

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ARQUITECTURA HOSPITALARIA EN ESPAÑA RETOS Y POSIBILIDADES

*Flavio Celis (flavio.celis@uah.es); Ernesto Echeverría (ernesto.echeverria@uah.es);
Fernando da Casa (fernando.casa@uah.es); Pilar Chías (pilar.chias@uah.es); Patricia
Domínguez (interpatridg@gmail.com)*

Universidad de Alcalá (UAH) - España

Palabras clave: hospitales, arquitectura, eficiencia energética.

Los hospitales representan en la actualidad una de las mayores inversiones de las administraciones públicas, tanto por el coste unitario de inversión como por su coste de mantenimiento a largo plazo. Además, son uno de los indicativos de la calidad de vida y asistencial de un país, lo que trasciende su componente arquitectónica como problema técnico y lo traslada a ámbitos propios de estrategia de desarrollo socio-económico de país. Actualmente, la arquitectura hospitalaria se ha convertido en una especialización muy compleja donde se gestionan múltiples interrelaciones que abarcan desde lo funcional hasta lo icónico y donde las cuestiones de sostenibilidad se han convertido en aspectos ineludibles de su praxis. Sin embargo, una gran parte del parque hospitalario español está constituido por gigantescos complejos construidos en épocas pasadas, donde las cuestiones de eficiencia energética y sostenibilidad no eran tenidas en cuenta. Sus costos de mantenimiento son elevados y su gestión energética ineficiente. El estudio de su problemática, la evaluación de sus pérdidas y la viabilidad de las actuaciones de mejora de su eficiencia, son los principales aspectos desarrollados en la presente ponencia, y forman parte de un estudio más amplio sobre las posibilidades de mejoras en la arquitectura hospitalaria española.

1. INTRODUCCIÓN:

Aunque existían antecedentes de estructuras hospitalarias importantes en la España de principios del siglo XX, como el Hospital Clínico de Madrid (1928), del arquitecto Sánchez Arcas, no es hasta los años '60 cuando se desarrollan las grandes infraestructuras hospitalarias de modo generalizado. A partir de dichos años, los hospitales se convirtieron en una de las políticas estrellas del régimen durante la época del desarrollismo español, coincidiendo con el despegue económico, la masiva migración del campo a la ciudad y la extensión de la cobertura sanitaria a la mayor parte de la población. Poniendo como ejemplo la ciudad de Madrid, en el año 1964 se construyen los hospitales de La Paz y Puerta de Hierro, en el año 1973 el hospital 12 de Octubre y en el año 1977 el Hospital Ramón y Cajal. Desarrollados según la nueva tipología de ciudad hospitalaria, se ubican estratégicamente en la periferia de las ciudades, para dar servicio a cada uno de sus sectores, adscribiendo cada ciudadano a un hospital de referencia cercano a su domicilio (Pieltaín, 2003).

Arquitectónicamente, la tipología de estos hospitales suele estar determinada por un sistema de pabellones interconectados en donde se ubican múltiples usos, desde los ambulatorios hasta los propiamente hospitalarios en sus diversas especialidades, y tienen como referencia las arquitecturas hospitalarias europeas del momento (que a su vez, habían asumido el modelo de hospital norteamericano). Se trata en su mayor parte de edificios que asumen el concepto de modernidad desde su acepción más funcionalista, y que se resuelven mediante cajas o pastillas que, a partir de los núcleos centrales de comunicación, solventan los problemas de distribución mediante un pasillo central que da acceso a las

distintas dependencias, con los espacios más especializados (consultas, diagnóstico, quirófanos) en las plantas bajas, y que resuelven la hospitalización mediante en una repetición tipológica de plantas en altura. Se trata de hospitales con una dotación muy elevada de camas, de entre 800 y 1200, y con superficies (sumando todos los servicios del centro) entorno a las 200.000 m².

