

David Barrachina (d.barrachina@fsm.cat)
 Director de Infraestructuras
 Hospital de Mollet

Green@hospital Un Proyecto Europeo

Eficiencia energética y control

El Hospital de Mollet ha participado en el proyecto europeo Green@hospital, cuyo objetivo es la optimización de la eficiencia energética mediante el control y uso de las últimas tecnologías TIC, sobre diferentes subsistemas de los hospitales, desarrollando modelos y algoritmos para evaluar el ahorro de energía., en este caso incidiendo en la producción de calor y frío y en la ventilación de quirófanos en función del conteo de partículas.

La solución propuesta cuenta también con el apoyo de un servicio de mantenimiento, específicamente desarrollado e integrado para mantener la eficiencia energética óptima después de los trabajos iniciales.

INFORMACIÓN GENERAL	
Título de proyecto	Optimización del consumo de energía en Hospitales a través de un sistema de gestión energética basado en una web
	“GREEN@Hospital— web-based energy management system foR the optimization of the EnErgy coNsumption in Hospitals”.
Fecha inicio:	01/03/2012
Duración de proyecto:	36 meses
Número de proyecto:	297290
Identificador de Proyecto:	CIP-ICT-PSP-2011-5
Objetivo de proyecto:	CIP-ICT-PSP.2011.1.2 : ICT for Energy Efficiency in Public Buildings
Régimen de financiación	CIP-Pilot actions
Costes Totales (*)	2,869,959.00 €
Contribución máxima UE	1,434,978.00 €

(*) Costes de personal, subcontratas, otros costes directos (materiales, desplazamientos, etc), costes indirectos.

Los hospitales son grandes consumidores de energía y en los países europeos la alta proporción de edificios hospitalarios envejecidos, hace que sean edificios públicos poco eficientes. Hoy en día hay una necesidad, cada vez más urgente, de conseguir un ahorro real de energía en los edificios existentes y de construcción de hospitales más sostenibles.

El proyecto del Green@hospital tiene como objetivo la integración de las últimas soluciones TIC para obtener unos

ahorros significativos en los edificios hospitalarios existentes, a través de una mejor gestión de los recursos energéticos y la reducción de las pérdidas.

Esto se lleva a cabo mediante la realización de gestión de la energía basada en Web y en sistemas de control que integra y controla la monitorización de los múltiples sistemas de los edificios.

Por otro lado los modelos para evaluar el ahorro de energía han sido desarrolla-

dos mediante la implantación de algoritmos para la optimización del consumo.

La solución propuesta se apoya en un servicio de mantenimiento de la energía, para mantener una eficiencia energética óptima después de los esfuerzos iniciales.

Se escogieron cuatro hospitales en toda Europa para participar en el pilotaje con el fin de demostrar la validez de las soluciones propuestas en las condiciones reales de operación. Cada hospital ha permitido desarrollar las áreas específicas de trabajo teniendo en cuenta la presencia de: 1) fuentes de energía renovable, 2) sistema de gestión del edificio ya instalado, 3) planes de eficiencia energética destinados a mejora.

PAQUETES DE TRABAJO (“Work Packages”)

El proyecto se desglosa en los siguientes paquetes de trabajo:

WP1: Gestión del proyecto

El objetivo global de este paquete de trabajo ha sido llevar a cabo la gestión global de la gestión administrativa, actividades tecnológicas y financieras del proyecto.

Los objetivos específicos son:

- ▶ Asegurar la coherencia de los paquetes de trabajo individuales en el

Nº	Nombre	País
1	AEA S.R.L.	Italia
2	SCHNEIDER ELECTRIC SPA	Italia
3	TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE	Grecia
4	FUNDACIO INSTITUT DE RECERCA DE L'ENERGIA DE CATALUNYA	España
5	DALKIA CATALUNYA SA (ACTUAL VEOLIA)	España
6	IF TECHNOLOGY B.V.	Holanda
7	AZIENDA OSPEDALIERO UNIVESITARIA OSPEDALI RIUNITI UMBERTO I- G.M. LANCISI- G. SALESI	Italia
8	SERVICIO ANDALUZ DE SALUD	España
9	HOSPITAL GENERAL CHANIA SAINT GEORGE	Grecia
10	FUNDACIO SANITARIA DE MOLLET	España
11	DEERNS NEDERLAND BV	Holanda

plan detallado del proyecto, el continuo cumplimiento de las líneas de trabajo con los objetivos del proyecto.

