

Análisis del Potencial de Ahorro Energético en Centros de Salud

Justo García Sanz-Calcedo¹

¹Universidad de Extremadura (España).

Resumen / Abstract

Resumen.

Objetivo. *Evaluar el potencial de ahorro energético que es factible en un Centro de Salud, derivado de la optimización de su gestión interna, así como determinar los parámetros operativos que influyen en los aspectos energéticos y medioambientales, cuantificando su influencia en la gestión del edificio.*

Diseño. *Muestra homogénea de 70 Centros de Salud de la Comunidad Autónoma de Extremadura (España).*

Métodos. *Se han analizado los parámetros funcionales que tienen una mayor influencia en la gestión diaria de los edificios, monitorizando aquellas variables directamente relacionadas con la eficiencia energética durante un periodo de dos años. Se ha comprobado mediante técnicas matemáticas de análisis de sensibilidad, la relación entre indicadores energéticos y parámetros funcionales evaluando el potencial de ahorro energético, validando los resultados mediante auditorías energéticas.*

Resultados. *Se demuestra que es posible un ahorro energético de hasta el 35%, actuando desde la fase de diseño del Centro de Salud y de un 25% en edificios en fase de explotación. Además se ha demostrado que el consumo energético anual disminuye en edificios correctamente gestionados, y que la gestión energética se realiza de forma más eficaz en edificios de dimensiones reducidas.*

Conclusiones. *Es necesario apostar por la eficiencia energética y medioambiental, como indicador de calidad asistencial en un modelo de sanitario basado en parámetros de calidad. Para ello, hay que implicar y sensibilizar a los responsables clínicos y directivos en las tareas de diseño y gestión del edificio, introduciendo indicadores de eficiencia energética en la gestión.*

Abstract.

Objective. *The aim of this paper is to evaluate the potential energy savings that it is possible in a health centre, derived from the optimization of its internal management and to determine the operating parameters that influence on the energy and environmental aspects, quantifying its influence on the management.*

Design . *Homogeneous sample of 70 health centres at Extremadura (Spain).*

Methods. It analyzed the functional parameters that they have greater influence in the daily management of buildings, monitoring those variables directly related to energy efficiency during a period of two years. It has been proved by mathematical techniques of sensitivity analysis, the relationship between the energy indicators and the functional parameters so to evaluate the potential energy savings, validating the results through energy audits.

Results. It shows it can to save an energy of 35%, working from the design phase of the Health Center and 25% in buildings in the operational phase. It has also been shown to decrease the annual energy consumption in buildings properly managed, and power management is performed more efficiently in buildings of small dimensions.

Conclusions. It is necessary to bet on energy and environmental efficiency as an indicator of quality of care in a health model based on quality parameters. We must involve and raise awareness among clinicians and managers on the design and building management, introducing energy efficiency indicators in management.

1. Introducción

El aumento del consumo energético, derivado del crecimiento económico y de la tendencia a satisfacer un mayor número de necesidades, hace cada vez más urgente la integración de aspectos medioambientales y sostenibles en la gestión de infraestructuras públicas.

En Extremadura, sólo en lo que respecta a Centros de Salud, se consumen anualmente más de 22 millones de kWh de energía eléctrica, 450.000 litros de gasóleo y unos 40.000 m³ de gas natural, para una población asistida inferior a 1.100.000 habitantes, emitiendo a la atmósfera 27.000 toneladas de CO₂ cada año y otros gases con efecto invernadero (1).

Una adecuada gestión energética del Centro de Salud contribuye a disminuir este efecto invernadero, cuya consecuencia es el calentamiento previsible de la atmósfera terrestre provocado por el aumento del dióxido de carbono y otros gases en la atmósfera (2), que retienen el calor reirradiado desde la Tierra y pueden provocar un aumento de su temperatura.

Cualquier medida para mejorar la eficiencia energética de un Centro de Salud, debe tener en cuenta las

condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno ambiental interior (3), la relación coste-eficacia y no deben contravenir otros requisitos esenciales aplicables a este tipo de edificios, tales como la accesibilidad, la seguridad (4) y la fiabilidad de sus instalaciones.

El Centro de Salud es un edificio altamente transitado, pues cada usuario utiliza el Centro una media de 15 veces por año, para consultas de medicina general, enfermería o pediatría (5). Es decir, en un Centro de Salud con una población de referencia de 15.000 habitantes, se efectuarán una media de 225.000 asistencias sanitarias anuales, por lo que es un edificio que puede servir de público referente de buena gestión energética para la sociedad.

