

# Uso racional y eficiente de la energía en edificios públicos en Colombia<sup>1</sup>

Rational and efficient use of energy in public buildings in Colombia

O uso racional e eficiente da energia em edifícios públicos na Colômbia

Recibido: septiembre de 2013

Aprobado: abril de 2014

Jaime Dwaigh Pinzón Casallas<sup>2</sup>

Francisco Santamaría Piedrahíta<sup>3</sup>

Alejandra Corredor Ruiz<sup>4</sup>

## Resumen

Este artículo presenta las características actuales del uso racional y eficiente de la energía en edificaciones en el contexto mundial y en el contexto colombiano, teniendo en cuenta la normativa y las políticas que se están implementando, con las ventajas que posibilitan la disminución de consumos energéticos en edificios públicos. Además, se muestran posibles soluciones que se han implementado y que permiten tener una mejora continua y significativa en el uso de la energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Palabras clave:** consumo de energía, eficiencia energética, uso racional de energía.

## Abstract

This article presents the current characteristics of rational and efficient use of energy in buildings in the world context and use in the Colombian context, considering the rules and policies that are being implemented, with the advantages that enable the reduction of energy consumption in public buildings. In addition, possible solutions that have been implemented and that allow a continuous and significant improvement in energy use and reduce emissions of greenhouse gases is.

**Keywords:** Energy consumption, energy efficiency, rational use of energy.

---

1 Artículo de investigación.

2 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto: jaime\_p1203@hotmail.com

3 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto: fsantamariap@gmail.com

4 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto: alejandra.corredor@gmail.com

## Resumo

Este artigo apresenta as características atuais de uso racional e eficiente da energia em edifícios no contexto mundial e uso no contexto colombiano, considerando as regras e políticas que estão sendo implementadas, com as vantagens que permitem a redução do consumo de energia em edifícios públicos. Além disso, as possíveis soluções que foram implementadas e que permitem uma melhoria contínua e significativa no consumo de energia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa é.

**Palavras-chave:** energia, eficiência energética, uso racional de energia.

## Introducción

El cambio climático es uno de los mayores problemas en el mundo actual, asociado directamente a la contaminación ambiental, debido a la emisión de gases efecto invernadero (GEI) (Soysal et al., 2010), producto, entre otras cosas, de la utilización de combustibles fósiles para las diferentes actividades en los sectores industrial, transporte y energético (Consortio Bariloche, 2007). Además de la importancia que viene adquiriendo en la agenda internacional el problema ambiental, especialmente sobre el cambio climático y la conservación de los recursos (Lizarazu, 2006). Las consecuencias de aquel (desertificación, migraciones masivas, erosión de las costas, inundaciones, etc.) son alarmantes y podrían ser catastróficas (Intelligent Energy Europe, 2005). Para contrarrestarlo se deben tener alternativas energéticas enfocadas hacia el consumo sostenible de los recursos y utilizar estrategias disponibles para optimizar el consumo de los energéticos (Consortio Bariloche, 2007).

En el mundo se tienen políticas agresivas para disminuir la huella de carbono y el aumento de la eficiencia energética. Una de las políticas es la propuesta por la Unión Europea denominada el 20-20-20 (Boom, 2001), que significa disminuir 20 % de

GEI, 20 % de participación de energías renovables y 20 % de incremento en la eficiencia energética para 2020. Asimismo, otros países están realizando grandes inversiones para la concientización y la creación de regulaciones que incentivan la gestión eficiente de la energía y las fuentes no convencionales de energía (Boom, 2001). En este sentido, es fundamental que Colombia insista en definir programas concretos sobre gestión eficiente de la energía. Actualmente, se tienen diferentes normas y leyes como la Ley 697 de 2001, acuerdos de la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía y el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales promovidos por el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2010).

El enorme potencial de mejoras de eficiencia energética en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente reconocido, pero alcanzar este potencial sigue siendo un desafío casi mundial (Consejo Mundial de la Energía, 2004). Para esto se implementan planes de acción de la eficiencia energética, que están vinculados a los diferentes sectores, entre ellos y tal vez el que más influencia tiene es el sector terciario, en el que se encuentran los subsectores de salud, comercial, educativo y comunicaciones y público.

