

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS SANITARIOS EN FUNCION DE SUS PARÁMETROS FUNCIONALES

Justo García Sanz-Calcedo

Fernando López Rodríguez

Francisco Cuadros Blázquez

Universidad de Extremadura

Abstract

In this paper, we analyze the factors affecting the energy and environmental performance of the Health Centers, and their functional parameters, from the perspective of energy saving and efficiency. To this end, it proposes a set of energy indicators and establish benchmark equations and calculating ratios that allow economic, environmental and energy necessary to optimally design and manage costs.

Keywords: *Health Center; energetic management; energy efficiency*

Resumen

En el presente trabajo, se analizan los factores que afectan al comportamiento energético y medioambiental de los Centros Sanitarios, así como a sus parámetros funcionales, desde una perspectiva de ahorro y eficiencia energética. Para ello, se proponen una serie de indicadores energéticos y se establecen ecuaciones e índices de referencias que permiten calcular los ratios económicos, energéticos y medioambientales imprescindibles para optimizar el diseño y gestionar los costes.

Palabras clave: *Gestión energética en Centros Sanitarios; eficiencia energética*

1. Introducción

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía de España, IDAE, el sector de la edificación representa uno de los sectores con mayor incidencia en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, emisión en su mayor parte debida al elevado consumo energético. El consumo de energía final de este sector representa el 17% del consumo de energía final en España, correspondiendo un 10% al sector doméstico y un 7% al sector terciario. Si se considera que tanto la fabricación de los materiales, materia prima de la construcción, como el transporte de los mismos, suponen un 23% más de energía, se puede considerar que el consumo de energía final en el sector de la edificación es del orden del 40% sobre el total.

El incremento de consumo experimentado en el sector de la edificación pública en los últimos años, responde a una mejora generalizada de las condiciones de confort de los centros de trabajo, impulsado por una normativa cada vez más exigente en este sentido, así como a la poca motivación de los trabajadores en materia de ahorro y eficiencia energética y a la habitual falta de sensibilidad del diseño arquitectónico con estas tecnologías.

Aunque en los últimos años se han publicado multitud de estudios relacionados con diversa tipología de edificios, sistemáticamente se ha ido dejando de lado a un edificio singular, el Centro de Salud, edificio en el que se desarrollan las actividades propias de la Atención Primaria de Salud en los terrenos de la promoción, prevención, curación y rehabilitación de la salud a la población (Pritchard, 1990).

Se trata de una estructura sanitaria incardinada en el medio social del usuario, y por lo tanto, muy próxima al mismo, cuyas principales señas de identidad son la accesibilidad y la capacidad de resolución de los problemas de salud de la población a la que se atiende, desde una perspectiva de atención integral, que engloba aspectos preventivos, terapéuticos y rehabilitadores.

El Sistema Sanitario Público se ordena en demarcaciones territoriales denominadas áreas de salud, dentro de las cuales se dispone de las dotaciones necesarias para prestar atención sanitaria a la población que tiene asignada cada una. Para conseguir la máxima operatividad y eficacia en el funcionamiento de los servicios de atención primaria, las áreas de salud se dividen en zonas de salud, también denominadas zonas básicas de salud o zonas de salud (Junta Extremadura, 2009).

La zona de salud es el marco territorial y poblacional de la atención primaria, donde se recibe la prestación sanitaria mediante acceso directo de la población y en el que se proporciona una atención continuada, integral y permanente, a través de los profesionales integrantes del equipo de atención primaria. Constituye una demarcación sanitaria única, que engloba los diferentes núcleos poblacionales asignados a cada equipo y dispone de una cabecera, en la que se ubica un Centro de Salud, estructura física y funcional que da soporte a las actividades comunes de los profesionales del equipo de atención primaria y una serie de consultorios médicos locales, donde se presta asistencia sanitaria primaria a los usuarios de una zona de básica de salud, en poblaciones distintas a la de cabecera.

Así pues, cualquier medida de mejora de la eficiencia energética de un Centro de Salud, debe tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno interior y la relación coste-eficacia, y no debe contravenir otros requisitos esenciales aplicables a este tipo de edificios, tales como la accesibilidad, la seguridad y la fiabilidad de sus instalaciones.