- ▶ Desarrollar y mantener un apoyo eficiente y estructura de servicio para las comunicaciones regulares con la Comisión Europea.
- ▶ Velar por la integridad del proyecto para el aseguramiento de la calidad y la gestión de riesgos.

WP2: Análisis del conjunto de datos de la solución Piloto

Los principales objetivos de la WP2 son los siguientes:

- ▶ Llevar a cabo una auditoría energética de los hospitales piloto.
- ▶ Recoger información sobre la infraestructura de TIC de cada hospital piloto.
- ▶ Desarrollar un modelo de referencia estándar para los hospitales.

Al igual que en los otros tipos de edificios, el uso de energía de los hospitales varía con las condiciones del clima y los horarios de empleo. Sin embargo, el uso de energía en el hospital también varía en función de factores específicos tales como el tipo de paciente, el tipo y la duración de tratamiento, la utilización de los equipos de salud específico, la disponibilidad (o no) de los servicios energéticos intensos, tales como lavar la

ropa o cocina, etc. Todo esto hace que la comparación entre los usos de la energía de los hospitales muy difíciles, lo que impide un sola evaluación de la eficiencia energética.

Los objetivos antes mencionados se alcanzan mediante: recogida de datos, conjunto de soluciones para el análisis y la definición del modelo de evaluación comparativa.

En esta WP se requiere una fuerte cooperación entre los socios tecnológicos y de los pilotos.

La información recogida en esta fase será la base para las actividades de todas las líneas de trabajo.

La finalización de este paquete presenta no sólo una lista de los conjuntos de soluciones de energía, sino también una lista de estrategias de control conceptuales que se evalúan en WP3.

En este WP se adopta la metodología para la medición de las TIC de ahorro de energía y la forma de recogida de los datos de los pilotos para ser utilizado por la herramienta de software desarrollado.

WP3: Infraestructura de las TIC e integración

El objetivo de WP3 es desarrollar un Sistema de Gestión de la Energía y Control en la Web (EMCS), capaz de establecer comunicación con el sistema de energía existente y anfitrión de una estrategia de control integral.

Para adaptar el marco para ser utilizado en un hospital, hay que desarrollar las interfaces de software (conductores) hacia los sistemas BMS de campo y el sistema de gestión del edificio que se encuentra en los hospitales piloto y, al más alto nivel de lógica, para diseñar e implementar la "GUI" (graphical user interface) con características diferentes en cuanto al nivel de información proporcionada y el control de las acciones sobre el terreno y finalmente integrar el modelado y algoritmos de optimización del consumo de energía, optimización desarrollada en WP3.

La participación de los usuarios finales en estas actividades es esencial para cumplir el objetivo del proyecto

WP4: Desarrollo de modelos y algoritmos

El objetivo de este paquete de trabajo es la creación de modelos de software para la solución de ahorro de energía establecidos. Los modelos se utilizan para simular el impacto de la nueva solución de conjunto antes de ponerlo a prueba en el lugar destino.

La experiencia de los diferentes participantes del proyecto es utilizada para identificar la solución más relevante en cada campo o en cada área del hospital. Su experiencia es también útil para comprender cómo la solución puede ser implementada para garantizar una fácil fase de mantenimiento después de la finalización del proyecto y cómo crear un servicio adecuado.

WP5: Instalación y validación

Este WP tiene dos objetivos principales:

- ▶ Validar el supuesto teórico hecho en el WP2.
- ▶ Poner en marcha un servicio de mantenimiento.

