

05-013

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION IN A HOSPITAL

Cuesta Chanes, Jaime; Vivancos Bono, José Luis; Chaparro González, Fidel Vicente;
Aragonés Beltrán, Pablo

Universitat Politècnica de València

In the framework of the research "Analysis of energy saving measures in public hospitals in Valencia. Proposal for a multi criteria decision making tool", funded by the Consellería de Cultura de la Generalitat Valenciana, and the agreement between the Consorcio Hospital General Universitario de Valencia and the Polytechnic University of Valencia, network analyzers have been placed to measure the main electrical consumptions in different buildings of the Hospital. One of these buildings is the Specialty Center of Juan Llorens (ascribed to the health area of the Consorcio Hospital General Universitario de Valencia).

This paper we present the results of the analysis and a first proposal of energy saving measures.

Keywords: *Principal Component Analysis; Energy Efficiency; Economic and Energy Saving*

ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS EN UN EDIFICIO DE USO HOSPITALARIO

En el marco del proyecto de investigación "Análisis de las medidas de ahorro energético en los hospitales públicos valencianos, propuesta para una herramienta multicriterio de ayuda a su evaluación y selección", financiado por la Consellería de Cultura de la Generalitat Valenciana y del acuerdo de colaboración entre el Consorcio Hospital General Universitario de Valencia y la Universitat Politècnica de València, se han colocado analizadores de redes para medir los principales consumos eléctricos en diversos edificios del Hospital. Uno de estos edificios es el Centro de Especialidades de Juan Llorens (adscrito al área de salud del Hospital General Universitario de Valencia). En este trabajo se presentan los resultados del análisis y una primera propuesta de medidas de ahorro energético. Se ha detectado la necesidad de desarrollo de análisis y estándares que sistematicen el ahorro energético, que las caracterizaciones han identificado usos inadecuados de la energía. Además, se han realizado y cuantificado tres propuestas de ahorro energético y económico de mínimo coste de implementación.

Palabras clave: *Reducción Demanda; Análisis de Componentes Principales; Eficiencia Energética; Ahorro Energético y Económico*

Correspondencia: jvivanco@dpi.upv.es

Acknowledgements/Agradecimientos: Proyecto financiado por la Generalitat Valenciana, programa de ayudas para Grupos de Investigación Consolidables AICO/2015/097 y realizado en el marco del convenio entre el Consorcio Hospital General de Valencia y la Universitat Politècnica de València.



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La sociedad está concienciada por el consumo energético que utilizan como fuente de energía recursos no renovables. La Unión Europea ha legislado en este sentido, una prueba de ello es la Directiva 2012/27/UE: reducción del consumo de energía primaria e importaciones de energía para 2020 en un 20% respecto a 2007 (Unión Europea, 2012). Con el fin de cumplir los objetivos europeos, el gobierno de España derogó el Real Decreto 47/2007 sobre eficiencia energética para establecer el nuevo Real Decreto 235/2013, mediante el cual se obliga a la puesta a disposición de compradores y usuarios de inmuebles de un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética del edificio (Gobierno de España, 2013). Este Real Decreto fue recientemente modificado por el Real Decreto 564/2017, mediante el cual se establece que a partir del 31 de diciembre de 2020 todos los nuevos edificios deberán ser de consumo de energía casi nulo. Esta fecha límite se establece en el 31 de diciembre de 2018 para los nuevos edificios que vayan a estar ocupados y que sean de titularidad pública (Gobierno de España, 2017). Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de los Edificios Públicos de la Generalitat: se insta a reducir el consumo energético a través de medidas de bajo o nulo coste económico (Generalitat Valenciana, 2017).

Los hospitales tienen un consumo intensivo de energía (Singer & Tschudi 2009) debido, por un lado, a los equipos médicos que se precisan para desarrollar las actividades puramente clínicas en las diferentes especialidades médicas y por otro lado, a las estrictas condiciones microclimáticas que se exigen en las diferentes áreas de los hospitales (renovaciones de aire y ventilación, mantenimiento de estrictas condiciones de temperatura y humedad relativa y sectorización en diferentes áreas del edificio) (Ascione et al. 2013). Según Alhurayes and Darwish (2012) la gestión energética en los hospitales plantea los siguientes retos: 1) trabajan las 24 horas del día. 2) los requerimientos de control de infecciones y calidad del aire son muy altos y consumen mucha energía. 3) los hospitales se diseñan para una vida de entre 50 y 100 años y 4) generalmente, los diseñadores de los equipos médicos no tienen como prioridad el ahorro de energía (Alhurayess & Darwish 2012). En España se estima que en el año 2016 el consumo energético en los servicios sanitarios representó en torno al 10% del consumo total del sector servicios en España (IDAE, 2017). Esta cifra pone de manifiesto la importancia y el notable impacto que supondría la implantación de medidas de ahorro que lograsen una reducción considerable en el consumo y el coste de la energía en dichas instalaciones.