2. Objetivos

El objetivo de éste trabajo ha sido analizar los factores que afectan al comportamiento energético y medioambiental de los Centros Sanitarios, así como a sus parámetros funcionales, desde una perspectiva de ahorro y eficiencia energética.

Para ello, se proponen una serie de indicadores energéticos y se establecen ecuaciones e índices de referencias que permiten calcular los ratios económicos, energéticos y medioambientales imprescindibles para optimizar el diseño y gestionar los costes.

Los procedimientos para medir la eficiencia energética y medioambiental de edificios del sector terciario, basados tanto en cálculos a mano como en complejos programas informáticos, evalúan la eficacia mediante índices basados en el consumo de energía referidos a la unidad de superficie, construida o útil, de un edificio. Este sistema de

evaluación induce a errores, pues considera un uso similar en todos los edificios y en ningún momento se tiene en cuenta otras consideraciones.

3. Metodología

Para el desarrollo de éste trabajo, se han analizado desde la perspectiva energética y medioambiental 70 Centros de Salud pertenecientes a ocho Áreas Sanitarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura (España), investigando los parámetros funcionales que tienen una mayor influencia en la gestión diaria de los edificios, al mismo tiempo que se ha comprobado mediante técnicas matemáticas de análisis de sensibilidad, las relaciones empíricas entre los indicadores energéticos y los parámetros funcionales, estableciendo mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) la influencia de otros factores relacionados con el emplazamiento.

Tras un detallado análisis de la situación energética y medioambiental de los Centros de Salud de Extremadura (España), y tras establecer unos criterios generales de diseño, se ha analizado la sensibilidad energética y medioambiental de los parámetros funcionales en los mismos, teniendo en cuenta las peculiaridades sanitarias de éstas tipologías constructivas, proponiendo indicadores energéticos y medioambientales, basados en el número de usuarios que hacen uso de cada Centro de Salud.

Para poder comparar las variables energéticas de diferentes edificios, se ha procedido a identificar los consumos finales de energía eléctrica, así como los correspondientes a consumo de otros tipos de combustibles, tales como gasóleos y gas natural. Una vez identificados estos consumos, correspondientes a los años 2006 y 2007, se ha calculado el consumo medio anual, la media aritmética de los consumos de ambos años, tanto de energía eléctrica, como de combustible para calefacción.

Para calcular el consumo energético final del Centro de Salud, se ha transformado el consumo energético correspondiente de energía térmica a energía eléctrica; para ello, se ha establecido una correspondencia en función del Coeficiente de Operación (COP) de la Bomba de Calor, que suponemos un valor de 2,6 (Rey, 2006). De ésta forma, se puede calcular el consumo energético final de cada edificio, en kWh eléctricos, referido en todos los casos a un periodo de tiempo de un año.

Para poder contrastar resultados y extraer conclusiones, se ha procedido a normalizar el consumo energético anual de los Centros de Salud de la muestra en función del tamaño real del mismo, habida cuenta que se ha detectado que gran parte del parque de edificios sanitarios de Extremadura o está sobredimensionado o infradimensionado (García Sanz-Calcedo, 2009).

Posteriormente, se ha efectuado un análisis de sensibilidad, examinando cómo el cambio de una o varias variables afecta al resultado, como primer paso para reconocer la incertidumbre, identificando las variables más críticas y construyendo escenarios posibles que permitan analizar el comportamiento de un resultado bajo diferentes supuestos, comprobándose mediante técnicas matemáticas de análisis de sensibilidad las relaciones empíricas entre los indicadores energéticos y los parámetros funcionales, y comprobando mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) la posible influencia de aquellos factores relacionados con la ubicación geográfica.

La utilización de esta técnica permite identificar sobre qué parámetros y variables se debe dedicar más esfuerzo, tanto en el procedimiento de planificación de un edificio sanitario, como en el proceso de diseño y gestión del mismo.