A partir de los años '80, los avances tecnológicos que permiten tiempos menores de hospitalización y la importancia que adquiere la medicina preventiva y ambulatoria, hacen que paulatinamente se abandonen los grandes proyectos hospitalarios en favor de una mayor cobertura geográfica proporcionada por unidades ambulatorias y centros de salud primaria. Aún así, se siguen construyendo complejos hospitalarios relevantes, sobre todo en los núcleos urbanos periféricos situados en torno a las grandes urbes (Madrid, Barcelona), de rápido crecimiento demográfico. Un ejemplo es el Hospital Universitario Príncipe de Asturias, en la ciudad de Alcalá de Henares, iniciado en 1981, y que debía dar servicio a todo el corredor Este de Madrid, compuesto por varias ciudades cuya demanda sanitaria colapsaba los grandes hospitales de la capital. En todo caso, estos hospitales ya cuentan con una dotación inferior de camas y menor superficie (en el caso del Príncipe de Asturias, 600 camas y 59.000 m²).

A partir del 2000, la descentralización de las competencias sanitarias modifica la política de infraestructuras hospitalarias, donde se opta por desarrollar paralelamente dos vías complementarias. Por una parte, se continúa con la construcción de dotaciones hospitalarias en áreas infradotadas, pero de menor envergadura, hospitales pequeños de un máximo de 300 camas, más eficientes, y por otra parte, se inicia una política de reestructuración integral de los grandes conjuntos hospitalarios, ya muy obsoletos, que implican incluso la demolición total o parcial de alguno de ellos (Hospital Puerta de Hierro en Madrid o Valdecilla en Santander). En todo caso, esta última operación, dada la importancia y el servicio que aún continúan prestando estos grandes hospitales, es una labor compleja y temporalmente muy dilatada, ya que muchas de estas intervenciones tiene que realizarse con la infraestructura en servicio, o esperar a construir nuevas infraestructuras para eliminar las más antiguas (véase por ejemplo el caso de Madrid y la maternidad de O' Donell).

De entre los múltiples problemas que presentan estas arquitecturas obsoletas (instalaciones ineficientes, falta de adecuación a las normativas técnicas y constructivas actuales, falta de adecuación a las normativas de seguridad, evacuación o incendios, mala señalización, habitabilidad deficiente..) uno de los problemas de mayor trascendencia es el elevado consumo energético, a causa de una triple combinación de factores: una arquitectura proyectada sin una adecuación al clima local, una ejecución constructiva deficiente en relación a la conservación de la energía y unas instalaciones obsoletas .

2. PROBLEMÁTICA, ANÁLISIS Y OBJETIVOS:

2.1. Condiciones generales de gasto energético en el sector sanitario:

El parque hospitalario español supone un 2% del gasto en luz, agua y gas que se produce en España (IDAE, 2018).

Comparando con el consumo total nacional en Ktep, (el tep, toe en inglés, es una unidad de energía definida como Tonelada Equivalente de Petróleo; su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, teniendo un valor convencional de 11.630 kWh.), se observa que, en el año 2016, el consumo energético de los hospitales ascendía al 1,30% del consumo total nacional (Tabla 1).

Con respecto al consumo nacional, puede observarse que la evolución del gasto ha coincidido prácticamente con el desarrollo del ciclo económico. Durante los peores años de la crisis, del 2007 al 2013, el gasto prácticamente se ha estancado. Esto tiene que ver con los ajustes

económicos y presupuestarios en sanidad, que supusieron una disminución del personal sanitario, el cierre de algunas unidades y la disminución de camas efectivas, especialmente en los centros de mayor tamaño, los más ineficientes (Bohigas, 2016).

Tabla 1. Comparación entre el consumo energético hospitalario y el consumo energético nacional.

| | Consumo hospitales [ktep] | Consumo nacional [ktep] | % con respecto al consumo nacional |
|------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 2007 | 557,80 | 97985,79 | 0,57 |
| 2008 | 596,10 | 94510,02 | 0,63 |
| 2009 | 623,40 | 87619,98 | 0,71 |
| 2010 | 572,10 | 89007,17 | 0,64 |
| 2011 | 553,60 | 86503,84 | 0,64 |
| 2012 | Sin datos | 83013,94 | Sin datos |
| 2013 | Sin datos | 80468,31 | Sin datos |
| 2014 | 608,24 | 79059,63 | 0,77 |
| 2015 | 929,50 | 80231,68 | 1,16 |
| 2016 | 1067,01 | 82333,50 | 1,30 |

Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

La mejora de la situación económica a partir de 2013, con la puesta en marcha de nuevas infraestructuras, y la recuperación de algunas prestaciones perdidas, ha significado un aumento del gasto energético en términos absolutos, pero también en términos relativos (Figura 1). Esto es explicable por la disminución del gasto en mantenimiento y mejora de infraestructuras durante los años de la crisis, lo que aumenta la ineficacia de los sistemas y conlleva mayores pérdidas de energía, que se suplen con un mayor consumo para climatización, al que hay que sumar los aumentos naturales de consumo derivados de la tecnificación sanitaria.