## Eficiencia energética

La eficiencia energética es actualmente un eje primordial para la sociedad, en la cual los países industrializados y un número alto de población tienen fijados planes para disminuir el consumo, manteniendo los mismos servicios y prestaciones, sin que por ello se vea afectada la calidad de vida (Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética, 2009). Además, a partir de estos planes disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> y se da un uso racional a los recursos, asegurando un mejor abastecimiento energético y fomentando un comportamiento sostenible en su uso (DeSimone y Popoff, 2000).

En todos los sectores de la economía existen potenciales y metas de ahorro involucrados directamente con la eficiencia energética, entre ellos, el sector comercial, público y de los servicios, en el cual existe un importante potencial de ahorro de energía.

Como se observa en la tabla 1 de acuerdo con el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, el potencial de ahorro de energía eléctrica en Colombia tiene una meta de 1.57 % en el quinto año a partir de la implementación de las medidas de ahorro y eficiencia energética. Sin embargo, la implementación de las medidas es una tarea difícil, debido a la presencia de una serie de barreras de tipo administrativo, legal, económico y tecnológico que dificultan tal implementación (UPME, 2010). Por ejemplo, en el presupuesto del sector público, la partida destinada a inversión en tecnologías que consumen energía es diferente de la destinada al mantenimiento y suministro energético de estos mismos equipos. Esta división en áreas incomunicadas plantea dificultades a la hora de renovar el equipamiento con criterios de eficiencia energética.

Los servicios energéticos tratan de solucionar esta problemática unificando en un mismo contrato la compra de energía, su gestión energética, el mantenimiento de las instalaciones consumidoras de energía, la realización de medidas de ahorro y la eficiencia energética y el aprovechamiento de energías renovables (España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2010).

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0.19	0.9
2	0.21	0.4
3	0.27	0.67
4	0.37	1.04
5	0.53	1.57
6	1.09	2.66

**Tabla 1.** Meta de reducción de consumo de energía eléctrica (sector comercial, público y servicios).

Fuente: UPME (2010,)

## Edificios sostenibles

La construcción sostenible pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar, conservar y mejorar desde el punto de vista energético (Berardi, 2013). Los requisitos que deben cumplir los edificios sostenibles incluyen un consumo racional de la energía y del agua a lo largo de su ciclo de vida, la utilización de materiales no amigables con el medio ambiente (Han, Jeon, Lim y Chen, 2010), la minimización de residuos durante la construcción y el ciclo de vida, el uso racional del suelo e integración natural en el entorno o la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los usuarios o propietarios (Ramírez, 2010). Es decir que un edificio sostenible requiere de prácticas de proyecto y construcción que mejoren su eficiencia, de acuerdo con estándares específicos para reducir los impactos negativos del edificio sobre los ocupantes, el medio ambiente y el resultado económico (Figuroa, 2008).

Los proyectos sostenibles tienen como objetivo común la reducción de su impacto en el ambiente y un mayor bienestar de sus ocupantes. Cabe resaltar algunos elementos clave para lograr edificaciones sostenibles (Colombia, Consejo de Construcción Sostenible, 2013):

- Gestión del ciclo de vida tanto de las edificaciones como de los materiales y componentes utilizados.
- Mayor calidad de la relación de la edificación con el entorno y el desarrollo urbano.
- Uso eficiente y racional de la energía.
- Conservación, ahorro y reutilización del agua.
- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción y en la operación, y prevención de residuos y emisiones.
- Selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción y producción limpia.
- Mayor eficiencia en las técnicas de construcción.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.
- Cambios en hábitos de personas y comunidades en el uso de las edificaciones para reducir su impacto en la fase operacional e incrementar su vida útil.