3.1. Número de usuarios de un Centro de Salud

En un Centro de Salud se pueden distinguir dos tipos de usuarios perfectamente diferenciados: Por un lado, los usuarios correspondientes a la población en la que está ubicado en el edificio, que utilizan todos los servicios del mismo y, por otro lado, los usuarios perteneciente a la Zona Básica de Salud de referencia; estos últimos utilizan todos los servicios del Centro de Salud, excepto las consultas de medicina general en horario diurno, que las realizan en su población de residencia, siendo el médico y el enfermero los que se traslada al Consultorio Médico ubicado en ésta (Huang, 1989).

Se consideran unidades de apoyo, aquellas unidades que de forma independiente y contando con recursos humanos y técnico-asistenciales propios, prestan una asistencia sociosanitaria a una población de referencia en el Centro Sanitario, y que entre otras, son Radiología, Fisioterapia, Salud Mental, el Centro de Orientación y Planificación Familiar y el Centro de Atención a la Drogodependencia.

Para determinar cuál es el número real de usuarios de un Centro de Salud, se ha realizado un estudio sobre la demanda asistencial en cada uno de ellos, que se ha cotejado con los datos históricos disponibles en los archivos y fuentes documentales del sistema de información sanitaria del Servicio Extremeño de Salud.

Se ha comprobado que el número de usuarios es un parámetro cierto, que prácticamente se mantiene constante durante toda la vida útil del edificio, debido al nulo crecimiento vegetativo de la población en las zonas rurales en Extremadura (Nieto, 2005), por lo que se puede utilizar como referencia para dimensionar el Centro de Salud.

Por otro lado, en base al análisis de los parámetros funcionales y de los datos históricos disponibles en los archivos y fuentes documentales, se ha comprobado que el número real de usuarios de los Centros de Salud, depende de tres variables: El número de habitantes de la población cabecera, el número de usuarios de la Zona Básica de Salud y el número de unidades de apoyo del Centro de Salud. En el desarrollo de la investigación, se ha comprobado que existe una relación proporcional entre las anteriores variables, demostrando de forma empírica que responden a la ecuación:

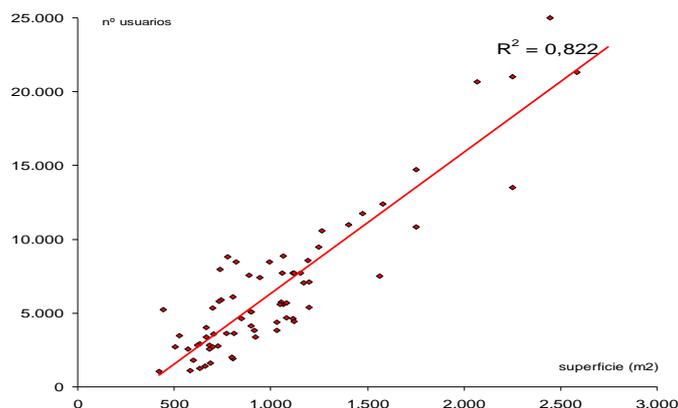
$$U_s = (P_B + (0,07AP + 0,5)(P_{ZBS} - P_B)) \quad (1)$$

Siendo U_s el número real de usuarios, P_B el número de habitantes censados en la localidad de cabecera, AP el número de unidades de apoyo del Centro de Salud, y P_{ZBS} el número de habitantes de la Zona Básica de Salud.

3.2. Dimensionado del Centro de Salud en función del número de usuarios

En estudios relacionados con la eficiencia energética y medioambiental de Centros de Salud, se ha demostrado que existe una relación proporcional entre el número de usuarios del Centro de Salud y su tamaño (García Sanz-Calcedo, 2007).

Para comprobar si en el caso de estudio esto es así, se ha representado gráficamente el número de usuarios reales de y la superficie construida de cada edificio, utilizando para ello un diagrama de dispersión que se observa en la figura 1.