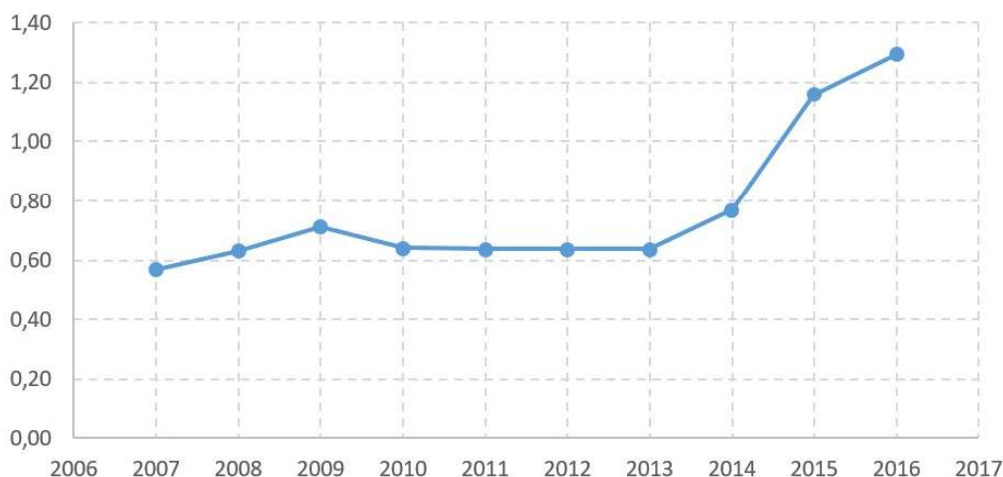


Figura 1. Evolución del % del consumo energético hospitalario. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Estos consumos finales se dividen en consumos para uso térmico y para uso eléctrico (IDAE, 2018), aunque no se discrimina que parte del uso eléctrico puede haber sido destinado para climatización, iluminación o equipos (Figura 2).

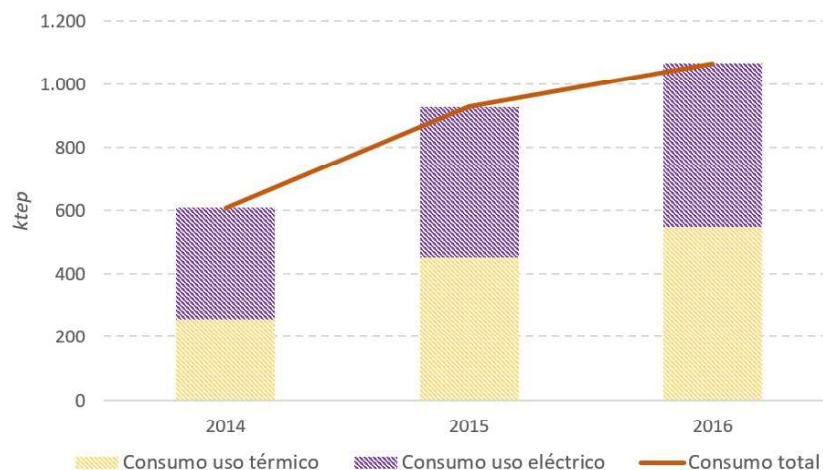


Figura 2. Consumo de energía final en hospitales españoles. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IDAE.

Para visualizar el impacto medioambiental de estas cifras, se puede observar su equivalencia en emisiones de CO₂ según los indicadores del INE. En este caso, al igual en el caso del consumo, se observa la disminución paulatina durante los años de la crisis, y la recuperación de las emisiones a partir de 2014 (Figura 3). Las diferencias cuantitativas entre los datos del INE y del IDAE se deben a que el primero considera "actividades sanitarias" a todo el conjunto de las mismas, y no sólo las hospitalarias, como en el caso del IDAE. De todas formas, ambos indicadores marcan una tendencia común, el aumento anual del consumo a partir de 2014, una vez superados los peores años de la crisis.