El proyecto se encuentra englobado dentro del proyecto “Análisis de las medidas de ahorro energético de los hospitales públicos valencianos y propuesta de una herramienta multicriterio de ayuda a su evaluación y selección”. El objetivo de este proyecto de investigación fue analizar los consumos energéticos de un gran hospital de la Comunidad Valenciana y diseñar un modelo de ayuda a la toma de decisiones para seleccionar las medidas de ahorro energético (MAEs) más adecuadas. Uno de los primeros pasos de este proceso fue colocar analizadores para medir el consumo eléctrico en los principales cuadros eléctricos. Se tomó como caso de estudio el Hospital General de Valencia y, en particular, por deseo del Jefe del servicio de Mantenimiento del Hospital, se colocaron analizadores en el Edificio de Especialidades Juan Llorens cuya gestión depende de este Hospital. Esta comunicación se centra en el análisis de los resultados obtenidos en este proceso de medida

2. Objetivos

En dicho proyecto se están analizando numerosos centros de salud de la Generalitat, entre ellos el Juan Llorens. El presente proyecto es el punto de partida para la elaboración de

estándares y protocolos específicos de ahorro energético. Por lo tanto, el objetivo del proyecto es la realización de una serie de detalladas caracterizaciones de la demanda eléctrica en distintas zonas y equipos del centro de salud para, a partir de la información extraída en dichas caracterizaciones, se puedan detectar puntos de mejora para proponer medidas de ahorro energético y económico.

3. Caso de estudio

El Centro de Especialidades Juan Llorens es un ambulatorio que se encuentra ubicado en Valencia, en el barrio de la Petxina. El centro está integrado dentro del Consorcio Hospital General Universitario de Valencia (CHGUV), institución cuyo centro más representativo es el Hospital General de Valencia (CHGUV, 2009). El centro está formado por un único edificio en forma de L, distribuido en 4 plantas en altura, una planta baja y un sótano. En la planta baja se ubica la recepción, los servicios de urgencias y los servicios administrativos. Las cuatro plantas en altura albergan las distintas especialidades médicas, entre las que se encuentran alergias, cardiología, dermatología, etc. El sótano es empleado como almacén.

Respecto el consumo eléctrico del edificio, tras la sustitución en el año 2014 de la caldera y la enfriadora originales por una bomba de calor, es 100% de tipo eléctrico. Dentro del centro existen algunas iniciativas para la disminución de la demanda eléctrica. Sin embargo, estas se no van mucho más allá de la revisión de facturas eléctricas para detectar anomalías en el consumo, por lo que no se realiza un seguimiento detallado de la demanda, lo que dificulta que se instauren de forma justificada protocolos que permitan un ahorro sistemático de energía. (CHGUV, 2014).

El sistema de adquisición de datos, tanto el sistema software como el hardware, ha sido proporcionado por la empresa Seion, que está especializada en el desarrollo de herramientas de gestión energética (Seion, 2016). El sistema hardware consiste en un conjunto de 18 analizadores que fueron instalados para monitorizar distintas zonas e instalaciones del centro de salud, incluyendo las distintas plantas del edificio, equipos de climatización, equipos médicos, etc. Estos analizadores realizan registros cuarto-horarios de hasta 12 magnitudes eléctricas. Los datos registrados son enviados a un servidor mediante un router GPRS. Respecto al sistema software, consiste en una plataforma online donde se pueden elaborar informes y gráficas personalizados a partir de los datos registrados por los analizadores. También permite la descarga de los datos en distintos formatos (en nuestro caso fueron descargados en .xls para procesar con Excel).

El equipo de medición permitía la medición de 6 puntos trifásicos (o 18 monofásicos) de consumos eléctricos con comunicación propia GPRS, y estaba formado por un Modulo comunicación bianual GPRS, Fte. Alim. para Seion MASTER, 6 puntos de medición SEINON-Analyzer / 0,33 V, y 18 transformadores 100/0,33 16mm.DImInt, Sistema comunicación USB por GPRS y Suplemento cambio MASTER por DL2.

En el centro de salud fueron instalados un total de 18 analizadores para registrar la demanda de distintas zonas y equipos del centro. También mencionar que, a pesar de llevar los equipos más de un año instalados, únicamente se cuenta con datos en todos los analizadores en el periodo del 26/01/2017 al 03/08/2017 como consecuencia de determinados errores en el funcionamiento de los equipos que llevó tiempo solucionar.

4. Metodología empleada

La metodología empleada para llevar a cabo el análisis ha consistido en desarrollar caracterizaciones del centro sanitario completo y sus distintas instalaciones desde distintos puntos de vista. Para ello, se ha analizado la distribución de los consumos por zonas y usos, se han realizado caracterizaciones zonales donde se analizaba el comportamiento diario,

semanal y mensual de las distintas áreas del hospital, se han analizado las puntas de demanda en el centro de salud y la relación del consumo eléctrico con la temperatura exterior. Para llevar a cabo dichas caracterizaciones, las herramientas empleadas han sido el análisis de componentes principales (Matlab), el coeficiente de correlación y la representación gráfica de los datos (en Excel).