En España, el potencial de ahorro derivado de la gestión energética de un Centro de Salud, no ha sido estudiado de forma sistemática, existiendo mínimos precedentes, aún cuándo las perspectivas reales de ahorro son elevadas, habida cuenta que en el año 2009, estaban operativos 2.954 Centros de Salud.

Este estudio se enmarca dentro del Plan de Eficien-

cia Energética del Servicio Extremeño de Salud en la línea de trabajo relacionada con la edificación de Atención Primaria y tiene como antecedentes otros estudios previos (6-7).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el potencial de ahorro energético del Centro de Salud, determinando los parámetros que influyen en su eficiencia y cuantificando su influencia en la gestión.

2. Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo, se han analizado 70 Centros de Salud de Extremadura (España), el 66,66% de los existentes, investigando los parámetros funcionales que tienen influencia en la gestión energética del edificio y monitorizando sus variables energéticas durante el periodo 2006-2007.

Se han escogidos edificios similares en lo correspondiente al sistema de climatización, basado en todos los casos en bomba de calor en verano-invierno, o caldera de gasóleo en invierno y equipo de frío en verano, con un tamaño comprendido entre 500 y 3.000 m² en una Zona de Salud entre 3.500 y 25.000 usuarios.

Se han identificado los consumos finales de energía eléctrica, así como los consumos de gasóleo y gas natural, calculando su consumo medio anual. Posteriormente, se ha transformado el consumo energético correspondiente de energía térmica a energía eléctrica; para ello, se establece la correspondencia en función del Coeficiente de Operación de una bomba de calor convencional condensada por aire (8), según la ecuación 1:

$$C = C_t / 2,6 + C_e$$

(1) Donde C es el consumo anual de energía final, C_t el consumo anual de energía térmica y C_e el consumo anual de energía eléctrica, expresados en kWh.

Se han identificado seis escenarios con repercusión directa en el ahorro de energía de un Centro de Salud: El dimensionado de espacios, la parcela, la gestión del edificio, la concepción arquitectónica, la obsolescencia tecnológica y su intensidad de uso.

Se ha definido un parámetro adimensional denominado factor de gestión, que indica el grado de compromiso que con la gestión energética tiene un Centro de Salud, al que se le asignan valores según la Tabla nº 1. Para calcularlo, se ha identificado el horario de encendido y apagado del sistema de climatización, la asignación de esta tarea en el edificio y el grado de implicación de los trabajadores en el ahorro y la eficiencia energética.

Tipo de gestión	FG
Muy buena	814 Kb
Buena	419,6 Kb
Regular	799 Kb
Mala	753,2 Kb

Para analizar el efecto del dimensionamiento arquitectónico, se ha definido un parámetro adimensional, denominado factor de diseño interior, F_D que toma valores según la ecuación 2.

$$F_D = C_p - 0,4$$

(2) Donde F_D es el factor de diseño interior y C_p es un coeficiente adimensional de nominado "de paso", que transforma la superficie útil asistencial en superficie construida, calculado mediante la ecuación 3.

$$C_p = S / S_u$$

(3) *Dónde C_p es el coeficiente de paso, S la superficie construida y S_u la superficie útil del Centro de Salud, expresadas en m^2 .*

Para evaluar la intensidad de uso de un Centro de Salud, se ha establecido el índice definido en la ecuación 4:

$$I_u = Ht/H$$

(4) *Siendo I_u la intensidad de uso, Ht el número máximo de horas de apertura del Centro de Salud y H el número anual de horas de funcionamiento.*

Además, para correlacionar las variables energéticas con la ubicación geográfica, se ha utilizado un SIG.

Los datos obtenidos in situ, han sido cotejados con otras fuentes (9), utilizando para validar las conclusiones, auditorías energéticas realizadas entre 2007 y 2010 por la Agencia Extremeña de Energía.

3. Resultados y Discusión

Se ha detectado que la energía que se puede economizar en un Centro de Salud, está directamente relacionada con alguno de los siguientes apartados.

3.1. Dimensionado

El 32% de los Centros de Salud analizados en la muestra están correctamente dimensionados, mientras que un 23% de ellos está sobredimensionado y el resto está infradimensionado (45%), de los cuales un 24% se encontraban durante el periodo de estudio en fase de ampliación (10).

