



Madrid
Ahorra
con Energía



La Suma de Todos



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

Guía sobre gestión de la demanda energética del edificio



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Madrid, 2014



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 30.425-2014

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.
28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores



Capítulo 1. **Demanda energética de la edificación**

Raquel Hoyos López
Directora Técnica Comercial
ÁBACO AMBIENTAL
www.abacoambiental.es

Capítulo 2. **Perfiles de consumos de energía y su adecuación a los usos**

Juan Carlos de Pablo Olaiz
Socio Director
José María Escudero López
Socio Director
ECOINVERSOL
www.ecoinversol.com

Capítulo 3. **Telegestión: herramienta y servicio de las ESE's**

Sergio Soleto del Barco
Responsable de I+D
Pablo Blanco Córdoba
Director Técnico
REMICA
www.remica.es

Capítulo 4. **Ahorro de energía reactiva. Corrección del factor de potencia**

Equipo Técnico de RTR Energía
RTR Energía
www.rtr.es

Capítulo 5. **Sistemas de control y gestión al ahorro energético**

Enrique del Castillo
Technical Sales Support Leader Environmental Controls
HONEYWELL
www.honeywell.com

Capítulo 6. **Bombas y sistemas de bombeos**

Christian Keller
Director Técnico
WILO IBÉRICA
www.wilo.es

Capítulo 7. **Casos prácticos**

Alfonso Arangüena Ruiz
Responsable de Soporte Técnico
THYSSENKRUPP
www.thyssenkrupp.com

María Cabrero
Departamento Técnico
IMEYCA
www.imeyca.com



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Manuel J. Ruiz
Responsable de Formación y Soporte Técnico de BUDERUS
ROBERT BOSCH ESPAÑA (BUDERUS)
www.buderus.es

Pedro Pablo Seoane
Jefe de Departamento de Energía
INSTALADORA CASTILLA, S.L.
www.contadorescastilla.com

Índice

1. DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EDIFICACIÓN	15
1.1. Introducción	15
1.2. Demanda energética y consumo energético de un edificio	16
1.3. Consumos de energía en España	17
1.4. Consumos de energía en la Comunidad de Madrid	19
1.5. Instalaciones relevantes desde el punto de vista de la gestión energética	21
1.5.1. Instalaciones térmicas	21
1.5.2. Iluminación e Instalación eléctrica	22
1.5.3. Suministro de agua. Tratamiento de aguas residuales	23
1.6. Integración de energías renovables en la edificación	23
1.7. Gestión energética eficiente. Medidas para la optimización	25
2. PERFILES DE CONSUMO ELÉCTRICO Y SU OPTIMIZACIÓN	27
2.1. Introducción	27
2.2. Objetivos y alcance	28
2.3. Planteamiento y criterios de utilidad	29
2.4. Metodología: La optimización de los perfiles de consumo en tres fases	33
2.4.1. Fase A: Lanzamiento y diagnóstico.	33
2.4.2. Fase B: Plan de actuaciones a corto plazo para reducción del consumo.	35
2.4.3. Fase C: Selección de inversiones;	36
2.5. Ejemplos de aplicación: resultados	37
2.5.1. Aplicación a un supermercado	37
2.5.2. Aplicación en un edificio de oficinas	39
2.5.3. Ejemplos en otros tipos de edificios	40
2.6. Conclusiones	42
2.7. Referencias bibliográficas	43
3. TELEGESTIÓN: HERRAMIENTA Y SERVICIO DE LAS ESES	45
3.1. Introducción	45
3.2. Servicios ESE: Riesgos y compromisos	47
3.3. Telegestión. Herramienta Clave	48





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

3.4. Objetivos y beneficios	51
3.4.2. Aplicación específica a una ESE	54
3.5. Certeza e incertidumbre mediciones	59
3.5.1. Problemática. Errores en toma de datos y lecturas	59
3.5.2. Soluciones propuestas	60
3.6. Control de parámetros energéticos	61
3.6.1. Rentabilidad telegestión energética	61
3.6.2. Periodicidad	61
3.6.3. Parámetros básicos	62
3.6.1. Consumo energía primaria	64
3.6.2. Energía útil producida. Energía salida centros de producción	64
3.6.3. Rendimiento y eficiencia centros de generación	65
3.6.4. Energía en puntos de consumo. Edificios colectivos o Elementos terminales	68
3.6.5. Pérdidas energéticas en distribución	70
4. AHORRO DE ENERGÍA REACTIVA. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	73
4.1. Potencia eléctrica	73
4.1.1. Factor de potencia (FP)	74
4.1.2. Potencia activa (P)	75
4.1.3. Potencia reactiva (Q)	75
4.1.4. Potencia aparente (S)	76
4.2. Problemas ocasionados por la energía reactiva	77
4.2.1. Incremento de las pérdidas en los conductores	77
4.2.2. Sobrecarga de transformadores y generadores	77
4.2.3. Aumento de la caída de tensión	78
4.3. Beneficios de compensar la energía reactiva	78
4.3.1. Disminución de las pérdidas por efecto Joule	78
4.3.2. Reducción de gases de efecto invernadero	79
4.3.3. Caída de tensión en las líneas de distribución	80
4.3.4. Aumento de la capacidad de la red eléctrica	81
4.4. Ahorro económico por la compensación de la energía reactiva	81
4.5. Cálculo de la energía reactiva a compensar	83
4.5.1. Cálculo de la energía reactiva	84
4.5.2. Cálculo de la potencia capacitiva	84
4.5.3. Determinación de la variabilidad del factor de potencia	84
4.6. Configuraciones para compensar la energía reactiva	86
4.6.1. Compensación individual	86

4.6.2. Compensación en grupo	88
4.6.3. Compensación centralizada	88
4.7. Compensación de motores asíncronos y transformadores	89
4.7.1. Arranque directo de un motor trifásico asíncrono	89
4.7.2. Arrancador estrella-triángulo	91
4.7.3. Transformadores de potencia	92
4.8. Calidad, instalación y protección	94
4.9. Caso práctico: local comercial	96
4.9.1. Cálculo total	96
4.9.2. Cálculo escalonamiento	97
4.10. Conclusiones	98
4.11. Bibliografía	99

5. SISTEMAS DE CONTROL Y GESTIÓN PARA EL AHORRO ENERGÉTICO 101

5.1. Introducción	101
5.2. Análisis de consumos	102
5.3. Control inteligente	106
5.3.1. Funciones de control de eficiencia energética	107
5.3.2. Control del circuito de calefacción	107
5.3.3. Control de bombas	108
5.3.4. Control de los generadores de calor	109
5.3.5. Control eficiente de los sistemas de ventilación	109
5.3.6. Regulación de CO ₂ y recuperación del calor	112
5.3.7. Regulación por zonas de la temperatura ambiente	112
5.3.8. Inspección y mantenimiento periódicos del sistema	113
5.4. Integración de la gestión de edificios	113
5.5. Conclusión	117
5.6. Bibliografía	117

6. BOMBAS Y SISTEMAS DE BOMBEO 119

6.1. Introducción	119
6.2. La eficiencia de las bombas	119
6.2.1. Eficiencia de los circuladores	120
6.2.2. Eficiencia de las bombas de rotor seco	121
6.2.3. Factor de transporte	122
6.2.4. Demanda anual de energía auxiliar	123
6.3. Redes hidráulicas	124
6.3.1. Pérdidas de carga en la tubería	124
6.3.2. Equilibrado hidráulico	125