Previamente a la realización de las caracterizaciones, los datos han sido debidamente preparados. La herramienta básica para la preparación de los datos para su posterior análisis ha sido Microsoft Excel. Lo primero que se ha hecho con dicho programa ha sido corregir datos captados erróneamente por los analizadores del centro sanitario. Cuando los analizadores no procesan correctamente algún dato, en lugar de almacenar un valor, este queda representado como un guión en la hoja de cálculo, por lo que no puede ser utilizado para las caracterizaciones. Para resolver dicho problema, se ha desarrollado un código de programación en Visual Basic que, cuando detecta un valor aislado que no ha sido registrado correctamente, interpola entre el valor previo y el posterior, de manera que se obtiene un valor aproximado. Para los casos en los que han sido captados de manera errónea numerosos datos y de manera prolongada, se ha optado por eliminar el día completo para que no interfiera en el análisis.

Por otro lado, se modificó la estructura de los datos descargados, de manera que en cada pestaña del archivo estuviesen los distintos analizadores, en las filas los días del año y en las columnas las horas del día. Además, se añadieron columnas extra indicando el mes del año, el día de la semana y si el día es laboral o festivo, de manera que se facilitan el filtrado y las operaciones con los datos, las representaciones gráficas y la hoja queda estructurada para su importación a otros programas empleados en las caracterizaciones.

4.1.-El análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales es un método estadístico que ha sido utilizado para llevar a cabo una parte de las caracterizaciones zonales, en concreto la correspondiente a los días de la semana. Es un método de síntesis de información, mediante el cual se busca reducir el número de variables del problema original con la menor pérdida posible de información en el proceso. El método, mediante una serie de transformaciones lineales, obtiene las nuevas variables del problema, denominadas componentes principales. (Gurrea, 2006). Fijando dichas componentes principales como nuevos ejes de coordenadas y proyectando sobre el plano los puntos de estudio se podrán localizar agrupaciones de puntos con ciertas características en común.

4.2.-El coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación ha sido la herramienta empleada para caracterizar tanto el centro de salud como los equipos de climatización en función de la temperatura exterior. Este coeficiente es un valor numérico que sirve para cuantificar el nivel de asociación entre dos variables, en nuestro caso energía y temperatura. Para valores de -1 y 1, el nivel de correlación será máximo, mientras que para valores de 0 la correlación será nula. En el análisis realizado, se han distinguido tres periodos para la obtención de los coeficientes de correlación en función de la época del año: periodo de calefacción, periodo de transición (con mezcla de refrigeración y calefacción) y periodo de refrigeración.

5.Caracterizaciones y resultados

A continuación, se muestran los resultados más relevantes obtenidos de las caracterizaciones.

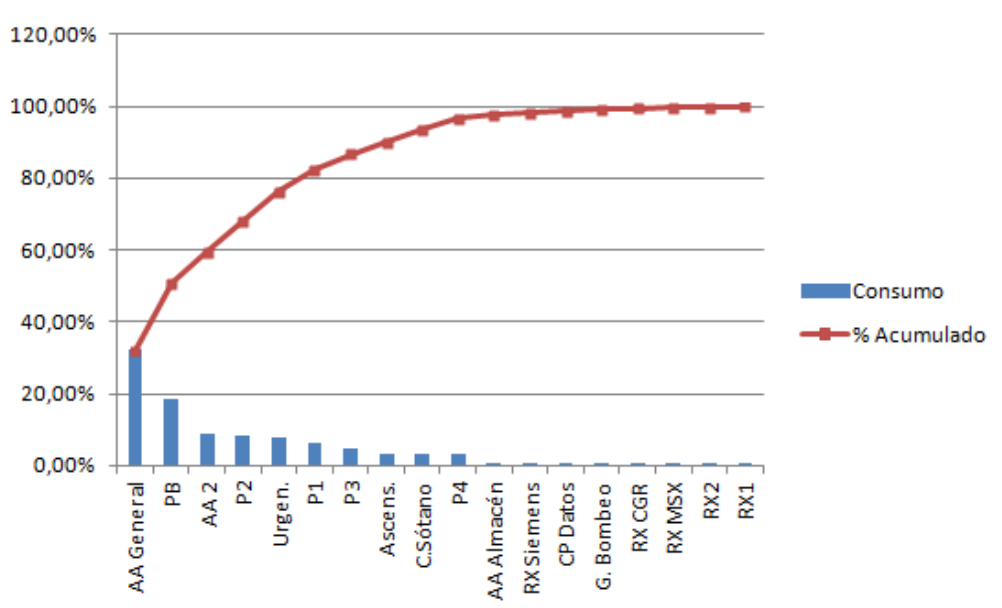
5.1.-Distribución de los consumos

En la figura 1, se puede observar la distribución de los distintos consumos analizados. En primer lugar, destaca el elevado consumo del aire acondicionado general, que supone el 32% del consumo medio total. Esto pone de manifiesto el enorme coste energético que supone la climatización para el centro de salud, ya que el aire acondicionado general es el que climatiza la mayor parte del edificio.

También destaca sobre los demás el consumo de la planta baja, que llega a suponer un 18% del total. Esto se debe principalmente a que la planta baja es uno de los pocos servicios que permanece abierto 24 horas al día y todos los días de la semana.

