencia energética se ha planteado debido a que el consumo de energía en la sociedad ha aumentado considerablemente, y su administración se ha convertido en un grave problema debido al descontrol causado por el uso desmesurado de combustibles fósiles. Frente a la necesidad de aplicación de un nuevo sistema de gestión energética mejorado en todos los sectores, incluso salud, se recomienda un diseño que aplique los procedimientos relacionados en la figura 4. Estos procedimientos son sistematizados dentro de cuatro etapas fundamentales.

La figura 4 muestra un esquema estructurado en etapas, que comienza por la planeación inicial y la revisión de procedimientos y recursos. Esta etapa es de definición, por lo tanto, conlleva el diagnóstico de las necesidades en un escenario inicial, en términos energéticos y en función de los procedimientos para su gestión y manejo [18]. Aquí son definidas responsabilidades para el recurso humano, incluidas aquellas relacionadas con la alta dirección, que tiene un grado de responsabilidad amplio en el funcionamiento del sistema. Es designado un presupuesto inicial para la administración de los recursos proyectados en la estructuración de procedimientos optimizados

y mejorados [19]. El análisis de factores internos y externos es esencial porque repercute directamente en decisiones estratégicas, uso de tecnologías, disposiciones y alcance [20].

Con relación al cumplimiento de requisitos legales, se revisan las obligaciones para que, en el momento de implementación, sea eliminado el riesgo jurídico por incumplimiento de normativa y leyes vigentes. Este tema requiere de asesoría legal, que despeje dudas e inquietudes en términos internacionales, nacionales, regionales y locales relacionados con el uso de la energía [20] y en búsqueda de equilibrio en el desempeño de desafíos relacionados en el reglamento, que posibilite la existencia de buenas opciones de inversión en fuentes de energía sostenibles [21] y de economía circular, es decir, no solo optimización de recursos que beneficien el medio ambiente, sino de un sistema de producción autosuficiente, que a futuro permita que los materiales sean reutilizados varias veces [22].

Como tercera etapa se encuentra la estructuración de variables de uso y consumo energético, mediante diagramas, gráficos de consumo y control, análisis de capacidad, y otras herramientas como diagrama de Pareto, de estratificación y diseño de experimentos que faciliten la identificación de fallas y definición de acciones encaminadas hacia el mejoramiento del desempeño energético. En la definición de resultados son planteados planes de control, luego de la implementación, que midan el comportamiento de los procesos energéticos y el rendimiento en un tiempo programado [8].

Para la medición del comportamiento y el rendimiento de los procesos energéticos han sido establecidas metodologías con enfoque en procesos [23], cuya teoría está establecida en función de en la consecución del objetivo misional de mejoramiento continuo. Las certificaciones son apenas el inicio de implementación de sistemas energéticos. Luego sigue un ciclo de mantenimiento de este que lo sostenga y aplique nuevos parámetros correctivos [24]. El trabajo realizado por López, García, Batte y Cobas [25] afirma que la mejora continua comienza desde el momento de implementación del sistema, sigue con el aprendizaje permanente, el seguimiento en los procesos y la participación. Es así como en su concepto se define como el progreso en varios campos, evidenciados en capacidad intelectual, eficiencia en el uso de recursos, relación profesional y social, y calidad en la prestación de servicios.

La mejora continua incluye planificación, desarrollo y evaluación de la innovación, considerada como herramienta definida por distintas fases de interrelación, entre ellas, definición de políticas y objetivos, que pasan de una fase cualitativa, por las condiciones del entorno, a una cualitativa con la medición de datos e históricos de gestión [26]. La innovación en la mejora continua requiere una transformación cultural que elimine las brechas encontradas en términos de optimización [27] y que asimismo genere ventajas competitivas que permitan un servicio eficiente, nuevos conocimientos y aceptación en el mercado [28]. A continuación, la figura 5 define los principios de gestión de mejora continua recomendados en el proceso de gestión de proyectos de sustentabilidad energética.