Figura 1: Relación entre el número de usuarios y la superficie construida

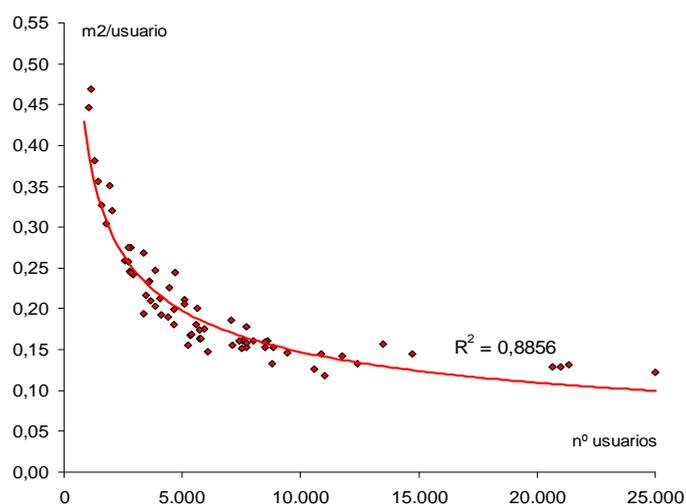
Nota: Los valores de la regresión corresponden al análisis efectuado en 70 Centros de Salud de Extremadura

Para comprobar si hay una ecuación que relacione las anteriores variables, se han utilizado herramientas informáticas de proceso de datos para calcular y trazar la recta de regresión, que con una R^2 de 0,822, responde a la ecuación:

$$y = 9,58 U_s - 3.260 \quad (2)$$

Para detectar si existe alguna relación entre la ratio superficie construida por usuario y el número de usuarios del Centro de Salud, se ha procedido a representar ambos parámetros en el diagrama de dispersión mostrado en la figura 2, en la que se identifica la existencia de correlación entre los datos extraídos de los Centros de Salud de la muestra analizada, respondiendo a una curva de tipo exponencial de ecuación:

$$y = 7,48 U_s^{-0,426} \quad (3)$$

Figura 2: Relación entre el ratio m^2 /usuario y el número de usuarios

Nota: Los valores de la regresión corresponden al análisis efectuado en 70 Centros de Salud de Extremadura

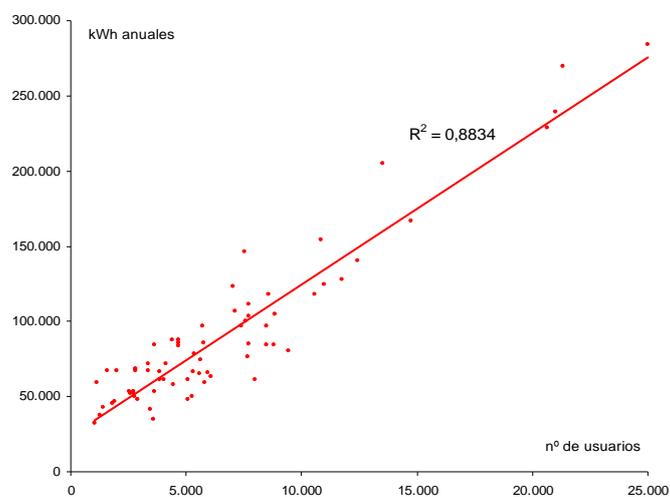
La muestra presenta una $R^2 = 0,8856$, y se observa que a menor número de usuarios es necesario disponer de más espacio por cada uno de ellos. Esto es debido a que hay ciertas

unidades asistenciales que tienen una superficie mínima independiente del número de usuarios, siendo los Centros de Salud de inferior número de usuarios los que presentan un mayor ratio.

3.3. Relación entre consumo energético anual y el número de usuarios

El cociente entre la energía final consumida anualmente por el edificio en condiciones normales, tanto climáticas como de ocupación y funcionamiento y el número de usuarios, es un indicador energético que se puede utilizar para comparar la eficiencia energética y que, como se puede observar en la figura 3, tiene una gran correlación en los Centros de Salud analizados en la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Figura 3: Relación entre consumo energético anual y el número de usuarios