La gran relevancia de determinados consumos queda de manifiesto al comprobar que un tercio de los consumos suponen más de un 80% de la demanda total, lo que significa que, fijando el foco del análisis en un pequeño número de elementos, es posible obtener ahorros significativos. Respecto a la distribución de los consumos según sus usos, un 42% se destina a climatización, un 32% a servicios médicos y el 26% restante a servicios generales. Esto muestra que, los consumos que podrían denominarse auxiliares (servicios generales y climatización) que dan servicio a la actividad principal (servicios médicos) son especialmente relevantes al suponer más de dos tercios de la demanda total.

Figura 1: Consumo energético y porcentaje acumulado de cada instalación



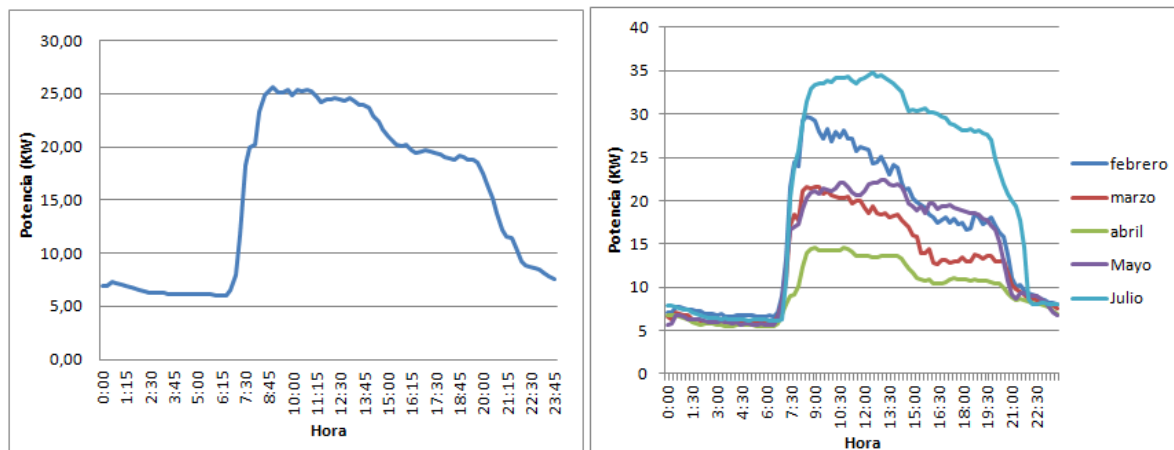
5.2.-Caracterización zonal- Centro de salud

En la figura 2 de la izquierda se observa la curva media diaria de la demanda eléctrica del centro de salud completo. El día comienza con un pequeño consumo en torno a los 7 KW debido a los servicios nocturnos que se dispara con la apertura de las especialidades médicas. El pico se mantiene durante prácticamente toda la mañana para reducirse con el cierre de las especialidades médicas, en torno a las 14:00. Al final de la tarde, se reduce bruscamente hasta alcanzar el consumo nocturno. También se presenta la curva media por meses del año donde se observa la relevancia de la climatización respecto a la demanda total, al ser la demanda de los meses de verano e invierno considerablemente superior a la del resto de meses.

Un caso representativo de zona que funciona 24 horas al día y todos los días de la semana es la planta baja, además de ser también un caso representativo de consumo destinado a servicios generales. En estas instalaciones del centro de salud dedicadas a recepción y administración, el consumo nocturno ronda los 2 KW. Con el inicio de la actividad en las especialidades médicas y los servicios administrativos, la demanda se dispara hasta los 3,5 KW, donde se mantiene hasta el final de la mañana. Durante la tarde se mantiene en torno a los 3 KW para volver a repuntar ligeramente con la apertura del servicio de urgencias.

En la figura 2 se pueden observar también las curvas para los diferentes meses estudiados. La tendencia general es similar en rasgos generales, pero con algunas excepciones. La demanda en el mes de abril es especialmente reducida (patrón que se reproduce varias veces en los casos estudiados) probablemente por una menor carga de trabajo o afluencia de usuarios por vacaciones. Por otro lado, en los meses de febrero y marzo, la demanda al comienzo de la noche es especialmente elevada probablemente debida a una mayor afluencia de usuarios al servicio de urgencias en dichos meses.

Figura 2: Curva media diaria del centro de salud y por meses del año.