### **Ventajas, barreras y limitaciones de la eficiencia energética**

Existen algunos efectos en el ámbito nacional y mundial por el consumo excesivo de energía en los edificios. Teniendo un impacto fundamental en la vida de las personas, estos efectos incluyen el bienestar económico del país y de los propietarios de las instalaciones (Yi-Kai, Gao y Wang, 2010). Sobre una base individual, incluso la salud humana puede verse afectada por el uso excesivo de energía en los edificios. Además, debido al aumento de los costos de energía y de los equipos asociados se

pueden volver inaccesibles los edificios que están acondicionados, cómodos y saludables ambientalmente. En una escala mayor, las emisiones de carbono, que están directamente vinculadas con el uso de energía en edificios, afectan la salud y vida del planeta (U. S. Department of Energy, 2010).

La eficiencia energética debe ser considerada como el recurso más importante del que dispone un país para asegurar su abastecimiento energético. Entre los beneficios que aporta se destacan 1) reducción de la vulnerabilidad del país por dependencia de fuentes energéticas externas; b) reducción de costos de abastecimiento energético para la economía en su conjunto; c) alivio de las presiones sobre los recursos naturales y los asentamientos humanos al reducirse la tasa de crecimiento de la demanda por energéticos, además de las presiones globales tales como las emisiones de CO<sub>2</sub> conducentes al cambio climático; d) beneficios para las familias de bajos recursos porque gastan un porcentaje mayor de su ingreso en energía (esto para edificios dedicados a vivienda) (Gallo, 2012).

La eficiencia energética presenta grandes beneficios en los diferentes procesos que se tienen en la cadena de energía eléctrica y principalmente en el uso final, ya que la utilización de equipos energéticamente más eficientes permite tener menores consumos con las mismas prestaciones. Por esto, se deben tener diferentes requerimientos cuando se realiza la selección de los equipos que se van a involucrar en los procesos más importantes y en el diseño propio de las instalaciones. Además, la reducción de consumos energéticos pueden disminuir las inversiones que se deban hacer para la ampliación de la generación y la capacidad de transmisión (Dakwale, Ralegaonkar y Mandavgane, 2011).

Las acciones locales de eficiencia energética tienen un importante efecto productivo, que es tal vez el

más evidente y está presente debido a las pérdidas en la generación y en la red eléctrica de distribución y transmisión, se puede decir que 1 kWh de uso en una instalación con generación de carbón (muy utilizado en los mercados emergentes) requiere 3 kWh de producción; es decir que por cada unidad energética que se ahorra, ahorran tres de producción (Schneider Electric, 2012).

Pese a sus grandes ventajas económicas y ambientales, la inversión en ahorro y eficiencia energética no alcanza los niveles que corresponderían a dichas ventajas. Esto es consecuencia tanto de barreras como de fallos de mercado que desincentivan la realización de inversiones para mejorar en este ámbito (Dianshu, Sovacool y Khuong Minh Vu, 2010). Entre las principales barreras y fallos de mercado encontramos los siguientes: precios energéticos que no incorporan todos los costos de suministro (incluidos los ambientales), incertidumbre e irreversibilidad de las inversiones, fallos de información, alto costo de la inversión inicial, entre otros.

La cuantificación de las posibilidades de ahorro de energía y de la viabilidad económica de las diferentes alternativas y decisiones de inversión exige disponer de un modelo sistemático que permita conocer el uso que se realice de la energía y facilitar su gestión eficiente (Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética, 2009). En el ámbito de la consolidación de una cultura de eficiencia energética, es indispensable elevar el nivel de conocimiento e informar a los usuarios sobre tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado, mediante acciones contundentes de comunicación y difusión (Han et al., 2010).

Las principales deficiencias en la gestión generan importantes incrementos de los consumos y costos energéticos en una empresa. Estas deficiencias

están relacionadas con los esfuerzos aislados, la falta de coordinación, planeación, conocimiento, procedimientos, evaluación, dilución de responsabilidades y carencia de herramientas de control (Colombia, Ministerio de Minas y Energía, 2013).