Se ha comprobado que las causas principales de este incorrecto dimensionamiento, están directamente relacionadas con el Plan Funcional, documento que debe

reflejar el desarrollo y la funcionalidad del mismo a largo plazo (11), y su correspondiente Programa Constructivo.

La distribución de espacios en un Centros de Salud debe ser proporcional a su Cartera de Servicios (12), y como muestra la figura 1, el 38% corresponde al área de Consultas y el conjunto de salas de espera ocupan el 19% de la superficie útil, mientras que las salas de tratamiento el 9%.

El ahorro medio en un Centro de Salud, es de 100 kWh año por cada m^2 de construcción innecesaria de edificio, a lo que habría que añadir la energía que se invierte en el proceso constructivo, en la fabricación de sus componentes y en el transporte de los mismos (13).

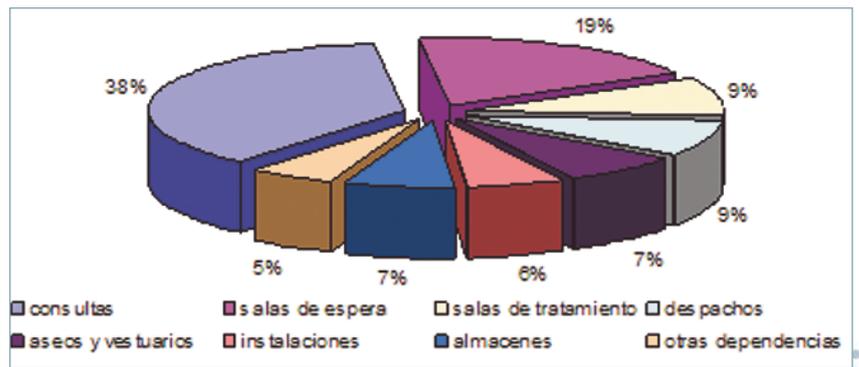


Figura 1: Distribución porcentual de espacios asistenciales en un Centro de Salud.

3.2. Posibilidades Urbanísticas

La incorporación de técnicas bioclimáticas, está condicionada por la posibilidad de volcar el diseño del edificio hacia la captación de la energía solar por medio de la propia estructura, las paredes, las ventanas y los suelos (14). Así pues, un edificio bien orientado recibe el máximo calor solar justo cuando más lo necesita, utilizando una menor energía para su adecuada climatización.

El disponer de una parcela adecuada para desarrollar

plenamente un proyecto bajo técnicas de construcción bioclimática, permitiría un ahorro anual medio de 9 kWh/m².

3.3. Gestión Interna del Edificio

En cada Centro de Salud se ha observado un diferente grado de compromiso con la gestión energética, derivado de la sensibilidad que tienen sus usuarios con el medioambiente. Se puede mejorar la eficiencia energética gestionando adecuadamente los parámetros operativos de los edificios (15), actuando sobre el horario de encendido y apagado de los equipos instalados, manteniendo la estanqueidad del edificio, utilizando adecuadamente la iluminación,...

En la figura 2 se ha representado el consumo medio anual de energía por unidad de superficie, en función del número de usuarios del Centro de Salud y considerando distintos factores de gestión. Se puede observar como aumenta al consumo energético anual por unidad de superficie conforme se descuida el FG del Centro de Salud (16).

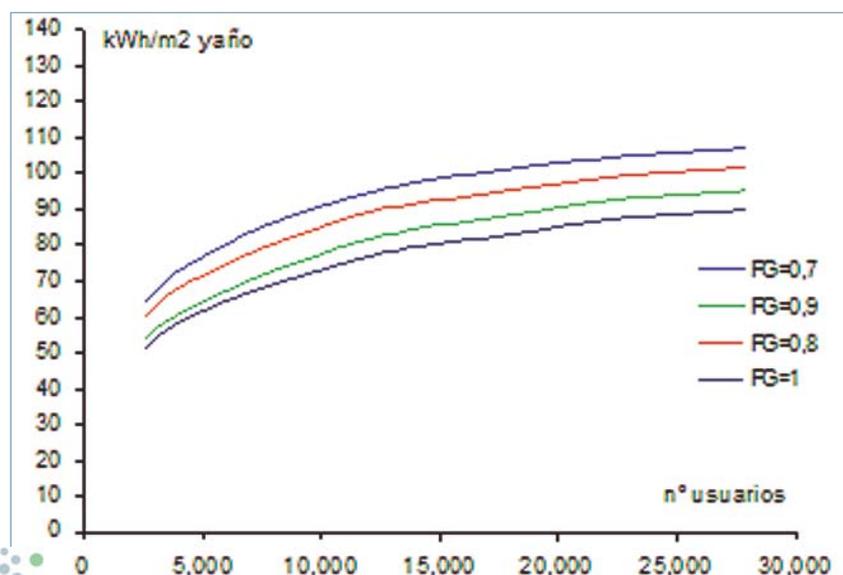


Figura 2: Relación entre el consumo energético anual por unidad de superficie construida y el número de usuarios del Centro de Salud, en función de su factor de gestión.