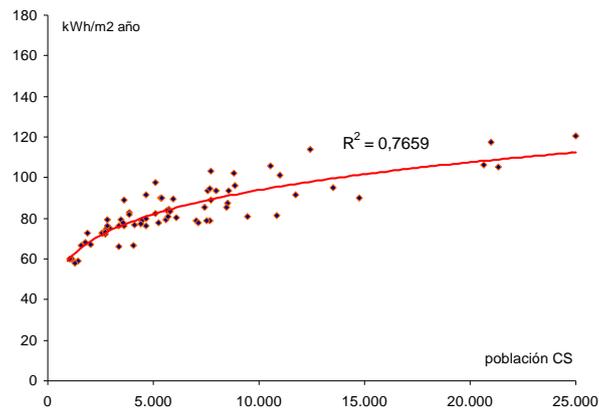


Nota: Los valores de la regresión corresponden al análisis efectuado en 70 Centros de Salud de Extremadura

Esta relación indica que, al menos desde el punto de vista del consumo de energía final, es factible utilizar como variable independiente el número de usuarios a los que se presta atención sanitaria en las instalaciones de un Centro de Salud.

3.4. Relación entre consumo energético por unidad de superficie y número de usuarios

La relación entre el consumo anual de energía por unidad de superficie, medida en kWh/m² y el número de usuarios de cada Centro de Salud se puede observar en la figura 4, en la que se comprueba que existe una tendencia a incrementarse el consumo de energía por unidad de superficie al aumentar el número de usuarios.

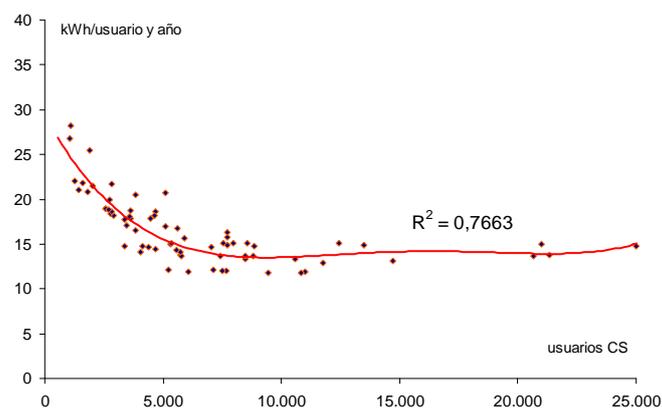
Figura 4: Relación entre consumo por unidad de superficie y nº de usuarios

Nota: Los valores de la regresión corresponden al análisis efectuado en 70 Centros de Salud de Extremadura

Sin embargo, a partir de 7.000 usuarios aproximadamente, la tendencia se transforma prácticamente en una relación lineal. Esto es debido a que cuanto mayor es la población, el número de médicos y enfermeros es superior, lo que redunda en un mejor reparto de los usuarios por cada facultativo (López, 2006).

3.5. Relación entre consumo energético por usuario y número de usuarios

Para identificar si existe una relación proporcional entre el consumo anual de energía primaria por usuario (kWh/usuario) y el número de usuarios de cada Centro de Salud, se ha interrelacionado ambas variables, como se puede observar en el diagrama de dispersión mostrado en la figura 5.

Figura 5: Relación entre el consumo energético por usuario y el número de usuarios

Nota: Los valores de la regresión corresponden al análisis efectuado en 70 Centros de Salud de Extremadura

Se observa que existe correlación ($R^2 = 0,7663$) entre ambos parámetros, por lo que se ha procedido a calcular la curva que responde al ajuste, de tipo potencial, que responde a la ecuación:

$$y = 2.857,2 x^{-0,5886} \quad (4)$$

Del análisis del gráfico anterior, se deduce que los Centros de Salud de población inferior a los 5.000 usuarios, tienen un índice de eficiencia energética anual por usuario que crece de manera exponencial hasta límites insostenibles.