### **Eficiencia energética de edificaciones en el contexto mundial**

El potencial de ahorro de los edificios existentes y las medidas de eficiencia energética son temas principales de investigación en todo el mundo, centrándose en una amplia gama de aspectos: normas de ahorro de energía (Hamza y Greenwood, 2009), valoración del ciclo de vida de las edificaciones (Guozhong et al., 2009), las metodologías de evaluación comparativa para construir el rendimiento del uso de la energía (Chung 2011), las mejores medidas de ahorro energético para diferentes climas y ubicaciones.

Hoy en día, los edificios son unos de los usuarios finales de la energía que presentan mayor consumo de energía eléctrica y generación de emisiones de CO<sub>2</sub>, y por lo que alto impacto en el cambio climático. Un edificio tiene un ciclo de vida largo, por tanto su efecto en el medio ambiente es de larga duración. Por otra parte, el desarrollo limpio es uno de los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto (Li, Wang y Chen, 2010) que ofrece una buena oportunidad para el desarrollo de los mercados para la eficiencia energética en edificios (Doukas, 2007).

En el mundo se tienen diferentes mecanismos para la certificación energética de edificios, en los que se plantean metodologías para la disminución de los consumos energéticos. Principalmente, la Unión Europea, Estados Unidos y China están dedicando grandes recursos económicos, físicos y humanos para la investigación e implementación de soluciones de mejora continua en la eficiencia energética de

edificios (Ding, M., T., Johnsen y Perry, 2012). Por ejemplo, actualmente en Estados Unidos el consumo total de energía eléctrica de los edificios es 40 % del consumo de la energía final; para reducir este valor se están planteando diversos proyectos enfocados en la mejora de la eficiencia energética de los edificios (Marinak, Karakosta y Doukas, 2013).

### Eficiencia energética de edificios en Colombia

En países con abundancia de recursos energéticos como Colombia, no se ha prestado suficiente atención a las oportunidades económicas y técnicas de la gestión eficiente de la energía en edificios, aunque se han definido algunas normas que motivan el uso racional y la eficiencia energética en las empresas.

El uso final eficiente de la energía es un factor clave para mejorar la relación costo-beneficio de

la economía nacional y para controlar los costos de energía del sector comercial y público. Colombia está comprometida con la conservación del medio ambiente local y global controlando las emisiones de GEI (Consortio Bariloche, 2007). Se debe tener en cuenta que la falta de una entidad nacional fuerte con un mandato para ejecutar programas de eficiencia energética se ha identificado como la principal barrera en la transformación del mercado hacia tecnologías eficientes energéticamente en Colombia (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2009).

Según la UPME (2010), en 2009 el consumo de energía eléctrica en Colombia por parte del sector terciario dentro del sistema interconectado nacional fue de 25 %, como se observa en la figura 1.