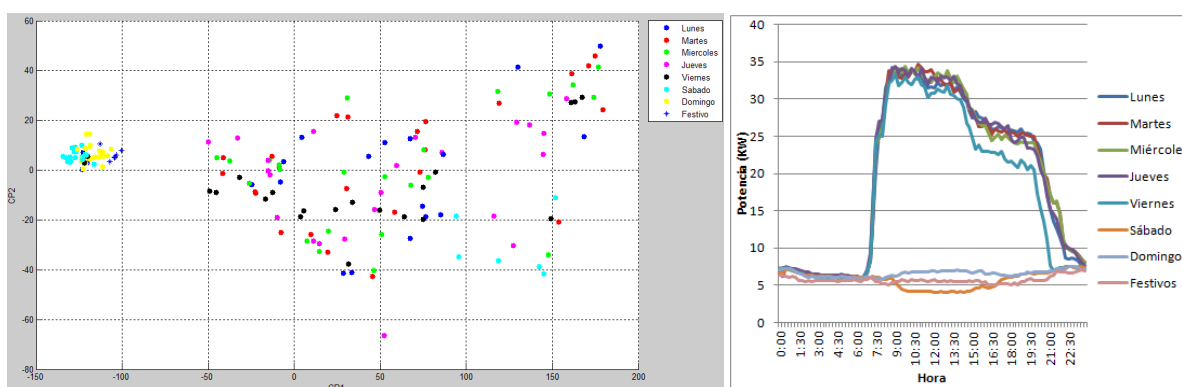
En la Figura 3 se puede observar tanto el análisis ACP como la curva media para los distintos días de la semana. En el ACP se comprueba la alta similitud entre sábados, domingos y festivos. El resto de días se distribuyen a lo largo del gráfico, correspondiéndose los meses de bajo consumo en climatización con los puntos de la izquierda y los meses de altas necesidades en climatización con los puntos de la derecha. También cabe mencionar la presencia de todos los viernes en valores de CP2 inferiores a cero. El motivo de esto se observa en el gráfico de la derecha, donde se puede comprobar que la demanda de los viernes comienza a reducirse antes que el resto de días, posiblemente debido a la tendencia de los trabajadores de salir antes del trabajo con la llegada del fin de semana.

Respecto a los distintos días de la semana, el análisis ACP muestra que los días no laborables se parecen entre ellos, pero muestran diferencias a consecuencia de las diferencias de horario en el servicio de urgencias y, por tanto, diferencias de carga de trabajo. El resto de días forma una amplia nube en valores altos de CP1, mostrando nuevamente los viernes valores ligeramente más reducidos de CP2. En el gráfico de la derecha puede observarse nuevamente esta particularidad de los viernes y las diferencias existentes entre los días no laborables.

La planta primera es un caso representativo de zona que da servicio solo durante determinadas horas del día, además de dar servicios médicos. El consumo nocturno es prácticamente nulo y se dispara a primera hora de la mañana con la llegada de los trabajadores de las especialidades médicas. Alcanza su pico máximo durante la mañana y

se mantiene durante toda ésta a excepción de un pequeño valle producido por el descanso de media mañana. Durante la tarde la demanda se reduce progresivamente, ya que no se da servicio a los usuarios. A partir de las 20:00, con la salida de los últimos trabajadores, este descenso se acelera. Respecto a los meses del año la tendencia se asimila tanto a la curva media diaria como a las curvas de la planta baja, siendo la demanda mínima durante el mes de abril y las máximas durante los meses de febrero y marzo. El análisis ACP muestra nuevamente una enorme similitud entre los días no laborables y una tendencia algo diferente durante los jueves y los viernes. se muestra un consumo muy reducido durante los días no laborables y, nuevamente, una tendencia muy similar en los días laborables a excepción de las tardes de los jueves y los viernes.

Figura 3: Análisis ACP y Curva media por días de la semana del centro de salud.



El aire acondicionado general, además de ser el equipo que más consume entre todos los estudiados, es un ejemplo representativo de consumo destinado a climatización. Este equipo es el encargado de climatizar las plantas de especialidades médicas (de la 1 a la 4). El día comienza con un consumo reducido próximo a los 0,5 KW. Con el inicio de la jornada laboral se dispara el consumo y, una vez las instalaciones han ganado inercia térmica, su consumo se va reduciendo progresivamente. A última hora de la tarde es desconectado y vuelve a regresar al consumo nocturno. Es importante destacar que esta curva está enormemente condicionada por la época del año. Los meses de refrigeración (mayo y julio) tienen un pico máximo mucho más alargado, al ir aumentando las necesidades de climatización según nos acercamos a las horas centrales del día. Por el contrario, los meses de calefacción tienen un pico destacado en las primeras horas del día que se va reduciendo con el transcurso de la mañana. Por último, abril es un mes representativo de escaso consumo en climatización.