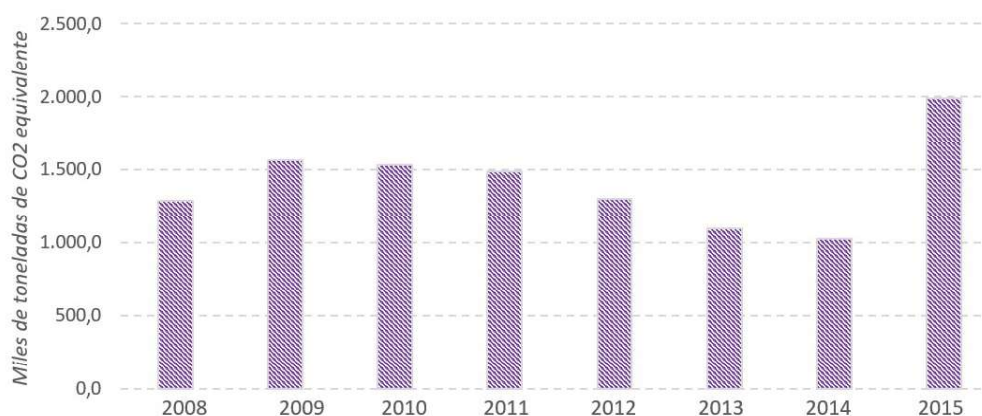


Figura 3. Emisiones a la atmósfera de CO₂ de las actividades sanitarias. Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

Dentro del marco europeo existen otros indicadores de interés que relacionan los consumos energéticos con factores económicos, como la intensidad energética y los consumos unitarios. La intensidad energética sería la relación entre el consumo (ktep) y la unidad de PIB, y es por tanto un indicador de la eficiencia energética de una economía.

En el caso del sector servicios, una unidad de interés sería el consumo unitario, que relaciona el consumo de energía por empleado, que se expresa en kep/emp (o kWh/emp si refiere sólo a consumos eléctricos). Para tener una comparativa más gráfica de la evolución de este indicador, se puede observar la diferencia de tendencia entre el consumo del Sector Sanidad y el consumo del Sector Oficinas (Figura 4).



Figura 4. Comparación del consumo unitario en Sanidad y oficinas. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Aunque ambos sectores (Oficinas y Sanidad) se han visto afectados por la coyuntura económica, se puede observar que en el Sector Oficinas se ha mejorado notablemente el consumo unitario, mientras que en el Sector Sanidad se ha disparado. Según los análisis del MINCOTUR (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo), “El sector servicios mantendrá su crecimiento tanto en actividad como en consumo energético. (...) el mayor aumento de actividad provendrá de subsectores significativamente intensivos en consumo eléctrico, en particular los relacionados con la informática y las telecomunicaciones. Por tanto, es en este sector donde se detecta un mayor potencial de mejora de eficiencia en el equipamiento eléctrico en oficinas (ofimática y climatización) y en otros edificios del sector terciario (hoteles, hospitales, etc.)” Además, en ambos sectores se está implementando un extensivo uso de equipos tecnológicos, con el consecuente aumento del consumo energético, pero se observa que el Sector Oficinas le lleva mucha ventaja en eficiencia energética al Sector Sanidad, seguramente por el hecho de que la renovación de instalaciones y la mejora de las condiciones de habitabilidad y eficiencia en los edificios de oficinas tiene un ritmo más dinámico y acelerado que en el sector sanitario.

2.2. Condiciones particulares de gasto energético en el sector sanitario:

De las condiciones generales de gasto energético sanitario se deriva que existe en la actualidad un preocupante problema de ineficiencia energética generalizado. Sin embargo, dicho problema se concentra fundamentalmente en los edificios del siglo XX, y especialmente en aquellos construidos durante las décadas de los '60 y '70, que son aquellos realizados en épocas donde no existían exigencias normativas en cuanto al ahorro energético, y en menor medida en los realizados en los años '80 y '90 (Prieto, 2017).

