

## **GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES DEL ECUADOR MANAGEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS IN ECUADOR**

Vicente Macas Espinosa<sup>1</sup> ([vicente.macase@ug.edu.ec](mailto:vicente.macase@ug.edu.ec))

Jesús Rafael Hechavarría Hernández<sup>2</sup> ([jesus.hechavarriah@ug.edu.ec](mailto:jesus.hechavarriah@ug.edu.ec))

Juan Carlos Torres Espinoza<sup>3</sup> ([juan.torreses@ug.edu.ec](mailto:juan.torreses@ug.edu.ec))

### **RESUMEN**

En el artículo se expone un análisis acerca de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador, de tal manera que se pueda realizar una comparación a nivel regional. Entre los aspectos que se abordan están la optimización energética del diseño arquitectónico, la integración con las auditorías energéticas, la regulación implementada en favor de la mejora de la eficiencia energética y las instituciones que están estrechamente relacionadas con la investigación de la eficiencia energética en la edificación.

**PALABRAS CLAVES:** Eficiencia energética en la edificación, diseño arquitectónico, energías renovables.

### **ABSTRACT**

The article presents an analysis of energy efficiency in buildings in Ecuador, so that a comparison can be made at the regional level. Among the aspects that are addressed are the energy optimization of the architectural design, the integration with the energy audits, the regulation implemented in favor of the improvement of the energy efficiency and the institutions that are closely related to the investigation of the energetic efficiency in the building.

**KEY WORDS:** Energy efficiency in building, architectural design, renewable energy

Hoy en día el tema energético es un aspecto crítico, tanto a nivel nacional, como internacional. El Ecuador ha desarrollado una política pública de diversificación de las fuentes de conversión de energía, procurando que la mayor parte sean con recursos energéticos primarios de nuestro país y de carácter renovable. Esto ha dado grandes resultados, la oferta de energía propia y renovable ha aumentado en un 30 %, en comparación con el año 2015. En cuanto a la producción energética hay buenos resultados. En la actualidad se están dedicando esfuerzos y recursos relacionados con la demanda, en aras de mejorar los indicadores de eficiencia energética.

Un sector muy importante en el cual se está trabajando en términos de eficiencia energética es el de los edificios. En este sentido se ha logrado determinar cuáles son los indicadores de mayor impacto, tales como: el comportamiento de los ocupantes, el análisis

---

<sup>1</sup> Maestría en Energías Renovables en Sistemas Eléctricos. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

<sup>3</sup> Máster en Tecnologías de Edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

del consumo energético (auditorías energéticas), el confort térmico, el diseño y las simulaciones energéticas de los edificios, entre otros.

En el mundo se han realizado muchos esfuerzos para reducir la demanda energética de los edificios. La eficiencia energética de los edificios se ha estudiado desde el punto de vista de los materiales de construcción, sistemas de aire acondicionado, ventilación y calor (HVAC), sistemas de iluminación, uso de energías renovables, uso de nuevos equipos con mayor rendimiento energético, gestión de la demanda, integración de la generación distribuida con energías limpias, entre otros. Uno de los más importantes esfuerzos para el mejoramiento de la eficiencia energética en los edificios es el concepto “Edificios Cero Energía”, lo cual significa que un edificio se convierte en autosuficiente en energías renovables para evitar la emisión de CO<sub>2</sub> al medioambiente (Serrano, Escrivá y Roldán, 2018).

El potencial de ahorro energético del comportamiento de los ocupantes se estima en un rango de 10 % a 25 % en edificios residenciales y del 5 % al 30 % en edificios comerciales (Zhang, Bai, Mills & Pezzey, 2018). La mayoría de los países desarrollados están implementando regulaciones energéticas en edificios como estándares y códigos energéticos, esto con el objetivo de reducir el consumo energético de los edificios, mientras que en los países en desarrollo las regulaciones energéticas están pobremente documentadas o no lo están (Iwaro & Mwashu, 2010).

En el Ecuador, existe gran oportunidad de ahorro energético en calor, ventilación, acondicionamiento de aire e iluminación. El marco institucional para promover las auditorías energéticas en el país revela que hay insuficientes regulaciones en el nivel de implementación de estas. A nivel internacional, existen suficientes políticas gubernamentales, estándares de auditorías energéticas, herramientas y técnicas que pueden ser adoptadas por el gobierno ecuatoriano. De acuerdo con experiencias internacionales el acondicionamiento del aire acompañado con herramientas de simulación, tecnologías modernas de iluminación con su respectivo control y el aislamiento son los más importantes ahorros energéticos en el sector residencial y no residencial (Moya, Torres & Stegen, 2016).

En relación con el diseño y la gestión energética HVAC, actualmente no se toma en cuenta el concepto de la isla de calor en las ciudades. Palme, Inostroza, Villacreses, Lobato-Cordero y Carrasco (2017) demuestran la importancia que tiene este concepto al momento de las estimaciones energéticas de los edificios, lo cual es fundamental para el estudio de su eficiencia energética.