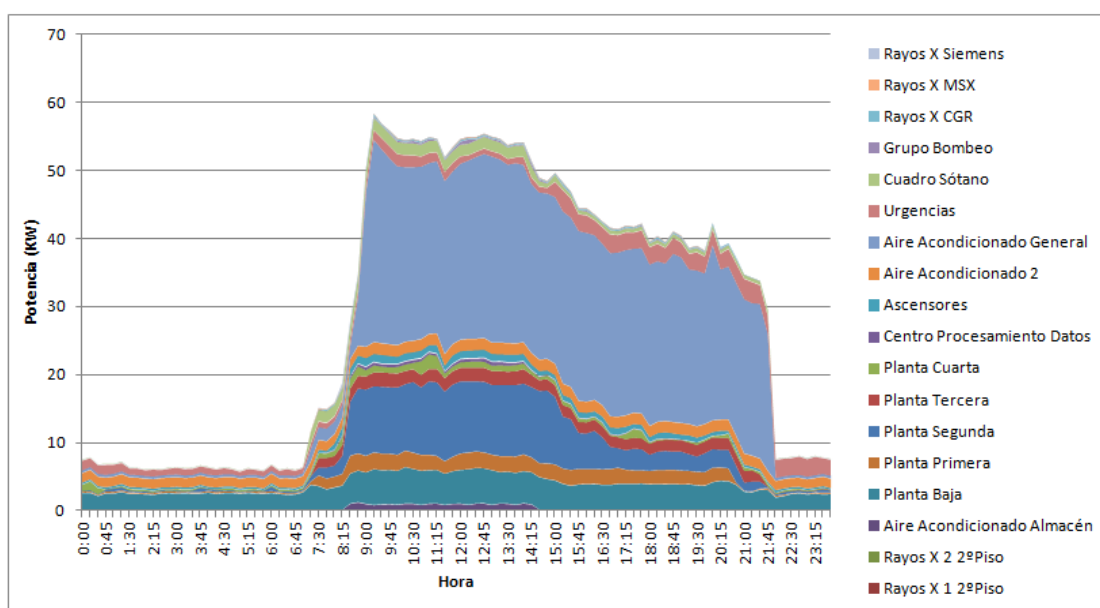
El análisis ACP muestra una extensa distribución de los puntos en función de la época del año (baja climatización a la izquierda y alta climatización a la derecha). Los sábados, domingos y festivos se encuentran altamente concentrados en valores bajos de CP1 debido a su alta similitud y mínimo consumo. Próximos a ellos se encuentran puntos del mes de abril, lo que muestra que dichos días el aire acondicionado no fue utilizado, probablemente por las vacaciones de Semana Santa. se observa el consumo prácticamente nulo de los días no laborables y la alta similitud de los días laborables, a excepción de los lunes, cuyo consumo es ligeramente superior al resto por la inercia térmica perdida durante el fin de semana.

5.3.- Caracterización por puntas de demanda

Otra de las caracterizaciones realizadas ha sido el análisis de las puntas de demanda en el centro de salud. Para ello, en la Figura 4 se ha analizado la curva de demanda del día

donde se dio el máximo pico anual (el 12 de julio) y las contribuciones de cada instalación a dicha demanda. Como puede observarse en la imagen, el aire acondicionado general aporta la mayor parte del pico máximo (llegando al 60%) del total y durante la mayor parte del día sigue siendo el equipo que más aporta al consumo total. Por otro lado, también destaca el arranque prácticamente simultáneo de un gran número de instalaciones del centro sanitario, lo que contribuye a incrementar aún más el pico de potencia. Esta importancia del aire acondicionado general sobre los picos máximos y dado que el objetivo de este análisis será reducir las puntas máximas de demanda, el aire acondicionado general se perfila como el principal objetivo para dicha reducción porque, además del alto margen con el que cuenta debido a su alta demanda, su consumo puede ser fácilmente intervenido sin condicionar los servicios sanitarios del centro (que son su actividad principal).

Figura 4: Curva media del consumo acumulado en el mes de febrero por instalaciones.



5.4.-Caracterización por temperatura exterior

En la tabla 1 se recogen los coeficientes de correlación entre las variables energía y temperatura para el centro de salud, cada equipo de climatización y el conjunto de ellos. En términos generales existen unas tendencias muy similares, con niveles de correlación considerablemente mayores durante los periodos de refrigeración frente a los de calefacción. Sin embargo, destacan los coeficientes obtenidos para el aire acondicionado 2, con niveles bajos respecto a la tendencia general. También destaca el aire acondicionado del almacén que, si bien presenta coeficientes normales en refrigeración y calefacción, para el conjunto del año muestra una correlación prácticamente nula.

En primer lugar, para el caso del aire acondicionado 2, apenas hay diferencia entre los periodos de calefacción, transición y refrigeración, al mantenerse la demanda prácticamente constante. Esto puede ser un síntoma de mala gestión o mal funcionamiento del equipo, por lo que deberá ser analizado en mayor profundidad en futuros trabajos. El caso del aire acondicionado del almacén, este equipo de climatización mostraba niveles de correlación normales en refrigeración y calefacción, pero no para la totalidad del año. Esto es debido, a un largo periodo de transición y a las considerables diferencias existentes entre el periodo de calefacción y el de refrigeración.

5.5.-Usos inadecuados detectados y propuestas de ahorro energético y económico

Las caracterizaciones realizadas han puesto de manifiesto algunos usos inadecuados de la energía, como son la presencia de consumos energéticos en equipos o áreas que no están siendo utilizados, la existencia de grandes picos de demanda a raíz del arranque simultáneo de la mayoría de las instalaciones del centro y la presencia de determinados equipos de climatización cuya demanda está poco relacionada con la temperatura exterior.

Las propuestas realizadas para resolver estas deficiencias y lograr un ahorro energético y económico, consisten en la desconexión de los equipos que no vayan a ser utilizados durante las noches y los fines de semana, la reducción de las puntas de demanda mediante el escalonamiento de encendidos y el desplazamiento de consumos energéticos a horas de menor tarifa eléctrica. Todo esto se consigue mediante la propuesta de un nuevo horario que tenga en cuenta estas tres propuestas mencionadas.