España tiene un total de 788 hospitales, que suman 157.665 camas. De este stock hospitalario, 323 hospitales son de titularidad pública y dan un servicio de 105.239 camas.

Habitualmente, el tamaño de los hospitales se mide en función del número de camas. Así, se observa que el 72% de los hospitales tienen menos de 200 camas, mientras que los grandes complejos hospitalarios (de más de 1000 camas) suponen tan sólo un 2% del total. Los tamaños intermedios se corresponden con un 7% de hospitales de 200 a 500 camas y un 19% de hospitales de 500 a 1000 camas.

El número de camas es clave en el estudio energético de los edificios hospitalarios. El valor de referencia se expresa en kWh/cama. Según datos de 2011 (Gómez, 2017), se observa que el consumo unitario (en kWh/cama) es mayor en hospitales muy grandes, con más de 1000 camas, y pequeños, con menos de 100 camas (Figura 5).

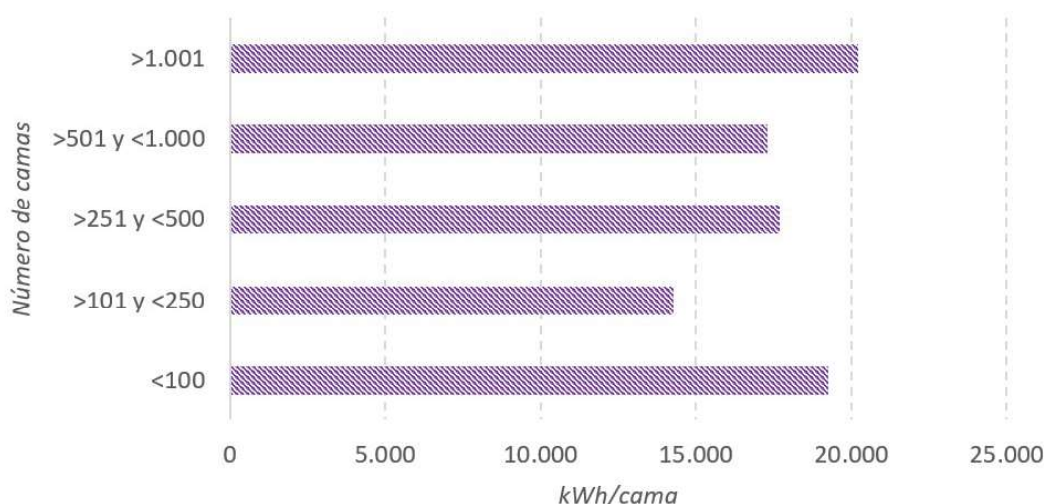


Figura 5. Coste unitario de energía eléctrica por cama (Kwh/cama) en función del tamaño de hospital.
Fuente: elaboración propia a partir de datos del 2011 obtenidos de la Mesa de Sostenibilidad Energética en el Sector Sanitario (Gómez, 2017).

Si al coste unitario por cama se suma el consumo eléctrico de los equipos médicos, como media, el consumo unitario en hospitales de titularidad pública (dato de 2011) sube a 20.209 kWh/cama (Gómez 2017). Este será el valor de referencia para realizar los estudios comparativos en los distintos casos de estudio. Es interesante notar que, en el mismo estudio, en hospitales de titularidad privada el consumo unitario medio es de 11.216 kWh/cama.

Para poder contextualizar la escala del valor de referencia, se propone un ejemplo comparativo con la escala de vivienda, de la que se han realizado numerosos estudios. Así, tomando los valores de demanda energética de referencia fijados por el CTE-HE 4, una vivienda unifamiliar en Madrid demanda 80,1 kWh/m² al año. Si la vivienda tiene 100 m², su demanda anual será de 8010 kWh. Es decir, esta hipotética vivienda consumiría el 40% de lo que consume de media una cama de hospital.

Si la tipología de la vivienda fuera en bloque, su consumo anual sería de 5400 kWh según los valores de referencia del CTE. Esto supondría un consumo de poco más del 25% que el de la cama de hospital tipo. O, dicho de otro modo, una cama hospitalaria consume lo mismo que 4 viviendas de unos 100m².