Lo observado en la figura 5 corrobora la necesidad de técnicas y herramientas humanas para el análisis, la medición y el avance de los procesos. Sin la colaboración del recurso humano es imposible la reestructuración positiva de sistemas de generación de energía [29]. El compromiso ético con el cambio generado en la organización requiere tiempo y conocimiento, carácter de autogestión o mayor proactividad, debido al desempeño de las actividades comunes y nuevas que requiera el

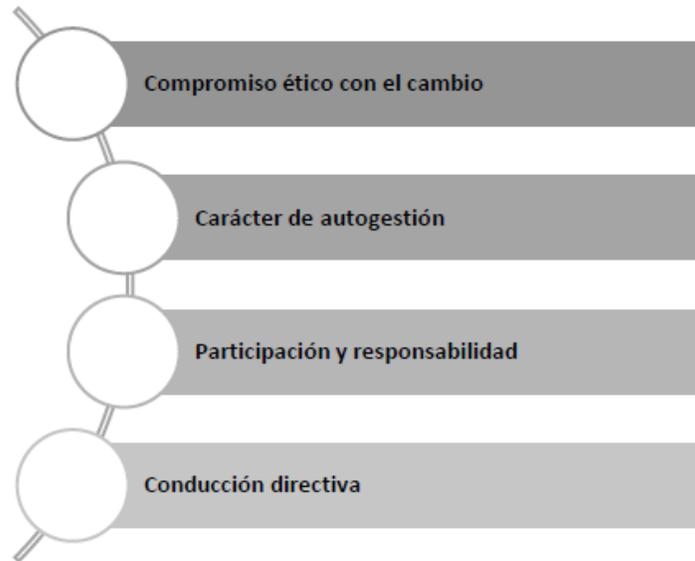


Figura 5. Principios de gestión de mejora continua

Fuente: López, García, Batte y Cobas [25]

sistema, participación con responsabilidad en términos de eficiencia energética, y liderazgo y control de la conducción directiva; es además la base para la calidad y la administración de los demás recursos financieros, técnicos y materiales necesarios para alcanzar el cambio [30].

4. Discusión

Las organizaciones de la salud deben revisar sus procesos energéticos continuamente, no solo enfrascarse en el tema de implementación, porque existe el ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar, que se debe respetar, y de esta manera lograr mantener el impacto positivo en la huella de carbono en el medio ambiente esperado a largo plazo [8]. En relación con las estadísticas planteadas por la Red Global de Hospitales Verdes, en Latinoamérica aún falta mucho camino por recorrer, debido al porcentaje de hospitales interesado en la promoción de sistemas sostenibles de solo 6 % del total global [9].

Del porcentaje latinoamericano se estima que de 2.250 entidades hospitalarias en América Latina [9] interesadas e inscritas en la promoción de sistemas sostenibles con la red global de hospitales, 96 pertenecen a Colombia [13], lo que representa un porcentaje de 4,2 %. En términos de competitividad aún falta camino por recorrer, sin embargo, en contraste con la poca participación, Cali es una ciudad que promete crecimiento de medidas concretas que beneficien la sostenibilidad ambiental.

Los proyectos de eficiencia energética en países como España evidencian en el sector hospitalario la posibilidad de eliminar emisiones de CO₂ hasta en un 25 % [10]. En este contexto también se presentan los resultados de autores que realizaron más recientemente un estudio en la región de Andalucía [31] y quienes muestran una reducción similar de emisiones de CO₂ con un 26 %,

lo cual apoya la hipótesis establecida del amplio espectro de alcance que presenta el sector de la salud. Cabe resaltar que los cambios más representativos para el Hospital de Hellín (España) fueron aplicados en sistemas como iluminación, cambiándose la tecnología tradicional a LED, al igual que en Suramérica, de acuerdo con el caso del Hospital Ibarra, localizado en Ecuador, cuyo plan de gestión generó un ahorro de 29,36 % [11]. Colombia no se queda atrás, pues también el Hospital de Cañaveralejo, localizado en Cali, logró el ahorro del consumo energético de un 60 % con el reemplazo de iluminación tradicional a luces tipo LED [15]. Estos resultados, además, podrían verse afectados de manera muy positiva con desarrollos como los del uso de BIM 6D, que se basa en el modelado de los edificios para la obtención de información, lo cual aplicado en el sector salud muestra ahorro de hasta 50 % del consumo [32]. En Colombia hay estudios que evidencian la existencia de un respaldo desde las instituciones para desarrollar la gestión energética, así como se han definido diferentes alternativas y áreas a intervenir en función de los diversos servicios que estas instituciones prestan [33], por lo que en el ámbito latinoamericano se podrían establecer procesos aún más provechosos a partir del BIM 6D [34]. Esta metodología además puede establecerse en otros espacios como lo demuestran diversos estudios que expresan resultados altamente positivos con la implementación de este proceso, ya sea en edificaciones nuevas como en edificaciones de distintos sectores que requieran un proceso de restauración o recuperación en materia energética [35], [36].