La evaluación es basa en los índices cuantitativos de desempeño de ahorro de energía primaria y de reducciones de la demanda de fuentes externas. Las estrategias de ahorro de energía se ponen a prueba durante al menos un año. Los datos son recogidos y almacenados en la base de datos diseñada en WP3.

La fase preliminar de este documento de trabajo consiste en la definición de un procedimiento de control y validación. Entonces el control y el sistema de monitoreo se instala en cada piloto siguiendo un plan de implementación de la estrategia bien definida.

Finalmente se identifica un TIC ideal para el ahorro de energía basada en el conjunto de soluciones estudiadas. En esta WP también se desarrollará un servicio de mantenimiento de la Energía, especialmente diseñado para mantener una óptima eficiencia energética tras los esfuerzos iniciales.

WP6: Difusión y comunicación

El objetivo de este paquete de trabajo es dar a conocer los resultados del proyecto y educar a los usuarios.

Para alcanzar este objetivo, se desarrollan un paquete de tareas específicas a lo largo del avance y duración de todo el proyecto, mediante la elaboración de talleres, publicaciones, etc. dedicado a una difusión y posibilidad de replicación, de los resultados del proyecto.

SUBSISTEMAS ESTUDIADOS EN EL HOSPITAL DE MOLLET

En el proyecto Green@Hospital se tratan diferentes subsistemas de los hospitales pilotos. En el Hospital de Mollet, en Barcelona, se estudian los siguientes:

► **Optimización de la producción de calor y frío**

En este Hospital, la calefacción y la refrigeración del hospital pueden ser proporcionadas por las bombas de calor geotérmicas o por los sistemas tradicionales (calderas de gas y enfriadores). La solución tiene por objeto la programación de los tres sistemas diferentes con el fin de utilizar la más eficiente sin saturar el suelo.

Para poder obtener el rendimiento de cada equipo en las condiciones reales de funcionamiento se instalaron contadores (ver imagen al pie):

Con los contadores instalados se permitió obtener los consumos instantáneos de energía, gas y electricidad, y con éstos el rendimiento de las máquinas o coeficientes de operación ("COP"), teniendo en cuenta no sólo los equipos individuales, sino también considerando en éstos sistemas las bombas y movimientos de agua existentes.

Se definieron tres escenarios de trabajo:

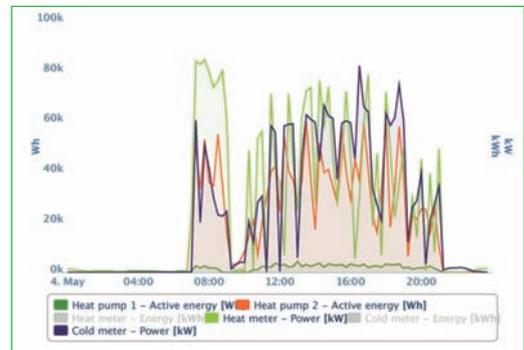
- 1^{er} escenario: Sin uso del sistema geotérmico.
- 2^o escenario: Con uso del sistema geotérmico, pero sin control basado en datos supervisados.
- 3^{er} escenario: Con uso del

sistema geotérmico y 100% de control basado en datos supervisados.

Estrategia de control:

Con la observación de los diferentes modos de trabajo, se establece la priorización de uso del sistema geotérmico, ya que tiene un COP superior al resto ayudando a obtener la mayor eficiencia y ahorro.

Se establece la necesidad de control de la diferencia de temperatura entre el agua y el suelo siendo ésta superior a 8 °C para asegurar el rendimiento óptimo del sistema geotérmico, lo que supone que en ocasiones es mejor trabajar con las máquinas convencionales. Por otro lado, para evitar la saturación de suelo por fundamentalmente la extracción de frío, se para el sistema y el movimiento de agua, generalmente por las noches. Dejando el sistema geotérmico en funcionamiento entre las 7 y las 21h.