Tabla 1: Coeficientes de correlación entre energía y temperatura para el centro de salud, y por equipo de climatización.

		Total	Calefacción	Refrigeración
Centro de salud	Coeficiente de correlación	0,70	-0,55	0,85
	Nivel de dependencia	Significativo	Moderado	Fuerte
Conjunto climatización	Coeficiente de correlación	0,72	-0,56	0,89
	Nivel de dependencia	Significativo	Moderado	Fuerte
Aire Acondicionado General	Coeficiente de correlación	0,73	-0,56	0,89
	Nivel de dependencia	Significativo	Moderado	Fuerte
Aire Acondicionado 2	Coeficiente de correlación	0,57	-0,50	0,66
	Nivel de dependencia	Moderado	Moderado	Moderado
Aire Acondicionado Almacén	Coeficiente de correlación	0,06	-0,50	0,87
	Nivel de dependencia	Nulo	Moderado	Fuerte

5.6.-Nuevo horario y curva de demanda

En la tabla 2 se muestra la propuesta de horarios, tanto en invierno como en verano. Estos horarios han sido fijados de manera que no condicionen la atención de los usuarios por lo que existe una serie de instalaciones que, por su naturaleza o por su servicio 24 horas, tienen horario permanente. Correspondiendo con la eliminación de los consumos innecesarios, las instalaciones que no tengan horario permanente se encontrarán desconectadas durante las noches y los días no laborables (mostrar su influencia en la gráfica). Por otro lado, con el fin de reducir las puntas de demanda, se ha adelantado el arranque del aire acondicionado general, generando un pico máximo más alargado pero menos alto, reduciéndose así las puntas de demanda.

Tabla 2: Horarios propuestos para cada instalación del centro sanitario.

Zona/Equipo	Hora de encendido	Hora de apagado
Planta baja	Permanente	Permanente
Planta primera	6:30	22:30
Planta segunda	6:30	22:30
Planta tercera	6:30	22:30
Planta cuarta	6:30	22:30
Centro de procesamiento de datos	7:00	20:00
Ascensores	Permanente	Permanente
Aire acondicionado del almacén	7:00	15:00
Aire acondicionado 2	Permanente	Permanente
Aire acondicionado general	6:00 en verano 6:00 en invierno	21:30 en verano 20:00 en invierno
Urgencias	Permanente	Permanente
Cuadro del sótano	6:30	22:30
Grupo de bombeo	Permanente	Permanente
Rayos X 1 2ºPiso	7:00	20:00
Rayos X 2 2ºPiso	7:00	20:00
Rayos X CGR	7:00	20:00
Rayos X MSX	7:00	20:00
Rayos X Siemens	7:00	16:00

5.7.-Impacto energético y económico de las medidas

En la Tabla 3 se muestran los ahorros energéticos medios semanales, tanto absolutos como relativos, que se obtendrían mediante la desconexión de equipos. En algunas instalaciones llegarían a alcanzarse ahorros superiores al 25%. En el conjunto del centro sanitario, el ahorro medio semanal sería de 151 kWh, lo que supone un 5,81% del consumo total. Además, el nuevo horario produciría una serie de desplazamientos de demanda energética, recogidos en la tabla de la derecha, de horas punta a horas llano y de horas llano a horas valle. Por último, se podría reducir el pico máximo de potencia en 4 KW en verano y en 3 KW en invierno. Finalmente, la implementación de estas medidas supondría un ahorro anual estimado de 1269,30€. La desconexión de equipos durante las noches y los días no laborables aportaría el 74% de dicho ahorro, mientras que la reducción de puntas de demanda y el desplazamiento de consumos aportarían un 19% y un 7% respectivamente.

Tabla 3: Ahorro energético medio estimado en cada instalación por desconexión nocturna.

Zona/Equipo	Ahorro medio semanal (KWh)	Ahorro medio semanal (%)
Planta baja	0	0
Planta primera	7,28	4,34
Planta segunda	14,86	6,38
Planta tercera	1,91	1,54

Planta cuarta	11,83	13,5
Centro de procesamiento de datos	0,06	0,39
Ascensores	0	0
Aire acondicionado del almacén	1,08	4,86
Aire acondicionado 2	0	0
Aire acondicionado general	22,08	2,5
Urgencias	0	0
Cuadro del sótano	2,42	2,66
Grupo de bombeo	0	0
Rayos X 1 2ºPiso	0,1	8,2
Rayos X 2 2ºPiso	0,11	2,06
Rayos X CGR	0,01	0,08
Rayos X MSX	0,25	3,38
Rayos X Siemens	1,28	8,37
Total	63,23	2,42