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

6.3.3. Circuitos y bombas de caudal fijo	127
6.3.4. Circuitos y bombas de caudal variable	130
6.3.5. Circuitos de recirculación de agua caliente sanitaria	132
6.3.6. Grupos de presión para el abastecimiento de agua	135
6.4. Bibliografía	138
7. CASOS PRÁCTICOS	139
THYSSENKRUPP ELEVADORES	139
1. Introducción	139
2. Máquina Gearless	140
3. Variador regenerativo	141
4. Maniobra con gestión eficiente	143
5. Maniobra con autoapagado	144
6. Iluminación Led	145
PROYECTOS EMBLEMÁTICOS: AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA SEDE CENTRAL DE OFICINAS DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID	147
1. Ficha proyecto	147
2. Descripción	147
3. Mejoras energéticas en HVAC	149
4. Energía solar térmica para ACS	151
5. Ahorro energético en iluminación	151
6. Sistema de control energético	152
7. Proyecto de autoconsumo	154
8. Formación e información continua	156
INSTALACIÓN DE SISTEMAS EFICIENTES DE CALOR A GAS DE BUDERUS MEDIANTE EQUIPOS AUTÓNOMOS DE GENERACIÓN DE CALOR EN MADRID	157
1. ¿Qué son los equipos autónomos de generación de calor?	157
2. ¿Cuándo elegir un equipo autónomo de generación de calor?	157
3. ¿Qué encontramos en el interior de un equipo autónomo de generación de calor?	158
4. Caso práctico	159
5. Soluciones para mejorar la eficiencia energética en edificios	163

REPARTIDORES DE COSTES DE CALEFACCIÓN CENTRAL Y VÁLVULAS CON CABEZAL TERMOSTÁTICO

1. Introducción
2. Caso Práctico
3. Especificaciones

165

165

167

170



Si se hace un repaso de los factores que son capaces de influir en el consumo energético de la Comunidad de Madrid, se pueden citar: una población superior a 6 millones de habitantes, una alta tasa demográfica, un territorio bastante reducido, una importante actividad económica que aporta la sexta parte del PIB nacional y un escaso potencial de recursos energéticos. En vista de esto, es posible concluir que nos encontramos ante una región netamente consumidora de energía.

Características, además, que la convierten en un caso único en el territorio nacional, en el que la energía se configura como un factor clave para el desarrollo económico e industrial de la región, a pesar de su reducida producción autóctona y su alto consumo energético, que no ha cesado de crecer en los últimos años.

Se puede afirmar que la evolución de la edificación está íntimamente relacionada con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejora en la gestión energética de las viviendas. En este sentido, es impensable no tomar conciencia de la importancia que supone el gasto energético, que representa una partida muy importante en cualquier edificio.

Es bien conocida la política energética que la Unión Europea impulsa desde hace unos años en torno a la Eficiencia Energética, así como los objetivos más importantes conocidos como el 20/20/20 para el año 2020. En resumen, el desarrollo de políticas energéticas y medioambientales y, en particular, de la reducción del consumo energético y de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero son asuntos de permanente actualidad y motivo de interés permanente.

Por todo ello, la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid a través de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, publica esta **Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio**, con la que se pretende apoyar a los propietarios de cualquier edificio y dar a conocer al público en general diferentes medidas y nuevas tecnologías de control y gestión que se pueden acometer. Todo ello enmarcado dentro de la campaña «Madrid Ahorra con Energía».

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Comunidad de Madrid



1

DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EDIFICACIÓN

Raquel Hoyos López

Directora Técnica Comercial

ÁBACO AMBIENTAL

www.abacoambiental.es



1.1. INTRODUCCIÓN

El momento actual se hace necesario que, no sólo por una cuestión de ahorro para las empresas y usuarios, sino también por un compromiso social y medioambiental, se gestionen los edificios de forma energéticamente responsable. Esto quiere decir que habrá que modificar el perfil de consumo tradicional y aprender a optimizar el consumo de energía.

El sistema energético convencional, las tecnologías y la industria basadas en los combustibles fósiles están obsoletos.

Cabe destacar que actualmente se está produciendo una convergencia de tecnologías de la comunicación y nuevos sistemas energéticos que dará lugar en el futuro a una revolución industrial. Es decir, la conjunción de la tecnología de comunicación por Internet y las energías renovables dará lugar a un nuevo sistema energético basado en la eficiencia, la gestión de la demanda y las energías renovables en la edificación y el transporte y su interconexión a través de redes inteligentes. Todo el sistema será interactivo e integrado.

Hoy por hoy, la energía es un bien finito, escaso y caro que se mueve en un mercado cada vez más inseguro. Su producción, gestión, transporte y consumo se han convertido en problemas de orden mundial que exigen de la implicación de todos los poderes públicos y toda la sociedad para poder abordarse con garantías.

Es por todo ello por lo que entre los objetivos que se plantea y se promueve desde la Comunidad de Madrid estarían:

- Fomentar el ahorro energético y mejorar la eficiencia en todos los sectores y en diversos niveles.



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Promover el uso de los recursos energéticos propios, de origen renovable. Tenemos la necesidad de aumentar la independencia energética hacia lo local.
- Atender a la satisfacción de la demanda energética de la Comunidad, mejorando las infraestructuras de suministro.
- Velar por los efectos medioambientales que se produzcan en el aprovechamiento de los recursos energéticos.
- La sostenibilidad social, económica y medioambiental.

1.2. DEMANDA ENERGÉTICA Y CONSUMO ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO

La «demanda energética» de un edificio es la energía que éste requiere para que en su interior un usuario pueda disfrutar de unas determinadas condiciones de confort. Esta energía incluirá entre otras, la energía necesaria para la calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación.

Esta energía es suministrada por un sistema que tiene un rendimiento determinado y, por tanto, la energía que se suministra al sistema no coincidirá con la energía consumida. Salvo excepciones se consume más energía que la estrictamente requerida por el sistema para suministrar la demanda. A la energía consumida por el equipo para satisfacer la demanda es lo que llamamos consumo. El consumo atiende pues a la relación siguiente entre la demanda y el rendimiento del sistema suministrador de energía.

$$\text{Consumo} = \text{Demanda} / \text{Rendimiento}$$

Por tanto el «consumo energético», es el gasto energético que realmente tiene el edificio.

El objetivo final de la eficiencia energética es reducir el consumo de energía en los edificios, luego para ello podemos:

- a) Reducir la demanda.
- b) Aumentar el rendimiento de los sistemas.
- c) Actuar simultáneamente sobre la demanda y los sistemas.

La optimización se consigue realizando ambas acciones simultáneamente.

Por otra parte, para evaluar el impacto real de un determinado equipo, hay que realizar el análisis teniendo en cuenta no sólo la energía final que se le ha suministrado para cubrir la demanda, sino que hay que considerar la fuente de energía primaria utilizada para este fin.

En los edificios varía considerablemente la demanda de energía dependiendo de su función, así un edificio comercial presenta una demanda muy diferente, tanto en la calidad como en la distribución temporal, a la de una vivienda. Las necesidades de iluminación en un centro comercial son muy elevadas y la demanda de agua caliente sanitaria es muy baja. Sin embargo, en una vivienda, este tipo de demanda se invierte. En general, la demanda en los edificios es, básicamente de tres tipos:

- **Térmica**, para satisfacer los requerimientos de ACS, calefacción y refrigeración.
- **Luminosa**, para los requerimientos de confort lumínico.
- **Eléctrica**, para las aplicaciones (diferentes aparatos) con alimentación eléctrica.

El tipo de energía que se use para satisfacer estas demandas puede ser eléctrica o térmica, y la fuente de energía primaria puede ser fósil, nuclear o renovable.

La demanda energética de un edificio varía ostensiblemente dependiendo de varios factores que básicamente se puede clasificar en los siguientes:

- La ubicación y climatología.
- La función y uso final del edificio.
- El diseño del edificio.
- La calidad de la construcción.
- El comportamiento del usuario.