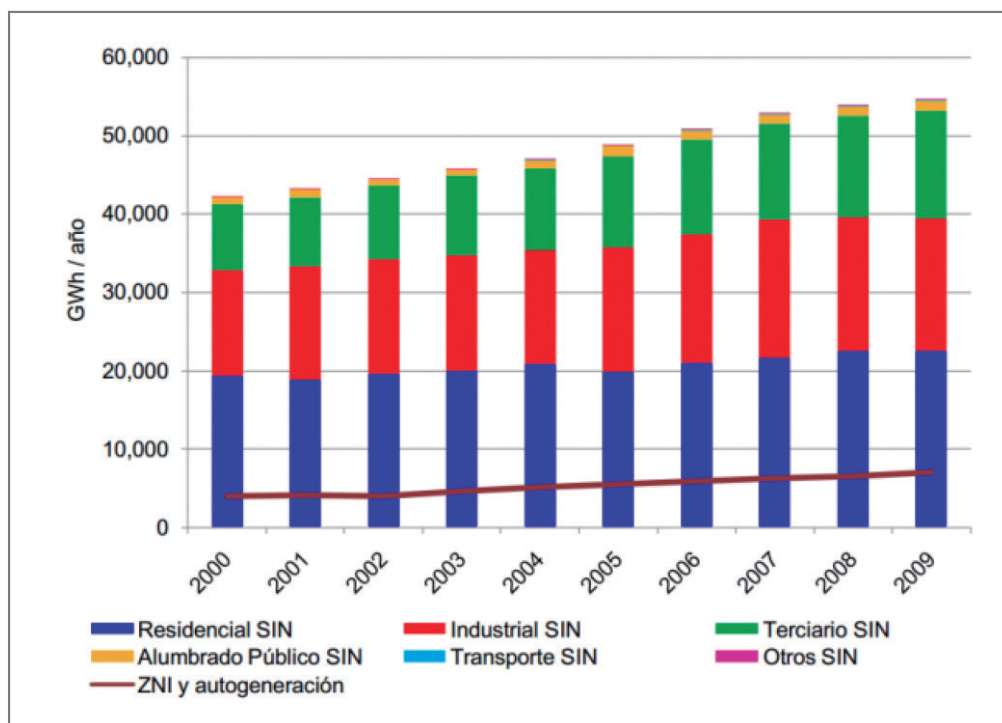


Figura 1. Demanda sectorial de energía eléctrica del SIN.

Fuente: UPME (2010).

Para disminuir los consumos elevados de energía, la gestión eficiente de la energía debe estar involucrada en los objetivos administrativos de los propietarios de la edificación. Para esto la aplicación de estrategias de eficiencia energética resulta especialmente relevante en los edificios públicos (Dias, Bernardo, Ramos y Egido, 2011). Junto con los beneficios económicos inherentes a la correcta ejecución de este tipo de medidas, en los edificios públicos existe además otro tipo de ganancias, asociadas principalmente a la generación de conciencia ambiental y a la provisión de condiciones de confort que favorezcan el desempeño y el bienestar de directivos y empleados, y en instituciones educativas de los estudiantes y profesores (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012).

Se deben tener en cuenta algunos parámetros en la construcción de edificios, determinados por el alcance actual de la tecnología tanto en automatización como en equipos eficientes, alcance que se establece en Colombia en el Proyecto de Reglamento Técnico de Etiquetado (Ministerio de Minas y Energía, 2010), en el cual se tienen escalas de cumplimiento de eficiencia energética en diferentes equipos y procesos que se implementan en las edificaciones (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, 2012).

Con las nuevas tecnologías para la generación distribuida, tales como los sistemas fotovoltaicos y la generación eólica, se pueden lograr edificios de energía neta cero (Sartori, Napolitano y Vos, 2012), que es lo planteado principalmente en la Unión Europea. Para el caso colombiano, no es totalmente aplicable ya que la regulación para la inyección a la red por parte de generadores distribuidos no está establecida, pero se puede tener una contribución de energía eléctrica con la instalación de un sistema fotovoltaico (Ackermann, Andersson y Soder, 2001).

En los últimos años, se han realizado caracterizaciones energéticas de edificios públicos en Colombia,

que han permitido obtener ahorros energéticos y económicos significativos en la factura de energía entre 10-30 %, con la aplicación de las medidas de ahorro y eficiencia energética. Por medio del PNUD, consultorías energéticas y proyectos universitarios se han desarrollado estudios de eficiencia energética para los edificios de la Universidad de Antioquia (Lavola-ps consorcio, 2013), edificio Corantioquia (Consultoría en eficiencia energética, 2012), edificio del Área Metropolitana de Medellín (Consultoría en eficiencia energética, 2012), un edificio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Pinzón y Corredor, 2013), entre otros.