Sin embargo, al aumentar el número de usuarios es más difícil mantener un FG adecuado, debido a que el número de profesionales que hay que concienciar y sensibilizar en materia energética y medioambiental es superior (17). Así la función de liderazgo en esta materia se diluye, pues en este tipo de edificio el Coordinador del mismo actúa como responsable asistencial, sin responsabilidad directa sobre los costes operacionales del edificio.

Se ha comprobado que con una adecuada gestión del personal del Centro de Salud, es posible disminuir el consumo de energía final entre el 8% y el 12%.

3.4. Concepción Arquitectónica

El 47% de los Centros de Salud estudiados, tienen un F_D inferior a 1, el 39% tienen un F_D entre 1 y 1,1 y que el resto tienen un F_D superior a 1,1.

La tipología edificatoria con elevado F_D , sólo se empieza a construir a partir de 1991 por dos razones, una de carácter económico derivada de la mejor situación económica del país, que permitía mayores inversiones

por edificio, y otra relacionada con la calidad de la prestación de la asistencia sanitaria, en lo referente a la percepción de la misma por parte de los usuarios.

Además, se ha evidenciado que un F_D alto en Centros de Salud de pequeño y mediano tamaño, afecta mucho más a la eficiencia energética, que el mismo factor de diseño en edificios de tamaño superior.

En la figura 3, se muestra el consumo medio anual de energía por usuario, en función del tamaño del Centro de Salud y su factor de diseño.

Se ha comprobado que se puede llegar a

disminuir el consumo de energía final del edificio entre un 8% y un 12%.

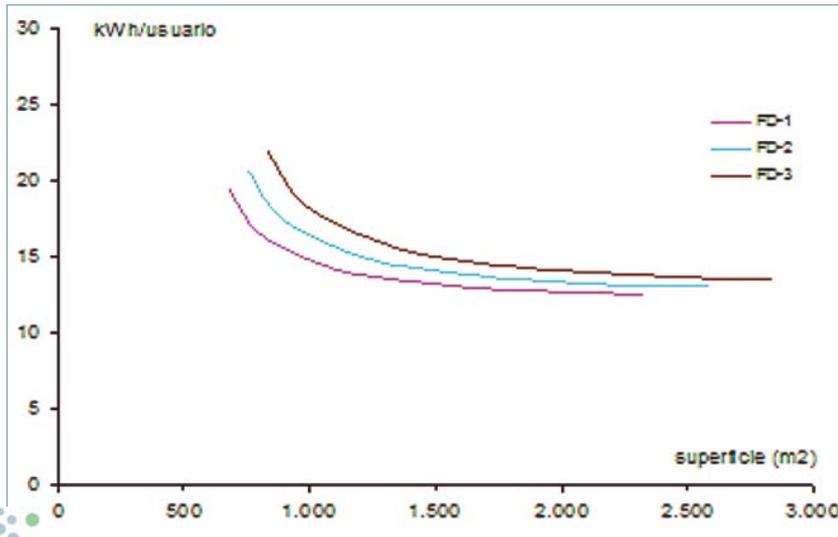


Figura 3: Relación entre el consumo energético anual por usuario y el tamaño del Centro de Salud en función de su factor de diseño.

3.5. Obsolescencia Tecnológica

La antigüedad del Centro de Salud es un factor determinante en su consumo energético; su año de construcción nos da una idea de su nivel de obsolescencia, del envejecimiento de sus instalaciones y de la reglamentación que en materia energética se utilizó en el momento de su construcción (18). Se ha observado que el 24% de los edificios analizados tienen más de 20 años, y el 54% más de 15. En función de su distribución geográfica, en la provincia de Badajoz la mayoría se pusieron en funcionamiento entre los años 1988 y 1992, mientras que en la provincia de Cáceres fue durante el periodo 1993-1997.