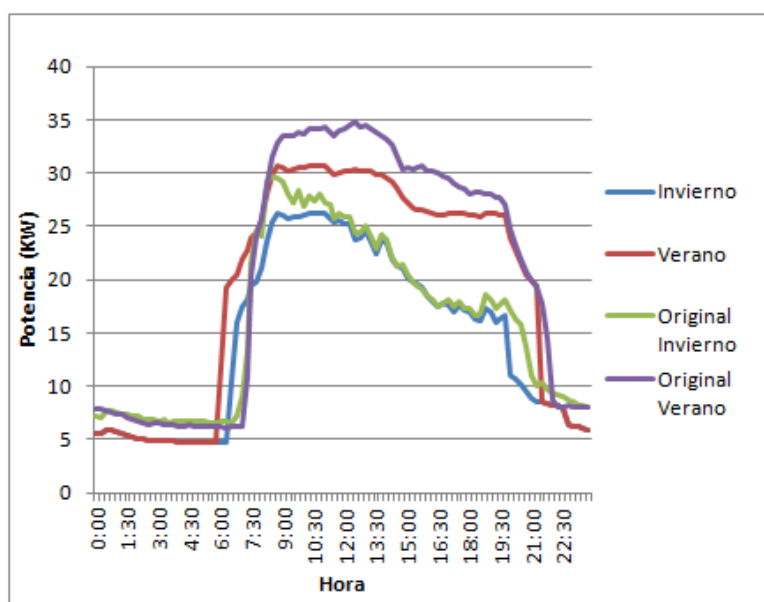
Tabla 4: Desplazamientos energéticos entre las distintas franjas de discriminación horaria

De/A	Valle	Llano	Punta
Invierno			
Valle		0	0
Llano	7,5 KWh		0
Punta	0	4,7 KWh	
Verano			
Valle		0	0
Llano	19,5 KWh		0
Punta	0	9 KWh	

Tabla 5: Ahorro económico estimado de cada medida de ahorro energético y económico

		Ahorro diario (€)	Ahorro semanal (€)	Ahorro mensual (€)	Ahorro anual (€)
Desplazamiento de consumos		0,75	3,75	16,10	96,60
Reducción de picos de demanda		0,65	4,55	19,72	236,68
Ahorros Energéticos	Consumos nocturnos	2,12	10,60	45,43	545,16
Ahorros Energéticos	Consumos días no laborables	3,80	7,60	32,57	390,86
Total		7,32	26,50	113,60	1269,30

Figura 5: Curva media del consumo acumulado en el mes de febrero por instalaciones.



6. Conclusiones

En general se puede concluir que la metodología ha servido para poder evaluar el estado actual de un centro de salud como punto de partida para la elaboración de estándares y protocolos específicos de ahorro energético. En particular se destacan las siguientes conclusiones parciales:

- Necesidad de desarrollo de análisis y estándares que sistematicen el ahorro energético.
- Las caracterizaciones han identificado usos inadecuados de la energía.
- Se han realizado y cuantificado tres propuestas de ahorro energético y económico de mínimo coste de implementación.
- Ahorro anual de 1.269,30 € y reducción del consumo energético en un 5,81%.

Referencias

- Alhurayess, S. & Darwish, M., 2012. Analysis of energy management in hospitals. In *47th International Conference (UPEC) Universities Power Engineering Conference*. IEEE Xplore. Digital Library, pp. 1–4.
- Ascione, F. et al., 2013. Rehabilitation of the building envelope of hospitals: Achievable energy savings and microclimatic control on varying the HVAC systems in Mediterranean climates. *Energy and Buildings*, 60, pp.125–138.
- CHGUV. (2009). Página web del Consorcio Hospital General Universitario de Valencia (CHGUV). Recuperado el 24 de julio de 2018, de <https://chguv.san.gva.es>
- CHGUV. (2014). Blog de comunicación del Consorcio Hospital General Universitario de Valencia (CHGUV). Recuperado el 24 de julio de 2018, de <http://blog.general-valencia.san.gva.es>
- Generalitat Valenciana. (2017). Acuerdo de 16 de diciembre de 2016, del Consell, por el que se aprueba el Plan de ahorro y eficiencia energética, fomento de las energías renovables y el autoconsumo en los edificios infraestructuras y equipamientos del sector público de la Generalitat. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana nº 7957.
- Gurrea, M. T. (14 de noviembre de 2006). Análisis de componentes principales. Recuperado el 2 de julio de 2018, de <https://www.uoc.edu/portal/ca/index.html>
- Gobierno de España. (2013). Real Decreto 235/2013, del 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE-A-2013-3904.
- Gobierno de España. (2017). Real Decreto .645/2017, del 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, del 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE-A-2017-6350.
- IDAE. (2017). Página web del Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDEA). Recuperado el 30 de julio de 2018, de <http://www.idae.es/>
- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Cambios observados y sus causas, p.41.
- Peláez, A. (2017). Caracterización de la demanda y propuestas de medidas de ahorro de energía en un hospital: caso de aplicación a un hospital universitario de la Generalitat Valenciana, p. 50-53.
- Seion. (2016). Página web de SEINON. Recuperado el 21 de julio de 2018, de <https://seion.org/>
- Singer, B.C. & Tschudi, W.F., 2009. High Performance Healthcare Buildings: A Roadmap to Improved Energy Efficiency. *Lawrence Berkeley National Laboratory*.
- Unión Europea. (2012). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2010 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por las que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. DOUE-L-2012-82191.