1.3. CONSUMOS DE ENERGÍA EN ESPAÑA

El sector energético en España se encuentra en un momento de incertidumbre. Tiene una elevada dependencia exterior, en torno al 80 % frente a una media europea ligeramente superior al 50 %.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Es por ello que fomentar las energías renovables y la eficiencia energética sean una necesidad para la evolución de la economía española.

Durante los últimos años se han llevado a cabo estrategias como la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 y el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (PANER 2011-2020) entre otras.

Como consecuencia de las mismas se ha producido un importante crecimiento de las energías renovables y de su tecnología (eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, ...).

En la siguiente tabla se aprecia cómo ha evolucionado el consumo final de energía por sectores (ktep) a nivel nacional.

Tabla 1. Balance anual de consumos de energía final por sectores.
Fuente: MINETUR, IDAE.

Unidad medida (ktep)	Total año 2000	Total año 2001	Total año 2002	Total año 2003	Total año 2004	Total año 2005	Total año 2006	Total año 2007	Total año 2008	Total año 2009	Total año 2010	Total año 2011	Total año 2012
Industria	25.331	27.132	27.457	29.434	30.266	31.103	25.485	27.541	25.909	21.238	21.528	21.344	20.756
Transportes	32.882	34.291	34.804	36.626	38.347	39.670	40.829	42.089	40.318	37.719	37.025	35.889	33.228
Usos diversos	21.298	22.099	22.602	24.176	25.959	26.857	29.019	28.358	28.283	28.664	30.455	29.272	29.007
Agricultura	2.578	2.403	2.367	2.947	3.345	3.115	2.815	2.947	2.699	2.363	2.243	2.404	2.677
Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	6.713	7.062	7.258	7.145	7.749	8.419	8.930	8.822	9.300	9.409	9.801	10.206	10.043
Residencial	12.004	12.624	12.956	13.902	14.676	15.137	15.582	15.628	15.498	15.928	16.924	15.631	15.503
Otros no especificados	4	10	21	182	188	186	1.691	962	786	965	1.487	1.031	745
Consumo energía final	79.511	83.522	84.863	90.237	94.571	97.630	95.333	97.988	94.511	87.621	89.008	86.505	82.991

Nota: «—» significa que no se ha detectado consumo de energía, «0» significa consumo cero.

Observando los diferentes sectores, el de transportes es el mayor consumidor con el 40 % del consumo final total (en año 2012). El segundo lugar lo ocupa la industria con alrededor del 25 %, a lo que siguen los sectores de usos diversos (servicios, residencial,...).

Los sectores de la industria y transportes han empezado a reducir su consumo debido en gran parte a la crisis económica mientras que los



sectores de comercio, servicios, Administraciones Públicas y residencial han ido a la alza en los últimos años.

Este último dato nos confirma la importancia de gestionar la demanda energética de los edificios con el propósito entre otros de disminuir el consumo de energía de los mismos.

En la siguiente tabla se puede apreciar el consumo de energía final en España en los años 2012 y 2013. La tabla resume por fuentes energéticas, con especial detalle en las fuentes renovables.

Tabla 2. Balance anual de consumos de energía final por fuentes energéticas. Fuente: MINETUR, IDAE.

Unidad de medida: KTEP	2012	Variación interanual	EST.	2013	Variación interanual	EST.
Carbón	1.507	-19,0 %	1,7 %	1.633	8,3 %	1,9 %
Productos Petrolíferos	45.543	-8,9 %	51,2 %	43.419	-4,7 %	50,8 %
Gas Natural	14.987	2,7 %	16,8 %	15.104	0,8 %	17,7 %
Electricidad no renovable	14.126	0,8 %	15,9 %	11.694	-17,2 %	13,7 %
Electricidad renovable	6.535	-1,2 %	7,3 %	8.258	26,4 %	9,7 %
Renovables Térmicas	6.273	8,2 %	7,1 %	5.329	-15,0 %	6,2 %
Biomasa y biogás	3.908	1,3 %	4,4 %	4.006	2,5 %	4,7 %
Biocarburantes	2.127	23,6 %	2,4 %	1.067	-49,9 %	1,2 %
Solar Térmica	220	7,7 %	0,2 %	238	8,2 %	0,3 %
Geotérmica	18	3,3 %	0,02 %	18	1,9 %	0,02 %
TOTAL	88.971	-4,2 %	100,0 %	85.437	-4,0 %	100,0 %

En cuanto a las energías renovables, éstas representaron en el año 2013 el 15,9 % del total nacional.

En cuanto a la producción propia de energía, en España, son las centrales nucleares el principal productor de energía, seguida por las energías renovables y los combustibles fósiles.

1.4. CONSUMOS DE ENERGÍA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La Comunidad de Madrid se caracteriza por ser una región con una población superior a seis millones de habitantes, con una alta densi-



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

dad demográfica (13,6 % del total de población nacional), una importante actividad económica, centrada en el sector servicios, que aporta la sexta parte del PIB nacional. La Comunidad de Madrid también se caracteriza por su escasa generación de recursos energéticos y ser altamente dependiente en recursos energéticos del exterior.

La energía se configura en un factor clave para el desarrollo de la región, a pesar de su escasa producción autóctona y su alto consumo energético, que no ha cesado de crecer en los últimos años. Nuestra región alcanza altos niveles de dependencia energética, donde su reducido territorio y su alta densidad de población, hacen que no sea sencillo solventar esta deficiencia.

A continuación se puede observar la evolución del consumo de energía final en los últimos años.

Tabla 3. Evolución del consumo de energía final (ktep) en la Comunidad de Madrid. Fuente: FENERCOM.

UNIDAD DE MEDIDA: KTEP	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012
Productos Petrolíferos	5.962	6.250	6.366	6.603	6.673	6.112	5.956	5.681
Electricidad	1.871	2.055	2.288	2.493	2.633	2.543	2.465	2.246
Gas Natural	1.208	1.464	1.758	1.929	2.076	2.156	2.026	2.024
Energía térmica	134	164	187	197	195	180	207	207
Carbón	26	23	20	19	17	14	8	6
Otros (biocarb.)	0	0	0	3	21	48	28	29
TOTAL	9.200	9.955	10.619	11.244	11.614	11.054	10.691	10.192

En cuanto a la fuente energética final consumida, en el 2012 los derivados del petróleo superaron más del 55,7 % del consumo, siguiéndole la electricidad con un 22 %, el gas natural con un 19,9 % y el resto de fuentes poco más de un 2,4 %.

En cuanto a la evolución de consumo final de energía se puede observar como desde el año 2000 al año 2012 ha aumentado en un 10,8 %, aunque se produjo un importante decrecimiento continuado desde 2009.

El consumo de energía por habitante y año (intensidad energética) ha decrecido debido a los efectos beneficiosos de la política energética aplicada en los últimos años en materia de ahorro y eficiencia energética.

En la siguiente tabla, se puede observar cómo ha evolucionado el consumo de energía final por sectores (ktep) en la Comunidad de Madrid.

Tabla 4. Consumo de energía final por sectores (ktep) en la Comunidad de Madrid. Fuente: FENERCOM.

UNIDAD DE MEDIDA: KTEP	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012
Transporte	4.601	5.098	5.233	5.558	5.814	5.440	5.428	5.176
Doméstico	2.292	2.421	2.636	2.613	2.668	2.560	2.483	2.396
Industria	1.181	1.205	1.282	1.371	1.378	1.245	990	869
Servicios	868	861	1.060	1.212	1.313	1.424	1.375	1.367
Agricultura	153	265	285	351	307	232	202	146
Otros	95	96	113	109	124	144	203	226
Energético	10	8	9	30	10	10	10	12
TOTAL (Ktep)	9.200	9.955	10.619	11.244	11.614	11.054	10.691	10.192



En la Comunidad de Madrid para el año 2012, los sectores con un mayor consumo de energía final son el sector transporte (50,8 %), el sector doméstico (23,5 %), el sector servicios (13,4 %) y el sector industrial (8,5 %). Finalmente, se sitúan el sector agricultura con un 1,4 %, y el resto (energético y otros) con un 2,3 %.