Se ha demostrado que el rendimiento de las instalaciones disminuye conforme aumenta su vida operativa. El mantenimiento es una herramienta imprescindible para garantizar las condiciones de diseño en lo referente a gestión del gasto energético (19), que evita el deterioro de los equipos y de las consecuencias que conlleva este deterioro en cuanto a la fiabilidad de las instalaciones (20).

Se ha comprobado que la optimización de las instalaciones y su adecuado mantenimiento pueden suponer un ahorro de hasta el 8% del consumo energético anual de un Centro de Salud.

3.6. Intensidad de Uso

La intensidad de uso indica la actividad del edificio en función del número de horas diarias que permanece operativo y es un parámetro propio de cada edificio. Se ha calculado el número de usuarios que utilizan las instalaciones de un Centro de Salud (21), demostrando que existe una relación proporcional entre el número de usuarios del Centro de Salud (22) y su tamaño

(23). Se han representado ambos parámetros en la figura 4, en la que se identifica correlación entre los datos analizados, calculando la curva de regresión que muestra la ecuación 5.

$$Su=7,48 Us^{-0,426}$$

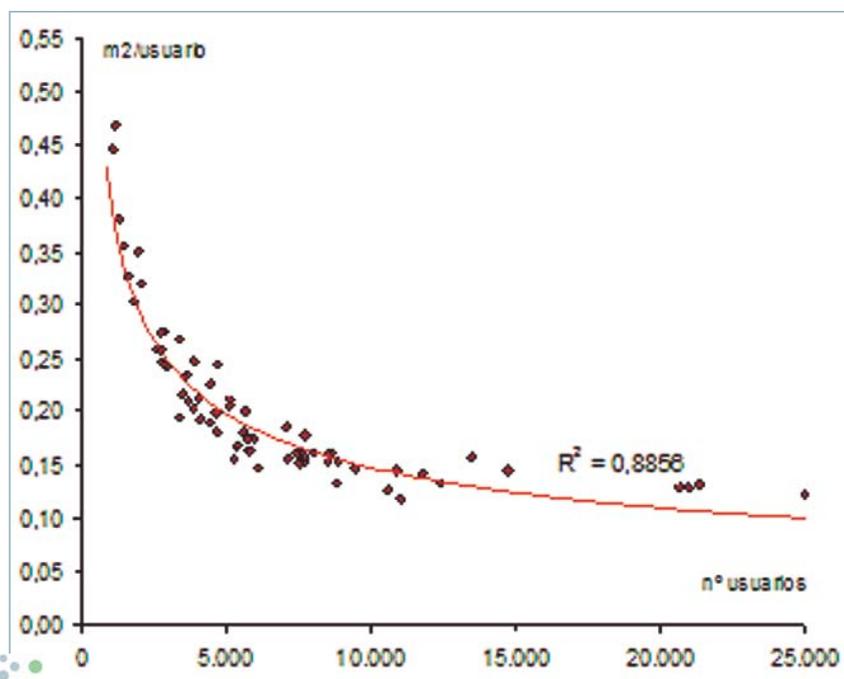
(5) Siendo Su la superficie construida por usuario, expresada en $m^2/usuario$ y Us el número de usuarios del Centro de Salud.

Se observa que a menor número de usuarios es necesario disponer de mayor espacio proporcional (24). El cociente entre la energía final consumida anualmente por el edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento y el número de usuarios se calcula según la ecuación 6.

$$E=C/Su$$

(6) Siendo E el consumo anual de energía final por usuario, C la energía final consumida anualmente por el edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento y Us el número de usuarios del

Centro de Salud.



La intensidad de uso indica la actividad del edificio en función del número de horas diarias que permanece operativo y es un parámetro propio de cada edificio.

Figura 4 Relación entre la superficie construida por usuario y el número de usuarios de un Centro de Salud.

En la figura 5 se ha representado el consumo anual de energía final de cada Centro de Salud y su número de usuarios. Se puede comprobar que existe correlación ($R^2=0,8834$) entre ambas variables según la ecuación 7.

$$C = 10,05Us + 23.980$$

(7) Siendo C el consumo anual de energía final del Centro de Salud, expresado en kWh año y Us el número de usuarios del mismo.

Adecuar la intensidad de uso puede suponer un ahorro de hasta el 8% del consumo energético anual, aunque para ello es fundamental que los edificios y sus instalaciones estén debidamente sectorizados en función de las zonas que funcionan de forma simultánea.