4. Resultados

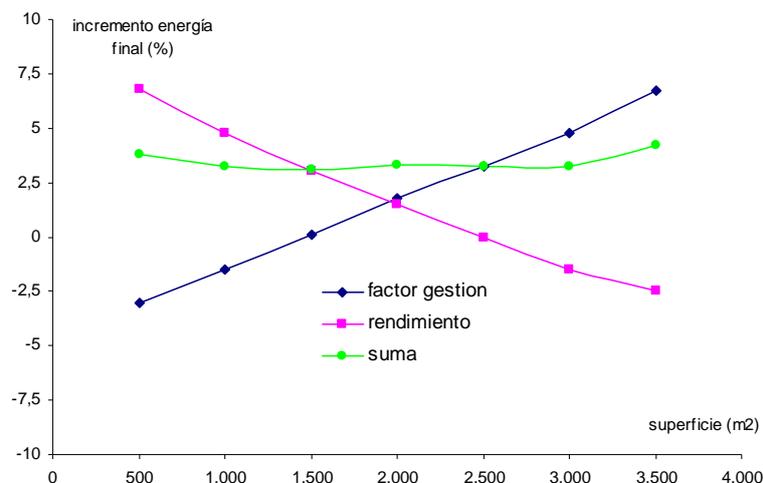
Se ha comprobado que un Centro de Salud eficiente puede llegar a consumir un 20% menos de energía con respecto a otro que no lo es, aún cumpliendo este último con el Código Técnico de la Edificación de España (Romero, 2009), debido fundamentalmente a las condiciones de uso, siendo pues el control sobre los factores de uso y gestión, el elemento imprescindible para garantizar la eficiencia del edificio.

Para ello es posible utilizar un parámetro adimensional denominado factor de gestión, propio de cada edificio sanitario, calculado de forma experimental, que indica el grado de compromiso con la gestión energética, que tienen los trabajadores y los gestores del Centro de Salud para con el edificio. Se le asigna valores entre 0,80 y 1,00, del tipo de implicación de sus usuarios en la gestión energética y medioambiental del mismo. Es decir, un factor de gestión de 1,00 significaría un grado de implicación total del equipo de atención primaria con las estrategias de eficiencia energética, mientras que un factor de 0,80 implicaría una nula sensibilidad en materia de ahorro energético.

Para calcular el factor de gestión de cada Centro de Salud, se ha identificado en cada edificio el horario de encendido y apagado del sistema de climatización, la asignación de esta responsabilidad en el personal del Centro y el grado de implicación de los trabajadores en tareas de ahorro y eficiencia energética (García Sanz-Calcedo, 2010).

Por otra parte se ha comprobado que el rendimiento de las instalaciones está indirectamente relacionado con el número de usuarios que utilizan el Centro de Salud, pues como se demostró en el apartado 3.2, la superficie construida es directamente proporcional al número de usuarios. Como se puede observar en la figura 6, el rendimiento de las instalaciones aumenta conforme aumenta la superficie del edificio, ya que es posible instalar en edificios de mayor superficie, equipos e instalaciones de mayor rendimiento, equipos de recuperación de calor,...sin incrementar sustancialmente la inversión inicial.

Figura 6: Relación entre el incremento del consumo energético y la superficie



Sin embargo, al aumentar el número de usuarios es más difícil mantener un factor de gestión aceptable, debido a que el número de profesionales que hay que concienciar y sensibilizar en materia energética y medioambiental es superior. Así la función de liderazgo en esta materia se diluye sustancialmente, pues en este tipo de edificio no existe un puesto de Director de Centro, sino la figura de Coordinador del mismo, que actúa casi exclusivamente como responsable asistencial, y que no tiene responsabilidad sobre los costes operacionales del edificio.

También se ha observado que en todos los Centros de Atención Primaria se puede mejorar la eficiencia energética gestionando adecuadamente los parámetros operativos de los edificios; esto es, actuando sobre el horario de encendido y apagado de los equipos instalados, manteniendo la estanqueidad del edificio, utilizando adecuadamente la iluminación artificial, evitando las estufas y otros receptores eléctricos que tan profusamente se colocan en las dependencias de los edificios públicos, a veces necesarias al disponer de instalaciones de calefacción que estratifican el calor inadecuadamente en las mismas, evitando el apagado de los receptores eléctricos mediante la función de "stand-by" que genera un derroche energético extra,...

El confort térmico, uno de los condicionantes necesarios para el confort, debería conseguirse mediante el uso racional de la energía; así pues el edificio debería ser lo más confortable posible durante todo el año, minimizando los consumos auxiliares de energía, quedando los sistemas tecnológicos de climatización para suplir las necesidades que no puedan ser solventadas por métodos naturales (Shohet, 2003), jugando el diseño arquitectónico un papel fundamental para alcanzar este objetivo. Para eso, el diseño debe seguir los principios básicos de las técnicas bioclimáticas, eligiendo cada material utilizado desde la perspectiva de su ciclo de vida.