5. Conclusiones

Al ser detallada información relevante sobre la gestión energética empleada en el sector salud a nivel global, se destaca la importancia de la formulación de proyectos de eficiencia energética y generación de energía mediante fuentes renovables para la disminución de contaminación ambiental en el planeta. De acuerdo con el marco planteado, los sistemas de gestión, estructurados bajo normas como la ISO 50001: 2011 y TGEE, han sido implementados mundialmente no solo para la promoción de buenas prácticas en el sector energético sino para su implementación con casos reales y exitosos aplicados en el sector salud, que paradójicamente, a pesar de originarse para la atención y el cuidado de la vida, genera una huella de carbono del 8 % al 25 %.

La mejora continua de la gestión energética en entidades hospitalarias, centros de salud y clínicas llega a ser alcanzada mediante un análisis detallado y un diagnóstico de todos los recursos utilizados. Principios fundamentales como: compromiso ético con el cambio, carácter de autogestión, participación y responsabilidad del personal involucrado, y liderazgo y control de la conducción directiva son esenciales para el logro de un modelo de cambio exitoso. La mejora continua funciona como resultado de la gestión energética, que incluya la etapa de planificación de actividades, productos y procesos con miras a la optimización.

En el panorama mundial, se ha notado el compromiso, desde el año 2005, de países desarrollados como Dinamarca, Noruega, España, Estados Unidos y China en la inserción de tecnologías y técnicas de gestión eficientes energéticamente, pero aún hay que trabajar más para el aumento participativo del sector salud en el cambio paulatino, debido a su alto grado de responsabilidad con la huella de carbono generada, en especial en los países latinoamericanos que de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación se demuestra que es relativamente bajo.

De este modo, se hace relevante destacar que estos resultados pueden tener una incidencia en la planificación de diferentes instituciones, desde las organizaciones del sector de la salud, pasando por entidades gubernamentales y alcanzando hasta a la academia; esto debido a que permite evidenciar las realidades palpables que pueden aplicarse en materia de ahorro energético en la actualidad, lo que puede tener una incidencia en proyectos más ecoamigables que provengan del sector público, así como la transformación de diversas estructuraciones ya existentes que pueden desarrollar las gerencias hospitalarias en busca de un consumo más eficiente. Finalmente, la academia puede establecer un punto de ampliación a esta línea de investigación para profundizar en este campo de la ciencia orientado a la eficiencia y el desarrollo de procesos y sistemas energéticos con impactos positivos en materia de consumo.

En este orden de ideas, se presentan oportunidades relevantes asociadas a proyectos de réplica y masificación dentro del sector de la salud, que viene a ser apoyado por un número importante de estudios en materia energética y metodologías de ahorro desarrolladas en el sector; sin embargo, esto abre una importante ruta alterna para diferentes líneas de investigación como pueden ser entidades públicas, instituciones de educación superior y sectores industriales y comerciales, en otras palabras, todas las organizaciones indispensables para las sociedades modernas, las cuales requieren el reflector investigativo para indagar en las oportunidades asociadas a proyectos ecoamigables en cuestión de consumo energético.

Referencias

- [1] A. Mustafa, “Sustainable development and environmentally friendly energy systems”, *IJPSE*, vol. 1, no. 1, pp. 1-39, 2017. <https://doi.org/10.21744/ijpse.v1i1.2> ↑2
- [2] J. Karliner y R. Guenther, *Agenda Global para Hospitales Verdes y Saludables: un marco integral de salud ambiental para los hospitales y los sistemas de salud de todo el mundo*, Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, 2011 [En línea]. <https://saludsindanio.org/americanalatina/temas/red-global> ↑2, 3
- [3] J. Valderrama, “Huella del carbono cambio climático, gestión sustentable y eficiencia energética”, *Inf. Tec.*, vol. 29, no. 4, 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400001> ↑2
- [4] Q. Zhu, F. Lujia, A. Mayyas, M. A. Omar, Y. Al-Hammadi, and S. Al Saleh, “Production energy optimization using low dynamic programming, a decision support tool for sustainable manufacturing”, *JCLPro*, vol. 105, pp. 178-183, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.066> ↑2
- [5] T. Reyes, J. Campos, J. Neto y A. Silva, “Sistema de gestión energética. Estudio de caso: Hospital de Enfermedades Cardiovasculares”, *ITEGAM-JETIA*, vol. 2, no. 8, 2016. <https://dx.doi.org/10.5935/2447-0228.20160038> ↑2
- [6] D. Cuartas y F. Méndez, “Cambio climático y salud: retos para Colombia”, *Rev. de la Univ. Ind. de Santander: Salud*, vol. 48, no. 4, pp. 428-435, 2016. <https://doi.org/10.18273/revsal.v48n4-2016001> ↑3
- [7] M. A. Rajaeifar, H. Ghanavati, B. Dashti, R. Heijungs, M. Aghbashlo, and M. Tabatabaei, “Electricity generation and GHG emission reduction potentials through different municipal solid waste management technologies: A comparative review”, *Ren. and Sust. Ene. Rev.*, vol. 79, pp. 414-439, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.109> ↑3
- [8] J. Correa, A. E. Borroto Nordelo, A. E., R. González Álvarez, M. Curbelo Martínez, and A. M. Díaz Rodríguez, “Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011”, *Ing. Ener.*, vol. 35, no. 1, pp. 38-47, 2014. ↑3, 4, 7, 8, 9
- [9] Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, “Miembros”, 2022. [En línea]. <https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/miembros/> ↑4, 9
- [10] R. Calero, A. Losa, J. Pérez, F. Díaz, R. Belda y F. Vecina, “Implantación de proyectos de sostenibilidad medioambiental en instituciones sanitarias publicas: el caso de la Gerencia de Atención Integrada de Hellin”, *Rev. de*