Una vez más observamos la importancia de una gestión adecuada de la demanda energética de los edificios, puesto que representa un porcentaje elevado en la totalidad de consumo de energía en la Comunidad de Madrid.

1.5. INSTALACIONES RELEVANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA.

1.5.1. Instalaciones térmicas

Son las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria.

El objetivo que deberíamos conseguir en las instalaciones térmicas de un edificio es un uso racional de la energía.

Las mayores exigencias en eficiencia energética serían:



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Mayor Rendimiento Energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas. Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.
- Optimización de la gestión de los consumos energéticos.

1.5.2. Iluminación e Instalación eléctrica.

Son las instalaciones destinadas a atender la demanda de electricidad y de iluminación.

En cuanto a la iluminación se optimizará también, entre otros medios, con el empleo de la luz natural que conlleva un ahorro energético importante, sobre todo en el sector terciario, y concretamente en los edificios de oficinas, y por otra parte, su utilización contribuye de manera fundamental al confort lumínico y por tanto a la calidad ambiental de los edificios.

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, contando con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de iluminación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas que reúnan unas condiciones adecuadas.

Es conveniente que el edificio cuente con diseño de instalaciones de bajo consumo en iluminación y en cuanto a las instalaciones eléctricas es conveniente que todos los equipos tales como los equipos para transporte de fluidos, ventiladores y bombas sean sustituidos o diseñados por otros equipos que cuenten con motores de alta eficacia y variadores de velocidad.



1.5.3. Suministro de agua. Tratamiento de aguas residuales.

Son aquellas instalaciones encargadas de suministrar el agua con las características necesarias para cada uso y aquellas de tratamiento de las aguas residuales, tales como plantas de tratamiento de agua potable, desalinizadoras, depuradoras de aguas residuales y tratamientos terciarios para reutilización.

Como en el caso anterior, los equipos de las plantas deberían de tener motores de alta eficacia e intentar que el consumo de energía se minimice.

1.6. INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA EDIFICACIÓN

La energía que consumen ya muchos edificios proviene de fuentes de energías renovables y la mayoría de proyectos arquitectónicos que se diseñan para el futuro, lo hacen de manera minuciosa con el fin de aprovechar al máximo los recursos naturales.

Las energías renovables, tanto la solar térmica y fotovoltaica, la eólica, la biomasa y/o geotérmica, hacen que los edificios puedan llegar a ser autosuficientes. Se trata de construcciones que gracias a los recursos naturales como el agua, viento y el sol, logran sostenerse energéticamente y evitan la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Por otro lado, fuentes estadísticas muestran que el 40 % de la energía final que se consume en Europa lo hace en el sector de la edificación, lo que hace especialmente interesante las inversiones en eficiencia y gestión energética en este sector.

La integración de las energías renovables, como la energía solar en la edificación, hace que además del ahorro energético y eco-



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

nómico, se obtenga una mayor calificación de eficiencia energética y se avance hacia construcciones más sostenibles. Esta integración es una solución de eficiencia energética para muchos edificios que contribuye a una reducción del consumo energético de los mismos.

De hecho, el Código Técnico de la Edificación (CTE) exige que un tanto por ciento del agua caliente sanitaria se satisfaga con energía solar térmica u otras fuentes de energías renovables. Este código también obliga al aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en algunos edificios, dados los niveles de radiación solar que hay en España.



Foto 1. Instalación solar fotovoltaica integrada en edificio de una empresa.
Fuente: ABACO AMBIENTAL, S.L.



Foto 2. Instalación solar térmica en edificio de oficinas.
Fuente: ABACO AMBIENTAL, S.L.



1.7. GESTIÓN ENERGÉTICA EFICIENTE. MEDIDAS PARA LA OPTIMIZACIÓN

La gestión energéticamente eficiente de los edificios y la optimización en el control de las instalaciones permite satisfacer la demanda energética con el menor consumo energético. Para alcanzar este fin sería necesario:

- Conocer la demanda energética del edificio, las instalaciones disponibles y el horario de uso previsto.
- Disponer de la información de la situación instantáneamente, sistemas que muestren los datos a los gestores energéticos y equipos que actúen sobre las instalaciones energéticas.
- Generar estrategias o protocolos de uso de las instalaciones, históricos de consumo y seguimiento de los ahorros generados.

Además de limitar la demanda energética para su funcionamiento, y haber previsto los sistemas activos más eficientes para cada situación, será muy importante también la utilización de sistemas provenientes de energías renovables y fuentes o recursos locales, minimizando las energías fósiles, con criterios de máxima eficiencia.



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

La gestión de la demanda es la planificación e implementación de distintas medidas destinadas a influir en el modo de consumir energía. Con la introducción de estas medidas se contribuye a una mejor integración de las energías renovables en el sistema, con la consiguiente reducción de las emisiones de CO₂ y a una mayor eficiencia global del sistema.

En los siguientes capítulos de la guía se pueden ver actuaciones específicas sobre cómo gestionar la demanda energética de los edificios.

2

PERFILES DE CONSUMO ELÉCTRICO Y SU OPTIMIZACIÓN

Juan Carlos de Pablo Olaiz

José María Escudero López

Socios fundadores de Ecoinversol

www.ecoinversol.com.



2.1. INTRODUCCIÓN

La reducción del consumo de electricidad en edificios está adquiriendo una gran importancia, reforzada tanto por consideraciones económicas asociadas a una crisis prolongada como por cuestiones de sostenibilidad medioambiental, que la propia crisis ha ocultado en parte pero que no han desaparecido. Tanto es así, que, además de ser una oportunidad de reducción de costes para quien soporta la factura eléctrica, la reducción del consumo ha pasado a ser una oportunidad de negocio para empresas que gestionan o pueden gestionar dichos consumos, como empresas de servicios energéticos o de mantenimiento, instaladores, arquitectos, ingenierías, consultorías..., que pueden desempeñar el papel de gestores en rehabilitaciones energéticas de edificios.

En España, la necesidad de incorporar la reducción de consumo en el sector terciario resulta *más importante por la elevada dependencia de combustibles que deben ser importados* —superior a un 75 % en promedio 2008-2013— y cuyo impacto en la balanza de pagos se hace más punzante en la actualidad. Pese a las mejoras en eficiencia energética, —que han conducido a una mejora de la intensidad energética en aproximadamente un 15 % en la última década— y la incorporación de energías renovables —que en 2013 ya suponían más de un 40 % de la generación de electricidad y más de un 50 % si se incluye la cogeneración—, queda mucho camino por recorrer para alcanzar un equilibrio sostenible en las dimensiones técnica, económica y medioambiental entre la generación y la demanda de energía.

Por otra parte, la evolución tecnológica y el interés del sector han generado la proliferación de numerosas soluciones y equipos de eficiencia energética —algunas de ellas presentadas comercialmente casi



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

como soluciones «milagro»—. En su mayoría, implican una inversión para que el edificio las incorpore. Esta inversión no suele ser muy significativa en comparación con el coste total de un edificio nuevo o una reforma integral, pero sí puede ser apreciable o incluso inabordable cuando los presupuestos anuales del edificio están muy ajustados o bien en rehabilitaciones más modestas, que son las más abundantes en tiempos de incertidumbre económica.