Como puede observarse en la gráfica (Figura 5), dicho consumo también depende de la extensión del hospital. Los hospitales de más de 1.000 camas y de menos de 100 acumulan gastos por unidad de cama entorno a los 20.000 kWh mientras que los más eficaces se sitúan en tamaños de entre 100 y 250 camas, con gastos inferiores a los 15.000 kWh. Además, los hospitales con mayor número de camas son los más antiguos y obsoletos de la red sanitaria, mientras que los hospitales de hasta 300 camas son los más nuevos y eficientes, ya que incorporan algunas de las últimas normativas de conservación de energía.

A la vista de estos datos, parece importante dirigir los esfuerzos en la mejora de la eficiencia energética hacia las infraestructuras más obsoletas, esto es, los hospitales más grandes construidos en el periodo entre los años '60 y '90 del siglo XX.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS:

La presente investigación forma parte de un proyecto financiado de I+D más amplio, donde se desarrollan distintas estrategias generales de mejora de la arquitectura hospitalaria en España. La presente investigación forma parte dicho estudio, y como una parte de las

mejoras propuestas, pone el foco sobre los problemas de sostenibilidad y eficiencia energética de dicha arquitectura, en los términos y acotaciones desarrollados anteriormente en el apartado de objetivos.

La metodología que se propone para realizar dicho estudio parte de la desarrollada en un trabajo previo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Plan Nacional de I+D, reallizada sobre construcciones escolares, "ENE2013-48015-C3-2R Integrated system for energy optimization and reduction of building CO² footprint: BIM, indoor mapping, UAV technologies and advanced energy simulation tools". En dicho caso, el estudio se centraba en unas construcciones tipo de la región de Galicia, ubicadas en diferentes zonas climáticas y con distintas orientaciones. En cierta medida, y a una escala arquitectónica más reducida, se reproducía una problemática muy similar, edificios públicos construidos en los años '70 sin normativa térmica, que siguen siendo utilizados con graves problemas de ineficacia energética y un elevado gasto por consumo (Echeverría et al, 2017).

Con las variantes específicas, la metodología utilizada es similar a la aplicada en el caso de los colegios, y puede resumirse en los siguientes puntos:

- *Definición de un caso de estudio significativo, por su valor ejemplificador y su reproducibilidad. Obtención de los datos históricos y planimétricos.*
- *Análisis funcional del edificio, para el establecimiento de unos parámetros de uso (ocupación, horarios) relacionados con los tiempos de utilización y los rangos de confort climático exigibles.*
- *Análisis constructivo del edificio, centrado fundamentalmente en la definición de la envolvente (muros exteriores, cubiertas y ventanas). Obtención de los datos de transmitancia térmica a partir de su composición, y del estado de la edificación.*
- *Estudio del clima local y de las condiciones de microclima. Elaboración de cartas de Givoni y Olgiay y análisis de las demandas y de las estrategias de mejora térmica de la edificación.*
- *Simulaciones del edificio mediante software específico (Ecotec, Revit, Openspace). Para ello, será necesario realizar previamente modelos simplificados de volumetría en 3D.*
- *Comparación entre los datos de la simulación y los datos reales de consumo. Cuantificación de las pérdidas y ganancias a través de los elementos constructivos de la envolvente.*
- *Propuestas de mejora en relación con los datos obtenidos, en función de las opciones constructivas y de las posibilidades económicas.*
- *Nuevas simulaciones, introduciendo las mejoras definidas anteriormente. Dichas simulaciones se realizarán de modo parcial (por elementos constructivos) y por totales acumulados.*
- *Determinación de las líneas estratégicas de mejora, en función de la respuesta más eficiente y de las posibilidades económicas.*

En el caso de la presente investigación, se han designado unos hospitales de referencia sobre los que se está trabajando. Los primeros análisis se han realizado sobre el Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares, un hospital de tamaño medio (600 camas) construido en la década de los '80, pero con proyecto de finales de los '70. El edificio consta de siete plantas con una superficie total construida de 59.160 m² (Figura 6).