### **Posibles soluciones para la eficiencia energética en edificios**

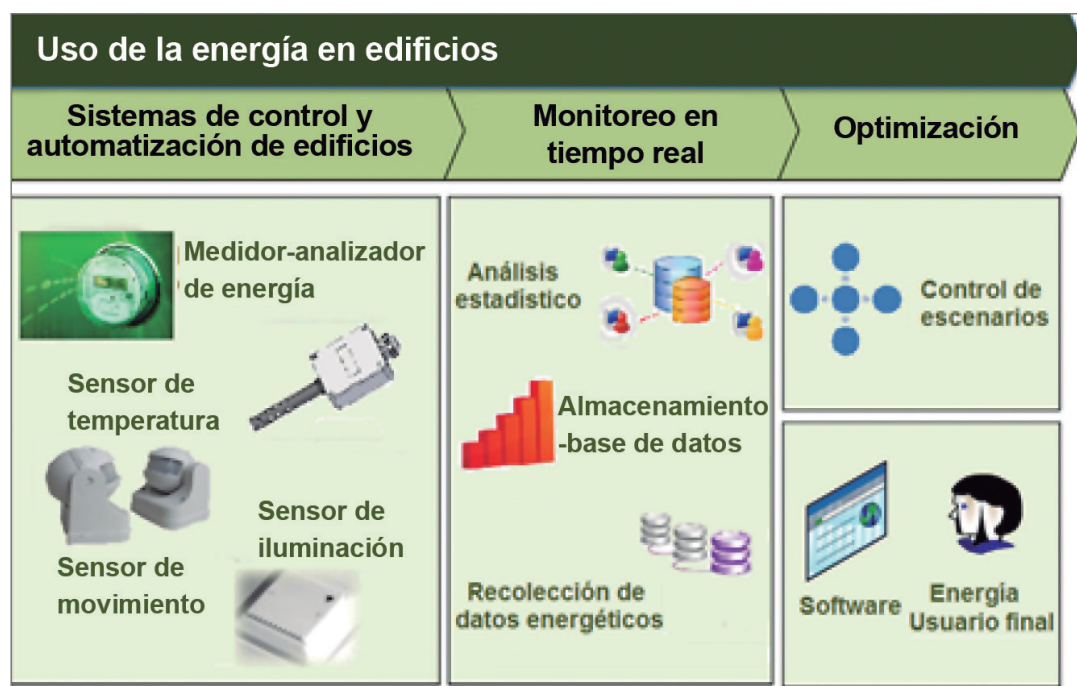
La eficiencia energética presenta diferentes alternativas para el confort, ahorros económicos y energéticos. Algunas soluciones para la eficiencia energética son los procesos de automatización, cambios tecnológicos, gestión de la energía, concientización de los usuarios de los equipos de uso final y diseño arquitectónico detallado para la sostenibilidad (Rey y Velasco, 2006).

La automatización de edificios es una parte fundamental en la eficiencia energética, por ejemplo se pueden tener ahorros de energía eléctrica entre 10-40 % para edificios comerciales mediante un estricto seguimiento y supervisión del uso de energía y los parámetros eléctricos (Ahmed, 2010). Los procesos automatizados proporcionan bajo consumo de energía eléctrica, máximo confort para el usuario y ahorros de energía y económicos de manera simultánea (Wong, 2005).

Actualmente, con la sustitución de la tecnología de equipos de uso final se pueden conseguir importantes mejoras en la eficiencia de los inmuebles sin disminuir los niveles de seguridad y confort (Yu et al., 2009). Se deben definir las tecnologías con las que cuentan los

edificios para determinar si son energéticamente eficientes o si se deben implementar diseños con nuevos niveles tecnológicos (Yang y Peng, 2011), ya que existen equipos para iluminación, aire acondicionado, refrigeración y equipos ofimáticos que pueden alcanzar eficiencias muy altas con una adecuada selección (Mardiana y Riffar, 2012), aunque los equipos eficientes que existen actualmente en el mercado pueden llegar a tener una alta inversión inicial, pero con periodos de retorno corto; esto se debe verificar por medio de una evaluación financiera. Además, el costo neto derivado de la implantación de estas mejoras tiene un costo neto neutro si se tienen en cuenta los ahorros generados (Popescu, Bienert, Schützenhofer y Boazu, 2012).

Por otra parte, los programas de gestión de la demanda para edificios ofrecen una gama de soluciones técnicas, organizativas y de comportamiento para reducir el consumo y la demanda de electricidad. En la figura 2 se muestra una metodología para gestión y uso de la energía donde se observa el uso de diferentes equipos de automatización y control para realizar un monitoreo en tiempo real y con esta información obtenida efectuar un control de los escenarios actuales que permitan optimizar el uso de la energía. Además, se han definido metodologías de apoyo a la decisión integrada para la preselección de los programas de gestión de la demanda como la descrita en Papadopoulou (2011).