Ante esta proliferación de soluciones, resulta oportuno afirmar que no hay una única solución válida universal de eficiencia energética: no existen: ni «fórmulas mágicas», ni «balas de plata», ni «piedras filosofales». Como veremos, lo que más se aproxima es el estudio analítico de información relevante, para detectar oportunidades de ahorro. Los avances en electrónica y en tecnologías de la información y telecomunicaciones (TIC) ha propiciado la aparición de contadores electrónicos y plataformas de gestión energética, que ponen a disposición de gestores energéticos datos de medida mucho más detallados que los de la factura eléctrica tradicional. Con ellos, el gestor energético dispone de una potente herramienta para identificar oportunidades de reducción de consumo que pasaban desapercibidas.

En definitiva, los factores que impulsan a estudiar los perfiles de consumo, a nivel de edificio e incluso de una zona o parte del mismo, proceden de:

- La demanda de energía: consumidores y gestores de edificios preocupados por el incremento de sus gastos energéticos y, en particular, eléctricos.
- La producción de energía: reducción de la dependencia energética, mejoras medioambientales.
- La evolución tecnológica, que pone a disposición más herramientas para disponer de estos perfiles a costes bajos, así como para actuar en su optimización.

2.2. OBJETIVOS Y ALCANCE

En otros capítulos de esta guía se exponen con detalle diversas tecnologías gestión de la demanda y de certificación de edificios. Los objetivos del son:

- Demostrar la importancia de estudiar los perfiles de demanda de los edificios con grados de profundidad crecientes y de procurar optimizarlos en fases sucesivas, de manera que se adapten bien a la realidad económica y operativa de las empresas que los ocupan.
- Difundir entre los gestores energéticos, mantenedores y usuarios la importancia de basar sus actuaciones en estos perfiles, para no dar pasos en falso.
- Mostrar casos representativos de optimización con bajo coste.

Se consideran preferentemente edificios del sector terciario (centros comerciales, edificios de oficinas, hospitales, educación, restaurantes, hoteles y otros), que aproximadamente supone en España un 10 % del consumo final de energía y un 28 % del consumo eléctrico, así como edificios industriales (logísticos, naves de industrias de transformación).

Se dejan fuera del alcance de este capítulo las posibilidades de reducción en el ámbito residencial o equivalentes en magnitud económica. Como regla general, el método expuesto a continuación no se justifica económicamente para consumos inferiores a 50.000 €/año (en uno o varios puntos de suministro que puedan agregarse), por lo que para consumos pequeños puede convenir optar por otros enfoques, que son el objeto de otras guías dirigidas al consumidor doméstico o a comunidades de vecinos.

2.3. PLANTEAMIENTO Y CRITERIOS DE UTILIDAD

Con cierta frecuencia los gestores energéticos, externos o internos, comienzan bien por inventarios de datos que a veces resultan poco eficaces o poco pragmáticos. Es el caso de algunos tipos de auditorías energéticas, muy exhaustivas en datos descriptivos de las instalaciones y poco detalladas en medidas de consumos, y que acaban por proponer soluciones cuyo impacto real en el consumo específico del edificio o conjunto de edificios no está verificado y puede ser muy variable. Los estudios y auditorías deben ser un medio, no un fin. Si se convierten en un fin, no se implantan.

Existen múltiples motivos por los que soluciones que generan ahorros en los cálculos incluidos en presupuestos o justificaciones económicas





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

dan resultados muy diferentes cuando se aplican a instalaciones reales. Estos motivos se pueden agrupar alrededor de una combinación de factores:

- El factor tiempo: sin medidas previas, no se suele conocer el tiempo de funcionamiento real de cada aparato.
- El factor ponderación: igualmente, sin medidas previas, no se suele conocer la ponderación de una parte del consumo (ej. iluminación, climatización, fuerza, consumo de la última planta...) en el total.
- El factor calidad de red: las características de las ondas de tensión, intensidad y frecuencia en un punto de suministro son variables, lo que altera la posible disminución de consumo.
- El factor instalación: el circuito equivalente de una instalación real cambia en el tiempo, —incluso cada día puede pasar de inductivo a capacitivo según las horas—, el edificio «está vivo» también desde el punto de vista eléctrico lo que impacta en el rendimiento de muchos equipos de ahorro.

Sería inabordable económicamente elaborar una simulación específica que tenga en cuenta de manera fiable y bien calibrada, para cada edificio singular, todos los factores anteriores para realizar ajustes plausibles entre ahorros estimados y reales. Resulta mucho más práctico y económico realizar ensayos y verificaciones sobre el edificio real, lo que supone comenzar por un conocimiento suficientemente completo del perfil de consumo.

Como ejemplo, en las Figs. 1 y 2 se representan los perfiles de consumo horarios de dos hoteles. Puede apreciarse que, pese a ser dos edificios dedicados a la misma actividad económica, los perfiles son muy distintos, tanto en forma como en magnitud. Por ello el dimensionamiento de soluciones de eficiencia energética (tales como mejoras en iluminación y climatización), *la incorporación de energías renovables para cubrir su demanda (por ejemplo, fotovoltaica o geotérmica) o la incorporación de cogeneración debe ser muy diferente en uno o en otro. Es muy probable que una solución que encaje bien y sea rentable en uno de los hoteles no lo sea en el otro.*

De lo anterior se deduce un criterio importante para evaluar las soluciones de eficiencia energética y energías renovables: las soluciones son, sobre todo, adecuadas o inadecuadas para una situación dada,

antes que buenas o malas en sí. El dicho británico *Horses for courses*. («hay caballos para carreras o pistas distintas») resulta plenamente aplicable.

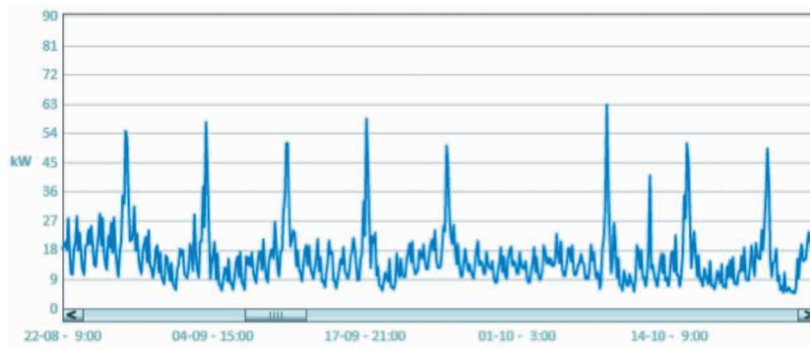


Figura 1. Perfil de consumo horario de un hotel rural pequeño, temporada verano-otoño, zona Extremadura. Fuente: plataforma Enefy.

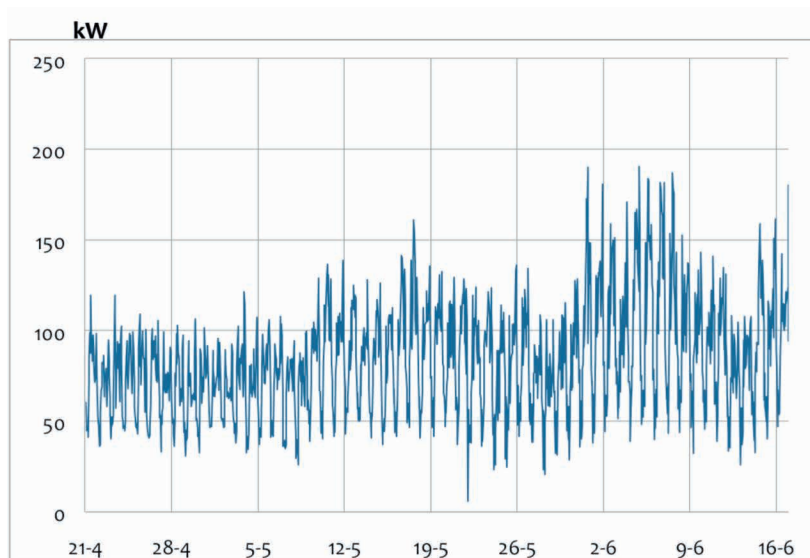


Figura 2. Perfil de consumo horario de un hotel de ciudad, temporada primavera, zona centro. Fuente: análisis Enefy.