CALDERAS		ENFRIADORAS		BOMBAS DE CALOR	
	Contadores de Energía 3		Contadores de Energía 3		Contadores de Energía 2
	Contadores Eléctricos 2		Contadores Eléctricos 3		Contadores de Gas 2

Resultados: Optimización de la producción de calor y frío

Escenario 3 vs 2		Escenario 3 vs 1	
Aspectos energéticos:			
Ahorro Gas:	241.172 kWh/año	Ahorro Gas:	861.172 kWh/ año
Ahorro Electricidad:	103.022 kWh/ año	Ahorro Electricidad:	365.172 kWh/ año
Ahorro Energía primaria:	492.945 kWhpe/ año	Ahorro Energía primaria:	1.754.046 kWhpe/ año
% Ahorro energía primaria:	7.5%	% Ahorro energía primaria:	22,30%
Ahorro CO ₂ :	147.165 kg/ año	Ahorro CO ₂ :	522.692 kg/ año
Aspectos económicos:			
Coste implantación (contadores, instalación, etc.):	62.672 €	Coste implantación (contadores, instalación, etc.):	62.672 €
Ahorro económico:	42.810 €/ año	Ahorro económico:	163.514 €/ año
Payback Time:	1,5 años	Payback Time:	0,4 años

Metodología:

Se establecen las líneas de base en gas y electricidad:

GAS: En base a consumos del año 2011 y gracias a los contadores instalados se conoce el gas dedicado a climatización, normalizando los kWh mediante los grados día, y se estima en base a conocimiento de la instalación el porcentaje dedicado a ACS.

ELECTRICIDAD: En base a consumos del año 2011 y gracias a los contadores instalados se conoce la electricidad dedicada a climatización, separando los kWh dedicados a calor y a frío, los cuales son normalizados mediante los grados día. Asimismo se discriminan de forma previa la cantidad de energía calórica suministrada por las bombas de calor.

Conclusiones:

Disponer de más de una forma de obtención de la energía térmica, como en el caso en estudio, permite obtener grandes rendimientos y ahorros gracias a un elevado control de los mismos y gestionando

su uso en función de los rendimientos óptimos de cada instalación.

La información proporcionada por los contadores de energía ha permitido detectar que el rendimiento de las calderas son más bajos de lo que debería ser. Estos datos, claramente demostrados y justificados mediante contadores han permitido instalar otra caldera adaptada a la demanda real de la instalación y maximizar el ahorro de energía.

► Optimización del control de la ventilación de los quirófanos mediante conteo de partículas

Los quirófanos del hospital están equipados con una unidad de tratamiento de aire (UTA), climatizador dedicado, que controla y regula sus condiciones termo-higrométricas internas. Cada UTA tiene dos motores con variadores de frecuencia que controlan el flujo de aire para asegurar la calidad del aire requerido por la legislación.

El objetivo de esta solución estudiada es reducir la tasa de ventilación de los quirófanos con el fin de garantizar los altos

niveles de calidad del aire y evitar tasas de flujo demasiado altas cuando no se necesitan.

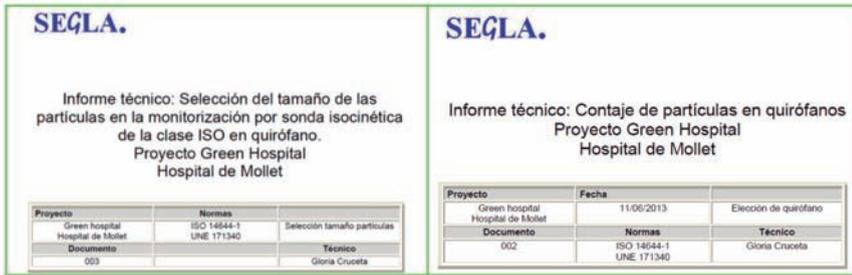
Se definieron tres escenarios de trabajo:

- 1^{er} escenario: Sin gestión ni regulación de la ventilación. Caudal fijo 24 h, 365 días/año.
- 2^o escenario: Control y regulación preliminar de la ventilación y condiciones termo-higrométricas, mediante la definición de tres estados diferentes: el uso, sin uso y limpieza.
- 3^{er} escenario: Regulación de la ventilación mediante el conteo de partículas on-line. Se mantiene la regulación de las condiciones termo-higrométricas mediante el uso de los estados.