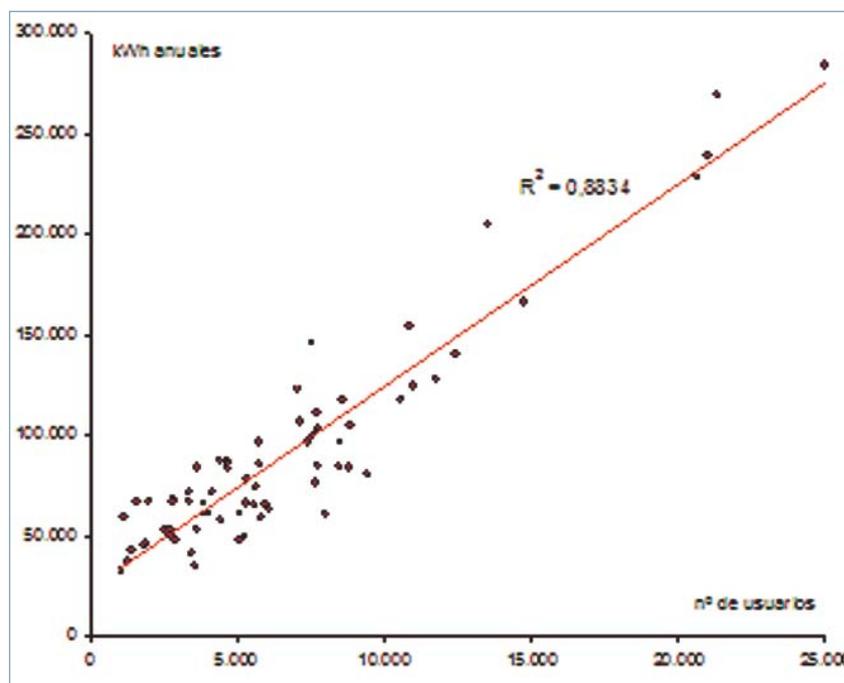


Figura 5: Relación entre el consumo de energía anual final y el número de usuarios de un Centro de Salud.

Existe una relación proporcional entre el número de usuarios del Centro de Salud y su tamaño

4. Conclusiones, Utilidad y Limitaciones

Se ha evidenciado que existe una relación proporcional entre el número de usuarios de un Centro de Salud, la superficie construida y su consumo energético, por lo que se debe referenciar los indicadores medioambientales del Centro de Salud en función del número de usuarios que lo utilizan.

El consumo energético anual disminuye en edificios bien gestionados y se realiza de forma más eficaz en edificios de pequeño tamaño que en grandes edificios de elevado número de usuarios. Sin embargo, conforme aumenta el tamaño, es posible diseñar instalaciones más eficaces, tanto desde el punto de vista de su rendimiento energético, como por la posibilidad de empleo de energías renovables, entendiendo los autores que estos resultados son extrapolables a otros Centros de Atención Primaria del Sistema Público Sanitario.

Se ha detectado que una gran parte del ahorro energético está directamente relacionado con la gestión diaria del edificio, sobre el que es posible actuar de manera directa por los trabajadores del mismo, por lo que es aconsejable concienciar a trabajadores y usuarios de la importancia del ahorro energético, mediante campañas de sensibilización y formación, y buscar el confort en el Centro de Salud mediante el uso racional de la energía. Los sistemas tecnológicos de climatización deben suplir las necesidades que no puedan ser solventadas por métodos naturales (25), jugando el diseño arquitectónico un papel fundamental para alcanzar este objetivo (26). Se ha demostrado que con una gestión adecuada del Centro de Salud, es posible un ahorro de hasta el 20% del consumo energético.

Para disminuir el impacto de la actividad asistencial en el medioambiente, es recomendable utilizar el consumo anual de energía final como indicador de calidad

asistencial de la gestión del Centro de Salud, ligada a incentivos en las retribuciones de los trabajadores mediante productividad variable. Para ello, previamente hay que fijar unos objetivos de gestión utilizando como indicador de eficiencia energética, el consumo anual de energía final del edificio.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Consejería de Sanidad y Dependencia de la Junta de Extremadura, al Servicio Extremeño de Salud, al Instituto Nacional de Gestión Sanitaria y a la Agencia Extremeña de la Energía, por la abundante información facilitada durante el desarrollo de este estudio.