Un segundo criterio que se debe considerar está relacionado con la proporción debida entre medida y análisis y el potencial de ahorro. Con cierta frecuencia se ven proyectos de medida sobre-especificados y análisis excesivamente prolijos, sin criterio claro de lo que se va buscando. En otras palabras, conviene evitar la «parálisis por el análisis».





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Como orientación sobre los sistemas de medida, en la Fig. 3 se clasifican los principales sistemas frente a su coste de ciclo de vida. Para su correcta elección hay que plantearse el uso de los datos, frecuencia, permanencia y la relación esperada entre coste y beneficio.

Se ha comprobado que la atención semanal, mensual o por campañas –según la importancia económica del consumo– es tanto o más efectiva que la implantación de sistemas o equipos más costosos. Estos, además de suponer una inversión significativa que muchos edificios no se pueden permitir en situación de incertidumbre económica, con cierta frecuencia acaban siendo infrutilizados o producen unos resultados por debajo de las expectativas, porque en bastantes casos no eran realistas.

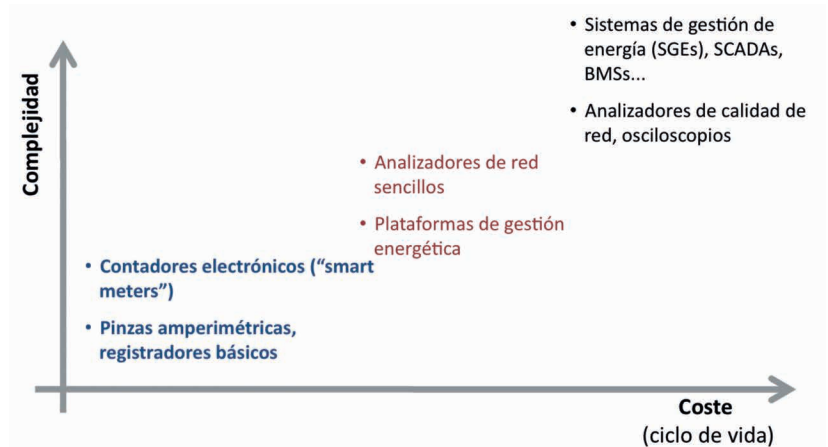


Figura 3. Clasificación de los principales sistemas de adquisición de datos para obtener perfiles de demanda de edificios. Fuente: análisis Ecoinversol.

Otro aspecto que conviene tener en cuenta es la diferencia entre estudiar y optimizar un perfil de demanda de cara al sistema eléctrico y hacerlo de cara a los usos del edificio. En general, de cara al sistema eléctrico conviene que la curva de demanda agregada o global sea lo más plana posible. Para ello, el gestor del sistema eléctrico (Red Eléctrica en España) emplea varios tipos de actuaciones: medidas de eficiencia y ahorro energético, la discriminación horaria, la gestión automática de cargas o el servicio de gestión de demanda de interrumpibilidad.

Sin embargo, la optimización del perfil de demanda de un edificio concreto del sector terciario o industrial parte de unos objetivos distin-

tos, si bien las actuaciones no tienen por qué ser contrarias al sistema eléctrico. Lo que se pretende es adaptar el perfil de demanda a las necesidades reales del edificio y hacerlo de manera que resulte lo más económico posible.

Finalmente, conviene señalar que, a la vista de los resultados que se obtienen, la optimización de perfiles de consumo es una herramienta adecuada para la implantación de los requerimientos de la Directiva de la Unión Europea de Eficiencia Energética, tales como la obligación de las compañías de suministro de electricidad de conseguir un ahorro de energía de al menos un 1,5 % anual en sus clientes.

2.4. METODOLOGÍA: LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PERFILES DE CONSUMO EN TRES FASES

Un método que se ajusta bien a la realidad técnica y económica de edificios operativos se desarrolla en tres fases:

2.4.1. Fase A: Lanzamiento y diagnóstico.

En ella se realiza un estudio del perfil o perfiles de consumo del edificio para deducir con una buena base de hechos, no de opiniones o de ahorros «de catálogo», el conjunto de actuaciones de eficiencia energética y/o de energías renovables más adecuadas para el edificio.

Hay varios parámetros que deben tenerse en cuenta a la hora de determinar los datos que deben de manejarse en este estudio:

- En primer lugar, la fuente de los mismos: si el edificio dispone de un contador electrónico y la compañía eléctrica puede proporcionar acceso a los datos. Si el edificio dispone de un sistema de monitorización se pueden obtener los datos del mismo. En caso contrario será necesario instalar analizadores de redes, bien portátiles o permanentes. Véase también la Fig. 3.
- La frecuencia de registro de datos a analizar: en general, y salvo que convenga analizar transitorios o aspectos de calidad de red, los datos cuarto-horario u horarios son suficientes. Conviene distinguir entre el periodo de registro (cuando el aparato almacena datos) y periodo de muestreo (cuando el aparato los mide), ya que





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

este será muy inferior, normalmente con una frecuencia de varias veces por segundo.

- Número de puntos de medida: al menos se necesita obtener datos en el/los puntos de suministro (CUPS) del edificio. En edificios o complejos de edificios grandes, suele ser conveniente, en esta fase o en fases posteriores, manejar datos a nivel de circuitos, lo que a veces se denomina «submedida». La submedida, a su vez, puede plantearse por zonas del edificio (ej. planta 1, nave 2) o por usos (iluminación, climatización, tomas de corriente...). También pueden combinarse ambos criterios. Para la selección de los circuitos a medir debe tenerse en cuenta:

- Importancia del circuito cuyo consumo se quiere analizar.
- Potencial estimado de ahorro.
- Facilidad técnica para la medición del circuito.

- Periodo analizado: debe ser significativo del uso del edificio. En edificios de uso muy uniforme, es decir, donde se espera que los perfiles de demanda varíen poco entre días, uno o dos meses suelen ser suficientes. Si el uso es marcadamente estacional, conviene centrarse en los meses de temporada alta. En los casos de usos irregulares o varias temporadas de uso al año, conviene abarcar el año completo.
- Tipos de jornadas de utilización del edificio: también hay que considerar los diferentes perfiles ocasionados por ellas, por ejemplo días laborables y fines de semana, festivos especiales, temporadas en edificios agroalimentarios, etc.

Se recomienda que la selección inicial de circuitos comprenda un número significativo pero no exhaustivo. Asimismo, el periodo elegido de esta primera fase debe ser un equilibrio entre practicidad y relevancia. Conviene complementar y contrastar estos datos con la información de facturas (mucho más limitada pero que abarca un periodo más largo) y con información sobre prácticas y necesidades en el uso de la energía eléctrica, que se puede obtener a través de un cuestionario utilizado como guía.

El resultado de esta fase es un informe con el estudio de perfiles de consumo y oportunidades de ahorro, con análisis basados en datos del propio edificio, que lo soportan y lo hacen mucho más robusto frente a estimaciones basadas exclusivamente en los comportamien-

tos de estas soluciones en otros edificios, con otros perfiles de demanda. Conviene recordar que pueden ser muy diferentes, como se mostró en las Figs. 1 y 2.