### **Integración con energías renovables**

Serrano y Escrivá (2015) proponen en un modelo de simulación que permite cuantificar la cantidad de energía que se puede producir, entregar a red o almacenar un conjunto de sistemas (eólico, solar, red, baterías, generador), en función de sus características y dimensiones y de la localidad en que se encuentren, es decir, cuantifica la contribución energética de recursos distribuidos en edificaciones, en función de la demanda y el clima.

En Naranjo, López-Villada, Gaona & Labus (2014) se realiza un análisis comparativo de tres configuraciones diferentes de sistemas de enfriamiento solar desarrollados para un estudio de caso en Guayaquil, Ecuador. La necesidad de aire acondicionado de la ciudad durante todo el año y la radiación solar relativamente intensa brindan una gran

oportunidad para la implementación de sistemas de enfriamiento solar. El primer sistema de refrigeración incluye una enfriadora de absorción de efecto simple de 175 kWc alimentada por colectores solares térmicos de tubos de vacío. Este sistema se comparó con dos sistemas de refrigeración por compresión de 140 kWc: refrigerados por aire (AC) y refrigerados por agua (WC) alimentados por energía fotovoltaica conectada a la red. Se analizaron tanto el caudal constante (CFR) como el caudal variable (VFR) del agua fría.

En un estudio realizado por Montero, López-Villada, Naranjo & Labus (2014) se describe la influencia de las condiciones climáticas y las diferentes tecnologías de absorción solar asistida en el rendimiento energético de los sistemas de aire acondicionado, así como la correlación entre el perfil de carga de enfriamiento dinámico y el rendimiento de varias configuraciones del sistema de absorción asistida por energía solar. Se analizó para dos climas diferentes: un clima mediterráneo de verano (Sevilla, España) y un clima de sabana tropical (Guayaquil, Ecuador). Se seleccionó un edificio de oficinas de dos pisos como estudio de caso. La demanda de enfriamiento por hora para el edificio se calculó utilizando un método de cálculo simplificado basado en grados-días con temperatura base variables.

### **Auditorías energéticas**

El crecimiento económico durante la última década en Ecuador ha generado un incremento sustancial en el consumo energético a nivel nacional. La elaboración de planes de ahorro y eficiencia energética es una de las principales herramientas para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París a la hora de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las auditorías energéticas son cada vez más comunes dentro de la industria ecuatoriana, ya que permiten establecer, a través de diagnósticos de consumo energético, diversas actuaciones para el uso racional de los recursos, beneficiando las economías de las empresas y reduciendo su impacto ambiental sin afectar su nivel de producción.

En relación con la auditoría energética, es significativo el estudio realizado por Cárdenas (2017) en la empresa Ecuatoriana de Artefactos S.A. ECASA, que fabrica electrodomésticos de línea blanca. Como resultado se elabora una línea base del consumo energético actual por unidad producida, se identifican las oportunidades de mejora y se propone la ejecución de las mejoras con cero y bajo costo de implementación. Se entrega un plan de verificación de la implementación de las medidas propuestas. Se inicia el proceso con una evaluación sin mediciones para identificar los principales consumidores de energía, obteniéndose: eléctrica (92 %), diésel (5 %), GLP (3 %).

Entre los indicadores a medir se destacan: la calidad de energía eléctrica, el sobrecalentamiento en tableros y la iluminancia en puestos de trabajo. Con las mediciones se elaboró una línea base, clasificada por procesos, donde el termoformado, el aire comprimido y la inyección de plásticos tienen el mayor consumo de energía por unidad producida, con 39,9; 32,4 y 27,1 kWh/unidad producida, respectivamente. Las pérdidas de energía por sobrecalentamiento se calculan en 0,214 kWh/uni, las pérdidas en alimentadores en 0,301 kWh/uni, armónicos en 3,649 kWh/uni, la distribución inapropiada de turnos en 8,88 kWh/uni, el aumento de unidades por orden de producción en 3,496 kWh/uni, el aumento de eficiencia en equipos en 2,375 kWh/uni y el uso de nuevas tecnologías en 25,76 kWh/uni. La reducción total es de 124,82 a 80,15 kWh/uni. A partir de estos resultados la dirección de la empresa realiza mejoras a la eficiencia energética considerando, además, aspectos técnico-económicos.

Las auditorías energéticas juegan un papel muy importante en la eficiencia energética, de ahí que la Subsecretaría de Eficiencia Energética y Energía Renovables del Ministerio de Electricidad está realizando el fomento de estas en el campo industrial.

### **Optimización energética del diseño arquitectónico**

La fase de diseño es clave al momento de implementar un proyecto constructivo para garantizar buenos indicadores de eficiencia energética en su tiempo de vida útil. La optimización del diseño se enfoca en el factor de forma, características climáticas del emplazamiento, materiales a utilizar y características de los equipos e instalaciones. Es de gran importancia la optimización multiobjetivo de la operación energética de circuitos secundarios de agua fría en climatización centralizada (Montero, Hechavarría, Legrá, Borroto y Santos-González, 2012; Montero, Legrá y Hechavarría, 2016). El análisis de carga térmica y consumo energético en edificación turística demostró la importancia que tiene la optimización en el ahorro energético y cuidado al medioambiente.