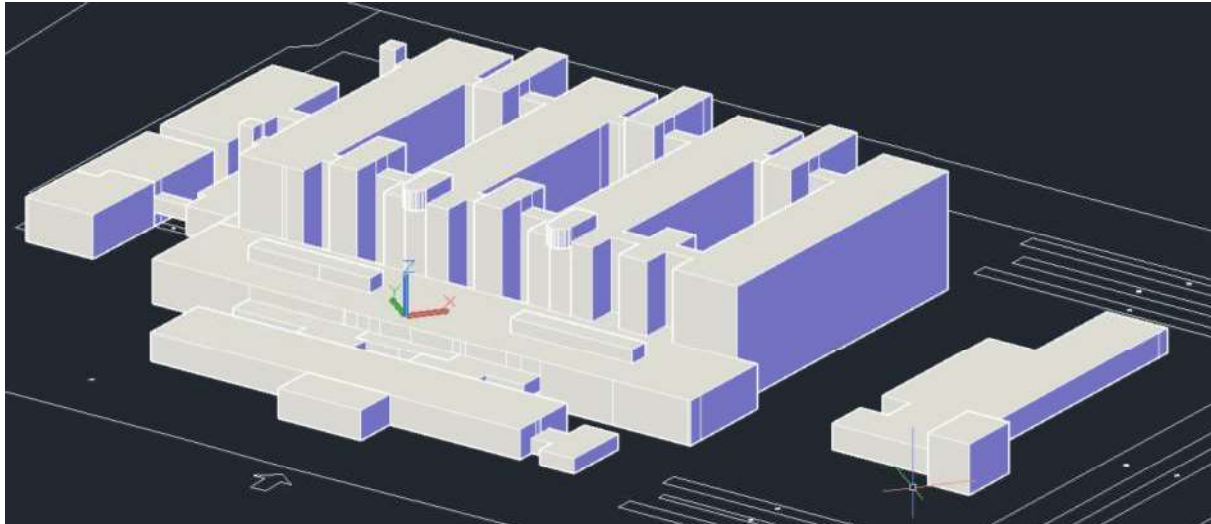


Figura 6. Imagen 3D previa a la simulación energética del Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares.

Sin entrar en el análisis exhaustivo del trabajo realizado, que aún no se encuentra completamente finalizado y será objeto de sucesivos artículos, sí es posible por el momento establecer algunas cuestiones relevantes:

- *Se trata de un edificio con basamento común y cuatro bloques paralelos entre patios con orientación norte sur, y fachadas longitudinales a Este y Oeste, lo que implica cierta adecuación al medio, ya que permite el soleamiento de las fachadas más extensas en mañana y tarde.*
- *Se trata de una edificación bastante compacta, con lo que se minimizan las pérdidas.*
- *La toma de datos y el volcado de los mismos en los software de simulación han representado, en este caso, un trabajo complejo dada la extensión del edificio. Se ha debido simplificar el modelo de trabajo de un modo sustancial, para poder realizar simulaciones reiteradas en plazos de tiempo razonables.*
- *Los sistemas constructivos de la envolvente vertical, aunque incumplen los estándares actuales, se encuentran dentro de un rango de calidad medio para la época, con valor U entorno a $1,43 \text{ Wm}^2\text{K}$.*
- *En las primeras aproximaciones, se han obtenido como dardos de partida unos consumos totales de $9.531.698 \text{ KWh}$., lo que significa un ratio de $161,12 \text{ Kwh/m}^2/\text{año}$. Se trata de un consumo alto, pero no muy alejado de consumos estándar de vivienda de la misma época. Más relevante es el gasto medio anual por cama, que se sitúa en los 15.886 Kwh/cama , unos valores dentro de la media general del gasto energético hospitalario en España para hospitales de esta dimensión.*

Los siguientes pasos de la investigación abarcarán el estudio de distintas posibilidades de intervención, la evaluación de las mismas desde el punto de vista térmico y su viabilidad constructiva, para ofrecer propuestas de mejora económicamente viables.

El gasto energético hospitalario en España se sitúa en un rango elevado, tanto en números absolutos como relativos. El parque hospitalario, aunque ha subido un proceso de mejora paulatina generando infraestructuras más eficientes y recuperando y rehabilitando las obsoletas, es aún muy dependiente de edificios realizados en el siglo XX con estándares de eficiencia energética muy deficientes o claramente inexistentes. Los estudios generales y particulares demuestran que el gasto de energía por cama instalada es también elevado, así como su repercusión por m² edificado.