Este informe es un elemento clave para emprender con éxito las siguientes fases.

2.4.2. Fase B: Plan de actuaciones a corto plazo para reducción del consumo.

En esta fase se pone en marcha un proyecto para identificar actuaciones de ahorro, priorizando e implantando las medidas más inmediatas, con inversión reducida (y, en la mayoría de los casos, amortizable en menos de tres años) o incluso nula.

La duración de esta fase es variable, según la dedicación estimada del asesor externo, del gestor energético interno y de otros colaboradores (personal interno o externo de mantenimiento, fabricantes de equipos existentes en el edificio) que deben formar parte del equipo de mejora que se establezca para el proyecto. En general puede hablarse de proyectos entre dos y cuatro meses de duración si cuentan con la dedicación adecuada.

Algunos ejemplos de actuaciones que normalmente requieren poca o nula inversión son:

- La reducción de consumos ocultos, procedentes de equipos que pueden permanecer apagados una parte del día o de la noche, o cuyo encendido se puede retrasar o ajustar al uso, mediante concienciación o control con automatismos sencillos (ej. detectores de presencia bien ubicados).
- La reducción de iluminaciones o climatizaciones innecesarias.
- El ajuste de potencias contratadas y, si existiera, del exceso de energía reactiva.
- La programación de encendidos y apagados de equipos, especialmente aquellos secuenciables o zonificables.
- El ajuste de consignas y de regulaciones activas o pasivas de climatización y de frío comercial (ej. en supermercados, estaciones de servicio) y de frío industrial (ej. cámaras de la industria agroalimentaria).





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Mejoras rentables del mantenimiento.
- Actuaciones de concienciación, que son mucho más eficaces cuando se basan en datos reales y actuaciones en el edificio (efecto *Hawthorne*), en vez de sólo en datos más generalistas (datos macro a nivel país, comunidad autónoma, sector...).

Como resultado de esta fase, se obtiene el ajuste del consumo del edificio a las posibilidades de las instalaciones y usos actuales del mismo. En los casos en que proceda, se realizan pruebas cuantificadas de diversos modos de operación hasta encontrar el más adecuado, lo que supone la realización de una o varias campañas de medida de perfiles de circuitos específicos, por zonas o por usos. Por ejemplo, puede emprenderse, como actuación que forma parte de este proyecto de mejora, el ajuste de la climatización de la planta 2, que es la que se determinó en la fase anterior que era la que más potencial de ahorro tenía.

2.4.3. Fase C: Selección de inversiones

En ella en primer lugar se analizan las inversiones que, a la luz de las fases anteriores y de las condiciones del edificio, pueden ser factibles técnica y económicamente y tener un mayor impacto en la reducción de consumos. Para ser realistas, conviene clasificar estas inversiones en dos dimensiones: por su impacto según un parámetro de inversión (ej. ROI o TIR a x años) y por su facilidad de implantación.

Algunos ejemplos de actuaciones que requieren inversiones en la que conviene ser selectivo son:

- La mejora y sustitución selectiva de parte del alumbrado.
- El mejor aprovechamiento de la luz natural.
- La incorporación de mejoras en los circuitos o sistemas de control de climatización o de frío comercial/industrial.
- Los acondicionadores de redes, a veces denominados «ahorradores de energía».
- Los sistemas de telegestión o de inmótica.
- La introducción de energías renovables para uso térmico y/o eléctrico.

Una vez seleccionadas las preferibles, se comienza un proceso de selección de suministradores a partir de un alcance predefinido. Este proceso es mucho más eficaz que la recepción de propuestas de suministradores no basadas en análisis del propio edificio. Asimismo, facilita la realización de pruebas y ensayos antes de acometer inversiones completas, lo que minimiza la asunción de riesgos en la implantación.

Para concluir este apartado es oportuno comentar que el orden lógico de las fases no tiene por qué ser un orden temporal estricto. Por ejemplo, es posible acometer la fase 3 con cierto solape con la fase 2. O, en casos muy obvios, analizar directamente una inversión mientras se realiza la fase 1. Por tanto, es perfectamente compatible e incluso complementaria con otras actuaciones en curso que se puedan estar llevando a cabo para la rehabilitación energética de los edificios.

2.5. EJEMPLOS DE APLICACIÓN: RESULTADOS

2.5.1. Aplicación a un supermercado

El supermercado se encuentra en un local de unos 600 m², reformado íntegramente en plena crisis (2012). Su horario es de lunes a sábado de 9:30 a 21:30 y domingos 10:00 a 15:00. Cuenta con una cafetería anexa, que se determinó que suponía un 15 % del consumo.

El supermercado, pese a tener un contador electrónico, no disponía de datos de consumos más allá de los incluidos en una factura con discriminación horaria de tipo 3 (esto es, punta-llano-valle). Por ello fue necesario instalar un analizador de redes sencillo, que proporcionara las potencias medias o consumos horarios.

La Fig. 4 muestra el perfil horario de demanda obtenido. Se aprecia que con ella se puede calibrar bien y cuantificar el efecto de varios eventos, lo que da argumentos sólidos para toma de decisiones operativas o de inversión. También se observa que existe un consumo permanente (esto es, la carga base, que se mantiene las 24 h) considerable, que, además presenta unas variaciones significativas entre un día y otro (flechas rojas y verdes).





Figura 4. Perfil de consumo horario de un supermercado.
Fuente: plataforma Enefy. Análisis Ecoinversol.

En la Fig. 5 se muestra el consumo acumulado en cada día. Además de contribuir a identificar posibilidades de mejora, la curva permite dimensionar correctamente nuevas opciones de abastecimiento de energía, combinando tecnologías.

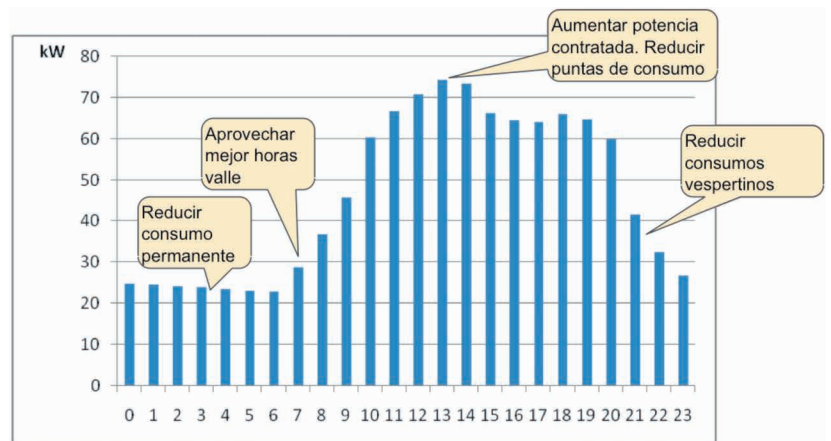


Figura 5. Perfil de consumo diario de un supermercado.
Fuente: Ecoinversol.

También se pudo determinar la distribución de consumos por usos (Fig. 6), lo que facilita la priorización de actuaciones por instalación y la cuantificación de potenciales de mejora por instalación. Por ejemplo, en este caso convenía centrarse en el mejor mantenimiento y operación de los equipos de frío: central de frío y muebles.