Bibliografía

1. García Sanz-Calcedo J, Garrido S, Pérez C, López F. Gestión Energética en Servicios de Salud. Ingeniería Hospitalaria. 2007; 34: 31-8.
2. Intergovernmental Panel On Climate Change. The Fourth Assessment Report. Organización Meteorológica Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2007.
3. Vargas F, Gallego I. Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud. Revista Española de Salud Pública. 2005; 79: 2432-51.
4. Shu Y, Koichi I, Ryohei Y. Sensitivity analysis in structure optimization of energy supply systems for a hospital. Energy Conversion and Management. 2007; 48: 2836-43.
5. Sistema Nacional de Salud. Sistema de información de Atención Primaria. Informe resumen Actividad Asistencial Atención Primaria 2007 – 2008. Madrid (2009).
6. García Sanz-Calcedo, J.; Cuadros, F.; López, F. La auditoría energética: Una herramienta de gestión en Atención Primaria. Gaceta Sanitaria. 2011; 25:
7. García Sanz-Calcedo, J.; Cuadros, F.; López, F.; Ruiz, A. Eficiencia de una caldera de biomasa en un centro hospitalario. Aprovechamiento de huesos de aceitunas triturados para producción de calor. Dyna Ingeniería e Industria. 2011; 86-3:343-49.
8. Rey-Martínez F, Velasco-Gómez E. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. Thomson; 2006.
9. Junta de Extremadura. Plan de Salud de Extremadura 2009-2012. Consejería de Sanidad y Dependencia; 2009.
10. García Sanz-Calcedo J. Análisis sobre la sensibilidad energética y medioambiental de los parámetros funcionales en los Centros Salud de Extremadura. Universidad de Extremadura. 2009. 350 p.
11. Insalud. Metodología y Criterios para la Elaboración de Planes Directores de Hospitales. Dirección General del Instituto Nacional de la Salud. Madrid, 1988
12. García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. Eficiencia energética de los edificios sanitarios en función de sus parámetros funcionales. XIV International Congress on Project Engineering. Asociación Española de Ingeniería de Proyectos. Madrid. 2010.
13. Sartori I, Hestnes AG. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. Energy and Buildings. 2007; 39: 249-57.
14. Santamouris M. Natural Cooling Techniques In Proceedings of the Workshop on Passive Cooling. Joint Research Centre, Ispra. 1990; 12: 143-53.
15. Ministerio de la Vivienda. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. 2006.
16. López-Rodríguez F, García Sanz-Calcedo J, Pérez C, Ruiz A. Gestión Energética en Centros Sanitarios. El Médico. 2006; 997: 12-8.
17. García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. Análisis sobre la sensibilidad energética de los parámetros de diseño de los Centros Sanitarios. I Congreso Científico Internacional de Ingeniería. Tetuán, Marruecos. pp. 47-53. 2010.
18. Ferrer JL, Peral D. El Centro de Salud. Su evolución en Extremadura. Revista de Estudios Extremeños. Diputación Provincial de Badajoz. 2007; 63: 73-104.
19. Corretger M. Incidencia del mantenimiento en la gestión energética en los edificios. Ingeniería Hospitalaria. 2008; 39: 4-22.
20. Shohet IM. Building Evaluation Methodology for Setting Maintenance Priorities in Hospital Buildings. Construction Management and Economics. 2003; 21: 681-92.
21. Huang YL, McLaughlin CP. Relative efficiency in rural primary health care: an application of data en-

velopment analysis. Health Service Research. 1989; 24: 143-58.

22. Nieto A, Gurría JL. Análisis de la población de los programas de desarrollo rural en Extremadura mediante sistemas de información geográfica. Cuadernos Gráficos. 2005; 36: 479-95.

23. García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López-Rodríguez F, Ruiz A. Influence of the number of users on the energy efficiency of Health Centres. Energy and Buildings. 2011; 43-6:

24. Romero M. La eficiencia energética en edificios sanitarios de dimensiones reducidas. Todo hospital. 2009; 260: 613-20.

25. McCormick M, Shepley M. How Can Consumers Benefit from Therapeutic Environments?. Journal of Architectural and Planning Research. 2003; 20: 4-15.

26. López F, Cuadros F, Segador C, Ruiz A., García Sanz-Calcedo, J. Edificio PETER. Un ejemplo de construcción bioclimática y de integración de energías renovables. Dyna Ingeniería e Industria. 2011; 86-2: 212-21.