Estrategia de control:

Con objeto de poder analizar todos los consumos se realiza la instalación de los siguientes contadores:





La elección del quirófano para realizar el estudio, en función del tipo de intervenciones realizadas en cada uno de los existentes, así como la selección del tamaño de las partículas, en la monitorización por la sonda isocinética de la clase ISO en quirófano, se realiza mediante la participación de la empresa experta en validación de quirófanos y salas blancas, SEGLA, entidad que también participó en la creación de la norma de AENOR UNE 171340: “Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales”.

La elección del quirófano y tamaño de partículas se realizó también con la supervisión y comunicación a la comisión de infecciones del hospital.

Debido a que los quirófanos del Hospital de Mollet son todos de clase A, en ellos se pueden realizar cualquier intervención quirúrgica. Se realiza la elección del quirófano en función de la variedad de intervenciones que se realizan en ellos, para poder tener una casuística que sea representativa de varios tipos de cirugía, desde el punto de vista de la emisión de

partículas al ambiente durante las intervenciones.

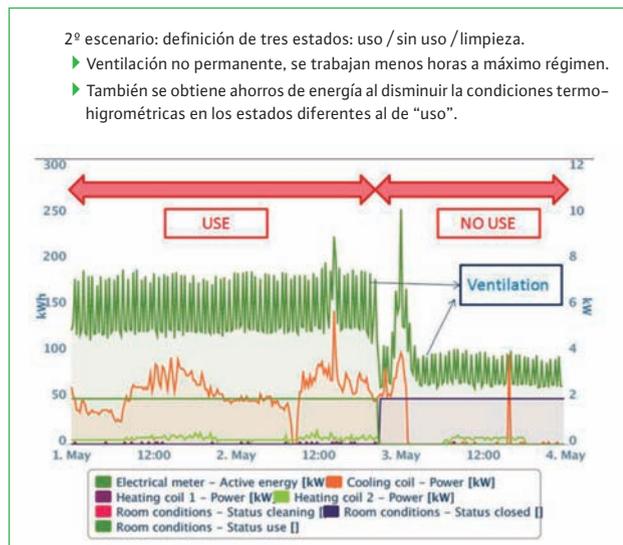
“Se escoge el quirófano 5, por su polivalencia, ya que se realizan intervenciones de oftalmología, clase requerida A (ISO 5 o ISO 6), intervenciones de cirugía convencional, clase requerida B (ISO 7) y traumatología, clase requerida A (ISO 5 o ISO 6)....”

En cuanto al tipo de partículas a medir: “atendiendo al tamaño de los microorganismos y a la clasificación, se establece que entre las partículas medibles las de 0,3 micras cumplen con todos los requisitos del estudio”.

Se define una lógica de control, con la que se establece el porcentaje de funcionamiento del variador de impulsión y del variador de extracción, en función de la cantidad de partículas detectadas. Esto implica otras variables dependientes de las anteriores, como son la presión diferencial y las renovaciones horarias.

Tiempo Respuesta	INPUT	OUTPUT				VARIABLES DEPENDIENTES	
	CP	VI		VE		PD	Renovaciones hora
5s	ppm	%	m³/h	%	m³/h	Pa	nº
	0-3500	0%	1600	0%	1332	5	13
	3500	25%	2000	0%	1332	8	16
	4000	30%	2080	0%	1332	10	17
	4500	35%	2160	0%	1332	12	18
	5000	40%	2240	15%	1450	7	18
	5500	45%	2320	15%	1450	8	19
	6000	50%	2400	40%	1640	9	20
	6500	55%	2480	40%	1640	10	20
	7000	60%	2560	40%	1640	12	21
	7500	65%	2640	40%	1640	13	22
	8000	75%	2800	60%	1790	8	23
	8500	80%	2880	60%	1790	9	24
	9000	85%	2960	60%	1790	10	24
	9500	90%	3040	60%	1790	11	25
	10000	95%	3120	80%	1950	12	26
	10500	100%	3200	80%	1950	13	26
	11000	100%	3200	80%	1950	13	26
	> 11000	100%	3200	100%	2100	14	26