Palme et al. (2017) realizan un análisis sobre la influencia del clima urbano en el consumo de energía mediante la simulación del mejoramiento del rendimiento de los edificios, incluyendo el calor urbano y el efecto isla.

### **Regulación**

La regulación o marco regulatorio es una herramienta clave para la implementación de la eficiencia energética. Dentro de este apartado se busca el estado del arte normativo en términos de eficiencia energética en la edificación. Por disposición de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica, le corresponde a ARCONEL, en su naturaleza jurídica, regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses del consumidor o usuario final, tiene entre sus atribuciones:

Dictar las regulaciones a las cuales deberán ajustarse las empresas eléctricas; el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y los consumidores o usuarios finales; sean estos públicos o privados, observando las políticas de eficiencia energética, para lo cual están obligados a proporcionar la información que le sea requerida (ARCONEL, 2018, Art. 14).

### **Institucionalidad**

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), fue creado por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, tiene actualmente 9 líneas de investigación, en la cual se resalta la de "Eficiencia Energética en Edificaciones", la cual tiene por objetivo mejorar la forma y las propiedades constructivas de las edificaciones para lograr el confort en las cuatro regiones del país y en el gran número de transiciones climáticas que tienen cada una de ellas. El INER trabaja en que conceptos de eficiencia energética y energías renovables sean incluidos en la fase de planificación, ejecución, y uso de edificaciones, se trabaja principalmente en el factor de forma, características climáticas del sitio, materiales utilizados y características de los equipos e instalaciones (INER, 2016).

Los proyectos desarrollados por los investigadores del INER hasta el momento son:

- Edificaciones de bajo consumo energético en Yachay (Ciudad del conocimiento).
- Laboratorio para la caracterización térmica de los materiales.

- Eficiencia energética en la Estación Experimental de la Antártida.

El análisis realizado acerca de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador, permite afirmar que existe una estructura organizada y bien distribuida en cuanto a los diferentes puntos de acción para continuar desarrollando el país en aras de incrementar el ahorro energético y seguir potenciando el uso de energía renovable. Se propone que la optimización energética del diseño arquitectónico debe concebirse bajo un enfoque sistémico considerando, además, las auditorías energéticas y los sistemas de regulación.

## REFERENCIAS

- ARCONEL. (2018). *Regulación del Sector Eléctrico. Gobierno de la republica del Ecuador*. Retrieved from [http://www.regulacionelectrica.gob.ec/introduccion\\_regulacion/](http://www.regulacionelectrica.gob.ec/introduccion_regulacion/)
- Cárdenas, B. (2017) *Auditoría energética de las instalaciones de la empresa ecuatoriana de artefactos S.A.* (tesis de maestría). Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17004>
- INER. (2016). *Dossier en Edificaciones. Quito*. Recuperado de [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES\\_DOSSIER.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/EDIFICACIONES_DOSSIER.pdf)
- Iwaro, J. & Mwashia, A. (2010). A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, 38(12), 7744-7755. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2010.08.027>
- Montero, A., López-Villada, J., Naranjo C. & Labus, J. (2014). *Comparative Study of Solar Assisted Cooling Technologies for Two Different Climates*. Retrieved from <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?doi=10.1115/ES2014-6687>
- Montero, R., Hechavarría, J. R, Legrá, A., Borroto, A. y Santos-González R. (2012). Análisis y síntesis de la operación de circuitos secundarios de agua fría en climatización centralizada. *Revista Ingeniería Mecánica*, 15(2), 83-94. Recuperado de <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/419>
- Montero, R., Legrá, A. A. y Hechavarría, J. R. (2016). Optimización operacional de redes hidráulicas para climatización centralizada de hoteles. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 3-17. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200001)
- Moya, D., Torres, R. & Stegen, S. (2016). Analysis of the Ecuadorian energy audit practices: A review of energy efficiency promotion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 289-296. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.04.052>
- Naranjo, C., López-Villada, J., Gaona, G. & Labus, J. (2014). *Performance Analysis With Future Predictions of Different Solar Cooling Systems in Guayaquil, Ecuador*. Retrieved from <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?doi=10.1115/ES2014-6594>

- Palme, M., Inostroza, L., Villacreses, G., Lobato-Cordero, A. & Carrasco, C. (2017). From urban climate to energy consumption. Enhancing building performance simulation by including the urban heat island effect. *Energy and Buildings*, 145, 107-120. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.069>
- Serrano, J. & Escriva, G. (2015). Simulation Model for Energy Integration of Distributed Resources in Buildings. *IEEE Latin America Transactions*, 13(1), 166-171. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7040644>
- Serrano, J., Escrivá, G. & Roldán, C. (2018). Statistical methodology to assess changes in the electrical consumption profile of buildings. *Energy & Buildings*, 164, 99-108. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.059>
- Zhang, Y., Bai, X., Mills, F. P. & Pezzey, J. C. V. (2018). Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review. *Energy and Buildings*, 172, 279-294. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.017>