La envolvente exterior del Centro de Salud, compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior, (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables, con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior, puede servir como elemento diferenciador y condiciona e influye en la eficiencia energética y medioambiental del Centro de Salud.

Por otro lado, el mantenimiento es la herramienta imprescindible en los Centros de Salud para garantizar las condiciones de diseño, sobre todo en lo referente a gestión del gasto energético. La importancia de la gestión del mantenimiento deriva de la problemática del deterioro de los equipos y de las consecuencias que conlleva este deterioro en cuanto a la fiabilidad de las instalaciones medico-asistenciales, afectando a la seguridad de los usuarios y del edificio. Así, en relación a la eficiencia energética, hay que hacer especial hincapié en el caso de averías energéticas, es decir, equipos que consume más energía que la que se indica en sus condiciones normales de funcionamiento y diseño

5. Conclusiones

El reconocimiento de la importancia del Centro de Salud, como agente consumidor de energía durante su vida operativa y un diseño bioclimático permite una reducción en la potencia y tamaño de la instalación de iluminación, climatización y ventilación, reducción que admite sistemas de energías renovables de menor tamaño y, por ello, económicamente abordables. El empleo de sistemas de producción térmica energéticamente eficientes, la implementación de planes de mantenimiento para las instalaciones, junto con la introducción de técnicas de gestión que permitan un uso racional de la energía consumida en el edificio permitirían alcanzar, a costes razonables de actuación, un ahorro energético superior al 30% respecto a las construcciones actuales.

Mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de los parámetros energéticos del Centro de Salud, se ha comprobado que la utilización como indicador energético principal del consumo anual de energía por unidad de superficie, es válido para analizar la eficiencia energética en los Centros de Salud existentes, pero en la construcción de nuevos edificios, estos deben dimensionarse en función del número de usuarios que realmente los utilice.

La utilización como indicador de eficiencia energética del consumo anual de energía final por usuario permite limitar el gasto energético por edificio en fase de diseño.

Referencias

- García Sanz-Calcedo, J.; Garrido, S.; Pérez, C. & López, F. (2007). *Gestión Energética en Servicios de Salud*. Revista Ingeniería Hospitalaria nº 34. pp. 31-38
- García Sanz-Calcedo, J. (2009). *Análisis sobre la sensibilidad energética y medioambiental de los parámetros funcionales en los Centros Salud de Extremadura*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- García Sanz-Calcedo, J.; Cuadros, F. & López, F. (2010). 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
- Huang Y.L. & McLaughlin, C.P. (1989). *Relative efficiency in rural primary health care: an application of data envelopment analysis*. Health Service Research, 24, pp. 143-158
- Junta de Extremadura (2009). *Plan de Salud de Extremadura 2009-2012*. Consejería de Sanidad y Dependencia
- López-Rodríguez, F.; García Sanz-Calcedo, J.; Pérez, C. & Ruiz, A.; (2006). *Gestión Energética en Centros Sanitarios*. Revista El Médico nº 997. pp. 12-18
- Nieto, A. & Gurria, J.L. (2005). *Análisis de la población de los programas de desarrollo rural en Extremadura mediante sistemas de información geográfica*. Universidad de Granada. Cuadernos Gráficos nº 36. pp. 479-495.
- Pritchard, P.; Low, K. & Whalen, M. (1990). *Management in General Practice*. Instituto Nacional de la Salud. Ministerio de Sanidad y Consumo. España
- Rey Martínez, F. & Velasco Gomez, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas*. Thomson.
- Romero, M. (2009). *La eficiencia energética en edificios sanitarios de dimensiones reducidas* Todo hospital nº 260 pp. 613-620
- Shohet, I.M. (2003). *Building Evaluation Methodology for Setting Maintenance Priorities in Hospital Buildings*. Construction Management and Economics, 21, pp. 681-692.

Correspondencia (Para más información):

Justo García Sanz-Calcedo
E-mail : jgsanz@unex.es
URL: www.unex.es