**Figura 2.** Metodología para la gestión de energía.

Fuente: elaboración propia.

### Conclusiones

La eficiencia energética presenta actualmente grandes retos para la situación económica y ambiental del mundo. Teniendo en cuenta las políticas actuales, se deben destinar mayores recursos para la implementación y el desarrollo de tecnologías que permitan

aumentar la eficiencia energética en los edificios, ya que es uno de los sectores que presenta el mayor consumo.

En Colombia existen altos potenciales de ahorro para la eficiencia energética en los edificios, pero faltan definir políticas claras que permitan tener mayor inversión por parte del Estado y de las empresas.



Existen diferentes soluciones para la gestión eficiente de la energía en un edificio. Algunas soluciones están relacionadas con procesos de automatización, pero principalmente se deben tener equipos de seguimiento para el monitoreo en tiempo real de los consumos si se quiere implementar un sistema de gestión de la energía.

Con la implementación de medidas de ahorro energético en edificios públicos, se reducen los gastos del presupuesto nacional en el sector público y se aumenta la competitividad del sector privado.

### Referencias bibliográficas

- Ackermann, T., Andersson, G. y Soder, L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, 57, 195-204.
- Ahmed, A. P. (2010). Multi-dimensional building performance data management for continuous commissioning. *Advanced Engineering Informatics*, 24, 466-475.
- Berardi, U. (2013). Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society*, 8, 72-78.
- Boom, J.-T. (2001). International emissions trading under the Kyoto Protocol: credit trading. *Energy Policy*, 29, 605-613.
- Chung, W. (2011). Review of building energy-use performance benchmarking methodologies. *Appl Energy*, 88(5), 1470-1479.
- Colombia, Consejo de Construcción Sostenible (2013, enero). Construcción sostenible. Recuperado de <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/que-es>
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2010). *Reglamento técnico de etiquetado*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2013, enero). Gestión e indicadores energéticos. Recuperado de <http://www.si3ea.gov.co/Eure/16/inicio.html>
- Consejo Mundial de la Energía (2004). *Eficiencia energética: estudio mundial*. Londres: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
- Consorcio Bariloche (2007, 15 de junio). *Consultoría para la formulación estratégica del plan de uso racional de energía y de fuentes no convencionales de energía 2007-2025*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Consultoría en Eficiencia Energética (2012). *Eficiencia energética Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín: Consultoría en Eficiencia Energética.
- Consultoría en Eficiencia Energética (2012). *Eficiencia energética*. Medellín: Corporación Autónoma Regional de Antioquia.
- Dakwale, V. A., Ralegaonkar, R. V. y Mandavgane, S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: a review. *Sustainable Cities and Society*, 1(4), 211-218.
- DeSimone, L. D. y Poppoff, F. (2000). *Eco-efficiency. The business link to sustainable development*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Dianshu, F., Sovacool, B. K. y Khuong Minh Vu (2010). The barriers to energy efficiency in China: assessing household electricity savings and consumer behavior in Liaoning Province. *Energy Policy*, 38, 1202-1209.