Con estos parámetros predefinidos, se estudian los diferentes escenarios, con datos reales:



Metodología:

Se establecen las líneas de base de ventilación y energía térmica tanto para el primer como para el segundo escenario, gracias a la colocación de los contadores eléctricos y de energía, las horas reales de

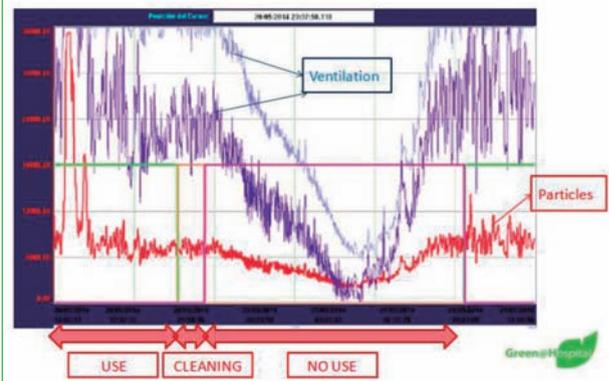
funcionamiento de los diferentes usos, las potencias de los equipos de ventilación y los rendimientos de los equipos para la producción de frío y calor.

Resultados: Optimización del control de la ventilación de los quirófanos mediante el conteo de partículas

Escenario 3 vs 2		Escenario 3 vs 1	
Aspectos energéticos:			
Ahorro Energía primaria:	65.967 kWhpe/ año	Ahorro Energía primaria:	94.259 kWhpe/ año
% Ahorro energía primaria:	26%	% Ahorro energía primaria:	33,29%
Ahorro CO ₂ :	22.779 kg/ año	Ahorro CO ₂ :	32.078 kg/ año
Aspectos económicos:			
Coste implantación (contador partículas, programación, etc.):	15.340 €	Coste implantación (contador partículas, programación, etc.):	15.340 €
Ahorro económico:	7.857 €/ año	Ahorro económico:	11.013 €/ año
Payback Time:	1,9 años	Payback Time:	1,4 años

3^{er} escenario: conteo de partículas.

▶ Se asegura una reducción de la ventilación, asegurando en todo momento la calidad ambiental al tener bajo control instantáneo la concentración de partículas.



funcionamiento de los diferentes usos, las potencias de los equipos de ventilación y los rendimientos de los equipos para la producción de frío y calor.

Se realizan las correspondientes correcciones de energía mediante los grados día y se transforma a energía primaria.

Conclusiones:

El control de la ventilación de los quirófanos mediante el conteo de partículas supone un asegura-

condiciones (quirófanos vacíos...), y por tanto no hay riesgo para el paciente.

Conocer, monitorizar y hacer actuar el sistema de ventilación en función de las necesidades reales de la calidad ambiental significa asegurar las mejores condiciones para los pacientes, pudiendo a su vez establecer grandes ahorros energéticos cuando no hacen falta y no hay actividad, generalmente noches y fines de semana, aunque siempre manteniendo condiciones ambientales generales de sobrepresión, renovaciones, etc para asegurar dicha calidad ambiental.

Los ahorros obtenidos mediante el conteo de partículas, se han observado muy superiores ya no solo contra las condiciones de uso permanente, como era de esperar, sino también contra el modo de estados "uso/no uso / limpieza", y con un período de retorno de la inversión muy interesante, el cual en el caso de extrapolar esta experiencia a los otros quirófanos del hospital, no se imputarían los costes de todos los contadores, dado que solo haría falta instalar el contador de partículas y las programaciones pertinentes, para replicar el mismo sistema, una vez ya demostrado los resultados anteriores.