- Salud Amb.*, vol. 18, no. 1, pp. 3-9, 2018. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/879> ↑4, 9
- [11] O. Arellano, “Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS-Ibarra”, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador, 2015. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12484> ↑5, 10
- [12] M. Sechilariu, F. Locment, and B. Wang, “Photovoltaic electricity for sustainable building: Efficiency and energy cost reduction for isolated DC microgrid”, *Energies*, vol. 8, no. 8, pp. 7945-7967, 2015. <https://doi.org/10.3390/en8087945> ↑5
- [13] J. Gil, I. Guayan, L. Polania y H. Restrepo, “Análisis situacional de los hospitales verdes colombianos pertenecientes a la red global”, *Rev. de Salud Amb.*, vol. 19, no. 1, pp. 12-22, 2019. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/918> ↑5, 9
- [14] A. Meneses, R. Diaz-Chavez, H. Velásquez-Arredondo, D. Cárdenas-Chávez, R. Parra, and A. Ruiz-Colorado, “Sustainable energy from agro-industrial wastewaters in Latin-America”, *Ren. and Sust. Ener. Rev.* vol. 56, pp. 1249-1262, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.036> ↑5
- [15] Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, “Promoción de políticas públicas que fomenten la eficiencia energética y el uso de energías renovables”, 2017. [En línea]. <https://www.greenhospitals.net/wp-content/uploads/2018/03/Secretar%C3%ADa-de-Salud-P%C3%BAblica-Cali-Colombia.pdf> ↑6, 10
- [16] E. Hurtado y J. Escamilla “Modelo de gestión de la demanda energética integral”, *Rev. Fac. de Cs. Econom. Inv. y Ref.*, vol. 23, no. 2, pp. 137-147, 2015. <https://doi.org/10.18359/rfce.1612> ↑7
- [17] M. Robert y M. Echarri, “Propuesta de acciones para el mejoramiento del desempeño ambiental en entidades de restauración”, *Rev. Cient. Ecociencia*, vol. 4, no. 1, 2017. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.41.24> ↑7
- [18] S. Kronick, M. Kurz, S. Lin, D. Edelson, R. Berg, J. Billi, J. Cabanas, D. Cone, D. Diercks, J. Foster, R. Meeks, A. Travers, and M. Welsford, “Part 4: Systems of care and continuous quality improvement”, *Circulation*, vol. 132, no. 18, pp. 397-413, 2015. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000258> ↑7
- [19] L. Armela, “El costeo objetivo en el proceso de planeación”, *Cofin Habana*, vol. 11, no. 2, pp. 192-205, 2017. ↑8
- [20] L. Gómez et al. (Ed.), *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía, México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) / Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*, 2014 [En línea]. https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SGEn/manuales/ManualGestionEnergia_V2_1.pdf ↑8
- [21] C. B. Souza, H. Koch, M. Siegmund-Schultze, J. Köppel, “An exploratory scenario analysis of strategic pathways towards a sustainable electricity system of the drought-stricken São Francisco River Basin”, *Energy Systems*, vol. 12, pp. 563-602, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12667-019-00343-1> ↑8
- [22] A. Genovese, A. Acquaye, A. Figueroa, S. Lenny Koh, “Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications”, *Omega*, vol. 66, pp. 344-357, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015> ↑8
- [23] Y. Ylanen, “Leadership, safety climate, and continuous quality improvement: Impact on process quality and patient safety”, *Health Care Mng. Rev.* vol. 40, no. 1, pp. 24-34, 2015. <https://doi.org/10.1097/HMR.0000000000000006> ↑8
- [24] J. Riascos, “Metodologías y herramientas para el mejoramiento de los procesos industriales”, *Rev. Ing. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 17-29, 2014. ↑8
- [25] O. López, J. García, I. Batte y M. Cobas, “La mejora continua: objetivo determinante para alcanzar la excelencia en instituciones de educación superior”, *Edumecentro*, vol. 7, no. 4, pp. 196-215, 2015. ↑8, 9
- [26] Ferreira, H. Hernández y C. Alvarino, “Sistema de Gestión de la innovación en el subsector hotelero: una herramienta para el mejoramiento continuo: una aproximación al tema”, *Jour. of Eng. and Tech.*, vol. 5, no. 1, 2016. ↑8
- [27] J. Naranjo y G. Calderón, “Construyendo una cultura de innovación: una propuesta de transformación cultural”, *Est. Geren.*, vol. 31, no. 135, pp. 223-236, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.12.005> ↑8
- [28] M. Bravo, “Aspectos conceptuales sobre la innovación y su financiamiento”, *An. Econ.*, vol. 27, no. 66, pp. 25-46, 2012. ↑8
- [29] L. Vásquez, “Propuesta de mejoramiento de procesos en el área de producción de la empresa panificadora Panarte a través del estudio de tiempos y movimientos”, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Industrial, Es-

cuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2017. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17268> ↑8

- [30] R. Ferreira Rodrigues, H. Correa Vecchi de Oliveira, D. Moreno Trepim, C. Oliveira e Silva Paixão, A. Esteves de Faria Pinto, “The management by processes as business strategy of continuous improvement”, *JoLS*, vol. 4, no. 1, pp. 22-42, 2019. ↑9
- [31] F. J. Montiel-Santiago, M. J. Hermoso-Orzáez, J. Terrados-Cepeda, and P. Brito, “Analysis and energy certification of an Andalusian Public Health Center. Comparative between the general option and simplified procedures”, *Proceedings*, Vol. 38, no. 1, 2019. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019038003> ↑9
- [32] F. J. Montiel-Santiago, M. J. Hermoso-Orzáez, and J. Terrados-Cepeda, “Sustainability and energy efficiency: BIM 6D. Study of the BIM methodology applied to hospital buildings. Value of interior lighting and daylight in energy simulation”, *Sustainability*, vol. 12, no. 14, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12145731> ↑10
- [33] D. Martínez-Sierra, M. García-Samper, H. Hernández-Palma, and W. Niebles-Nuñez, “Gestión energética en el sector salud en Colombia: un caso de desarrollo limpio y sostenible”, *Inf. Tecnol.*, vol. 30, no. 5, pp. 47-56, 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500047> ↑10
- [34] P. Canales, C. Valderrama-Ulloa, and X. Ferrada, “Hospitales sustentables: partidas críticas para su construcción y el rol de la inspección técnica”, *Háb. Sust.*, vol. 11, no. 2, pp. 22-33, 2021. <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.02> ↑10
- [35] R. L. Keller, K. Muir, F. Roth, M. Jattke, and M. Stucki, “From bandages to buildings: Identifying the environmental hotspots of hospitals”, *Jour. of Clean. Prod.*, vol. 319, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128479> ↑10
- [36] J. P. Carvalho, M. Almeida, L. Bragança, R. Mateus, “BIM-based energy analysis and sustainability assessment—Application to Portuguese buildings”, *Buildings*, vol. 11, no. 6, 2021. <https://doi.org/10.3390/buildings11060246> ↑10

Hugo Gaspar Hernández Palma

Ingeniero Industrial de la Universidad Libre seccional Barranquilla, Magíster en Sistemas de Gestión de la Universidad Autónoma del Caribe y Doctorante en Ingeniería Energética de la Universidad de la Costa. Docente de la Universidad del Atlántico en la Facultad de Ciencias Económicas adscrito al programa de Administración de Empresas. Investigador del grupo: Organizaciones Sostenibles.

Correo electrónico: hugohernandezp@mail.uniatlantico.edu.co

Daniel Mendoza Casseres

Ingeniero Químico de la Universidad del Atlántico y Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes. Profesor asociado al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. Director del Grupo de Ingeniería, Investigación e Innovación para el Desarrollo.

Correo electrónico: danielmendoza@uniatlantico.edu.co

Javier Duran Ravelo

Ingeniero Químico y Especialista en Gestión de la Calidad de la Universidad del Atlántico y Magíster en Ingeniería con Especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad del Instituto Tecnológico de Monterrey, México. Profesor Tiempo Completo en la Universidad Libre seccional Barranquilla. Miembro del grupo Gestión Ecológica y Agroindustrial (GEA) de la Universidad Libre.

Correo electrónico: javier.duran@unilibre.edu.co