- Dias, M., Bernardo, H., Ramos, J. y Egido, M. (2011). Indoor environment and energy efficiency in education buildings —part 2: Energy simulation. *Energetics (IYCE), Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on* (pp. 1-6).
- Ding, L., M., T., T., R., Johnsen, K. y Perry, J. (2012). A new paradigm for the design and management of building systems. *Energy and Buildings*, 51, 56-63.
- Doukas, H. P. (2007). Intelligent building energy management system using rule sets. *Building and Environment*, 42(10), 3562-3569.
- España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2010). Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.
- Figuerola, R. (2008). Aspectos generales para la eficiencia energética en las instalaciones para la edificación. En *Congreso Regional ElectriNoroeste*. México.
- Gallo, V. (2012). *Medición de huella de carbono y eficiencia energética en empresa papelera colombiana* (Trabajo de grado). Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Guozhong, Z., Youyin, J., Hongxia, H., Xutao, Z. y Yuefen, G. (2009). Application of life cycle assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, 34, 1870-1879.
- Hamza, N. y Greenwood, D. (2009, mayo). Energy conservation regulations: impacts on design and procurement of low energy buildings. *Building and Environment*, 44(5), 929-936.
- Han, H., Jeon, Y., Lim, S. y Chen, K. (2010, junio). New developments in illumination, heating and cooling technologies for energy-efficient buildings. *Energy*, 35(6), 2647-2653.
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (2012). *Escala de calificación energética: edificios de nueva construcción*. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- Intelligent Energy Europe (2005). *El uso racional de la energía en edificios públicos*. España.
- Lavola-ps consorcio (2013). *Proyecto de eficiencia energética en edificaciones: evaluación de la aplicación de tecnologías alternativas ambientalmente seguras y eficientes en el subsector chillers para la ciudad universitaria de Antioquia*. Informe de consultoría, Medellín: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Lizarazu, J. (2006). *Conservación de los recursos naturales y desarrollo humano sostenible*. La Paz, Bolivia: Escuela Militar de Ingeniería.
- Mardiana, A. y Riffar, S. (2012, febrero). Review on heat recovery technologies for building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1241-1255.
- Marinakos, V., Karakosta, C. y Doukas, H. (2013). A building automation and control tool for remote and real time monitoring of energy consumption. *Sustainable Cities and Society*, 6, 11-15.
- Papadopoulou, A. K. (2011). Decision support for assessing demand side management programmes. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 1(2), 155-176.
- Pinzón Casallas, J. D. y Corredor Ruiz, A. (2013). Energy characterization, methodology and results for a University Public Building. VII

- International Symposium on Power Quality - SICEL*. Medellín.
- Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética (2009). *Visión de España en eficiencia energética*. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2012). *Manual de gestión de la energía en edificios públicos*. Santiago de Chile: Dirección de Extensión en Construcción.
- Popescu, D., Bienert, S., Schützenhofer, C. y Boazu, R. (2012, enero). Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings. *Applied Energy*, 89(1), 454-463.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2009). *Co-eficiencia: mejora de la eficiencia energética en edificios*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Ramírez, A. (2010). *La construcción sostenible*. Madrid: Consejo de la Construcción Verde.
- Rey Martínez, F. J. y Velasco Gómez, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas*. Madrid: Thomson.
- Sartori, I., Napolitano, A. y Vos, K. (2012). Net zero energy buildings: a consistent definition framework. *Energy and Buildings*, 48, 220-232.
- Schneider Electric (2012). *Eficiencia energética: manual de soluciones*. Argentina.
- Soysal, O., Soysal, H., Spears, J., Posson, D. y Hearn, O. (2010, julio). Design of a grid-independent energy efficient building: sustainable energy research facility. *Power and Energy Society General Meeting, IEEE*, 1-6.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2010). *Proyección de demanda de energía eléctrica*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2010). *Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía no Convencionales. - PROURE Plan de acción indicativo 2015*. Bogotá: UPME.
- U. S. Department of Energy (2010). *Building energy Codes 101: an introduction*. Estados Unidos.
- Wang, J., Li, J. y Chen, X. (2010, marzo). Parametric design based on building information modeling for sustainable buildings. En *Challenges in Environmental Science and Computer Engineering (CESCE)*, 2010 International Conference on, 2, 236-239.
- Wong, J. K. (2005). Intelligent building research: a review. *Automation in Construction*, 14, 143-159.
- Yang, J. y Peng, H. (2011, enero). Decision support to the application of intelligent building technologies. *Renewable Energy*, 22(1-3), 66-77.
- Yi-Kai, J., Gao, P. y Wang, J. (2010, marzo). A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement. *Energy and Buildings*, 42(3), 290-297.
- Yu, B. F., Hu, Z. B., Liu, M., Yang, H. L., Kong, Q. X. y Liu, Y. H. (2009, enero). Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. *International journal of refrigeration*, 32(1), 3-20.