Es por tanto posible y deseable el desarrollo de estudios que analicen esta tipología edificatoria desde el punto de vista energético, ya que existe un amplio margen de mejora de los datos generales. La metodología para dicho análisis se encuentra desarrollada y se ha experimentado en otros edificios de carácter público, aunque la tipología hospitalaria, por su extensión y complejidad, supone algunos retos adicionales que tiene que ver con la toma de datos fiables, la simulación gráfica del edificio y las estrategias de simulación a través de software específico. En todo caso, a partir de la elección de algunos casos de referencia, es posible pautar una serie de pasos, generando una metodología replicable en otros edificios, de tal modo que es posible, con la misma metodología, dar respuesta a las distintas situaciones constructivas y climáticas que pueden existir. A partir de dichos estudios, es posible elaborar estrategias de mejora y conservación energética de dichos edificios, y cuantificar su coste.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pieltaín, A. (2003). *Los hospitales de Franco. La versión autóctona de una arquitectura moderna. Tesis Doctoral (Doctorado en Arquitectura). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España. Disponible en http://oa.upm.es/4331/1/ALBERTO_PIELTAIN_ALVAREZ_ARENAS_b.pdf*
- Bohigas, LI. (2016). *Recortes en sanidad. En Revista Española de Economía de la Salud. Vol.11, N.4. 2016. Wecare-u. Healthcare Communications Group. Madrid. pp.605-613.*
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018. *Seguimientos Energéticos Sectoriales del IDAE (periodo 2007-2011).* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018 *Informes Anuales de Consumos Energéticos (periodo 2014-2016).* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018. *Informe Anual de Indicadores Energéticos 2016. Indicadores de Detalle: Intensidades Energéticas a nivel Global y Sectoriales en España en 2016.* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
- INE, Instituto Nacional de Estadística, Madrid 2018. *Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009). Código 86-Actividades sanitarias (periodo 2008-2015).* <http://www.ine.es/>
- MINCOTUR, Ministerio de Economía y Turismo, Madrid 2011. *Informe: Planificación energética indicativa 2012-2020, según lo dispuesto en la Ley 2/2011, de 4 de marzo de Economía Sostenible, p. 61.* <https://www.mincotur.gob.es/energia/es-ES/Novedades/Documents/>
- Prieto, P. (2017). *1967-2017. Cincuenta años de eficiencia energética en la edificación y sus instalaciones. En El Instalador N.554, Septiembre 2017. Interempresasmedia, Barcelona. pp.36-40. Disponible en <http://www.interempresas.net/Flipbooks/IN/554/html5forpc.html>*
- Gómez, C. (2017). *Mesa de sostenibilidad energética en el sector sanitario. Ponencia XXXV Congreso de la Asociación de Ingeniería Hospitalaria. IDAE. Las palmas de Gran Canaria, Octubre 2017. Disponible en <http://congresodeingenieriahospitalaria.com/laspalmasdegrancanaria2017/>*
- Echeverría, E., Celis, F., de Miguel, M., Dominguez, P., Delgado, I., Mozas, A., Moreno, K., Vega, J.M., Martín, F. (2017). *Integrated System for Energy Optimization and Reduction of Building CO2*

Footprint. Conference Proceeding of World Sustainable Built Environment Conference. Hong Kong, 5-7 Junio 2017. Construction Industry Council and Hong Kong Green Building Council. pp.1185-1191. Disponible en <http://www.hkgbc.org.hk>

6. AGRADECIMIENTOS:

El presente estudio se ha realizado dentro del Proyecto Nacional de I+D "Metodología para la evaluación del bienestar, condiciones ambientales y funcionalidad espacial de los centros hospitalarios y su entorno, y propuestas de adecuación a los nuevos conceptos asistenciales. PROYECTO BIA2016-78893-C3-1-R", de la Universidad de Alcalá. Además, se agradece la colaboración prestada en la elaboración de los datos de apoyo a los alumnos del MUPAAC (Master Universitario en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Ciudad) de la Universidad de Alcalá, Irene Acosta, Albis Castillo, Gema Chávez y Cristina Serrano.