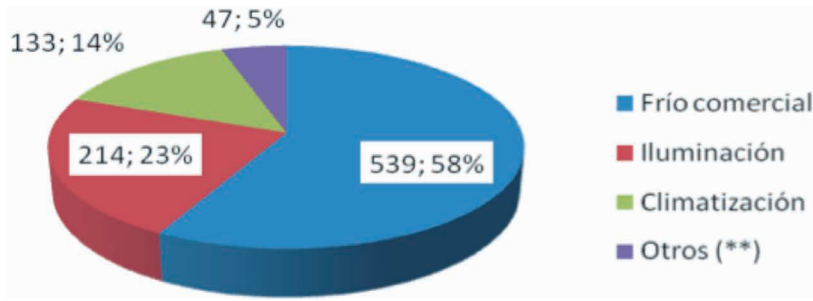


Figura 6. Distribución de consumos por usos de un supermercado.
Fuente: Ecoinvertsol.



2.5.2. Aplicación en un edificio de oficinas

Las oficinas pertenecen a una empresa internacional entre cuyos valores se encuentra la sostenibilidad. Se habían emprendido diversas actuaciones de eficiencia energética en los últimos años, como un sistema de control de la iluminación, modernización de luminarias, y un sistema de programación de la climatización de zonas comunes —la mayor parte de las oficinas—. También se dispone de un conjunto de registradores del consumo horario, tanto en la acometida como en los principales circuitos. La empresa se ha propuesto proseguir con la reducción de consumos, marcándose como objetivo la bajada de un 15 % en los próximos tres años. Este objetivo es un considerable reto, ya que se parte de una oficina con instalaciones bastante nuevas y eficientes y porque la ocupación de la oficina es creciente, lo que implica más equipos electrónicos y algunas ampliaciones de horarios.

Las acciones realizadas fueron:

- Estudio de la evolución de consumos durante 2012 y hasta marzo 2013, distinguiendo entre días laborables y festivos (Fig. 1).
- Deducción de oportunidades de ahorro: cambios en programación y consignas de climatización, ajustes en control de iluminación, uniformización y reducción de consumos permanentes, lanzamiento un programa de concienciación...
- Verificación de actuaciones de ahorro, la mayoría consistentes en cambios en la programación y algunas consignas de la climatización.
- Definición e implantación de un método de contabilidad ener-



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

gética, incluyendo ajustes por temperatura exterior y otros parámetros para permitir una comparación homogénea que no era posible a partir de las facturas eléctricas.

Con ello se obtuvieron los siguientes resultados:

- Primeros ahorros anuales recurrentes cuantificados equivalentes a un 17 % del consumo eléctrico (13 % sobre el gasto total en electricidad).
- Identificación de actuaciones específicas para materializarlos —sin necesidad de cambio de equipos—, y para controlarlos.

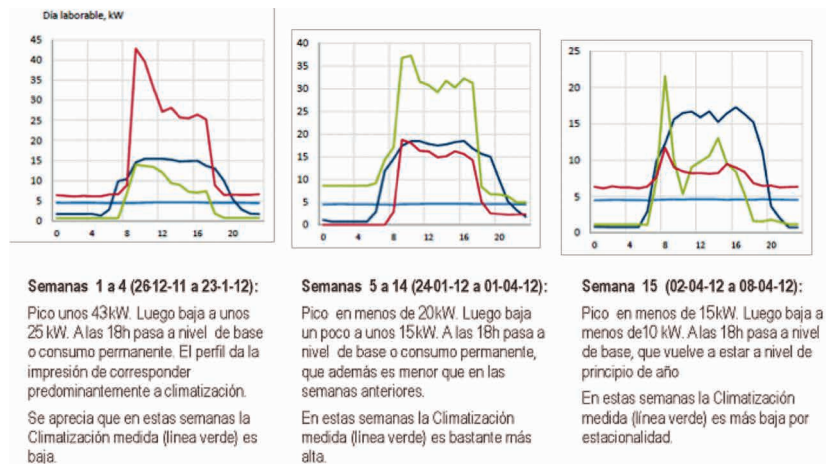


Figura 7. Evolución de los consumos semanales en una oficina. A partir de su estudio se van deduciendo oportunidades de ahorro.
Fuente: Ecoinversol – Enefyg.

2.5.3. Ejemplos en otros tipos de edificios

La Fig. 8 muestra el efecto en zonas comunes de un edificio del sector terciario de la adopción de una medida muy simple de ajuste de climatización, consistente en reducir la consigna durante la noche sin llegar a apagar el sistema, colocando un temporizador en el sistema de control: con una inversión mínima, inferior a 100 euros, se consigue un ahorro anual de 3.000 euros.

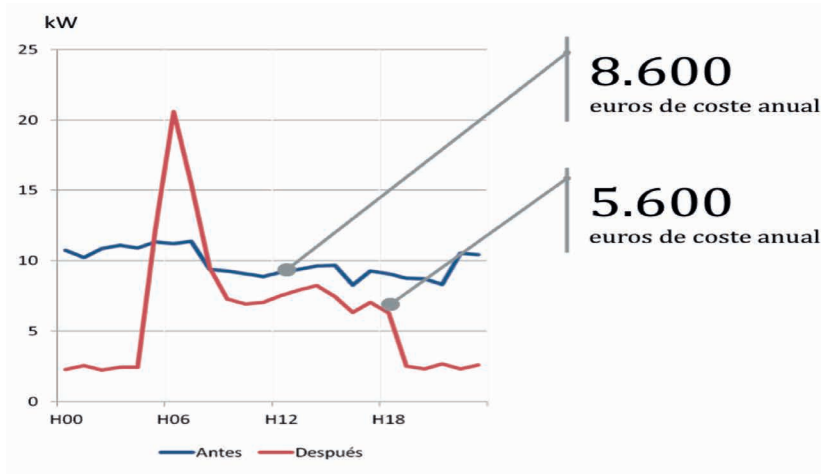


Figura 8. Diferencia de perfiles de consumo tras la adopción de una actuación en la climatización de un edificio. Fuente: Enefy.

En la Fig. 9 se muestra el perfil de consumo en una prueba realizada en una estación de servicio para decidir la instalación en cámaras de frío de un sencillo dispositivo estabilizador de temperatura de producto. Son aparatos de tipo pasivo que se colocan sobre la sonda de temperatura para imitar fielmente la inercia térmica de los alimentos, lo que incrementa la precisión de su control y la seguridad alimentaria. Como consecuencia, el compresor trabaja menos ciclos y se reduce el consumo. La reducción depende bastante de las características y estado de cada cámara, por lo que es recomendable una prueba de verificación de ahorros, en la que se comprobó que el número de ciclos de arranque-parada del compresor disminuía en más de un 50 % y el consumo en un 8 %. Tras esta prueba fue mucho más seguro y fiable preparar un caso de negocio para la instalación del dispositivo en toda la cadena de estaciones de servicio con cámaras de frío.

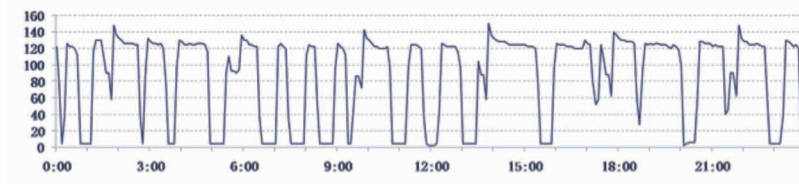


Figura 9. Perfil de consumo de una cámara de frío en la prueba de un simulador de temperatura de producto. Fuente: Enefy-Ecoinversol.





2.6. CONCLUSIONES

Partir de la obtención del perfil de demanda y estudiar con él los consumos eléctricos del edificio es el mejor fundamento para identificar y alcanzar ahorros, por ser la llave para:

- Obtener unos primeros ahorros con inversión mínima o nula, optimizando lo que se tiene.
- Preparar, medir y verificar acciones de ahorro sencillas y de bajo coste.
- Calibrar, priorizar e incluso hacer viables otras actuaciones que supondrían inversiones significativas, tanto de renovación de equipos de consumo como de incorporación de generación distribuida para autoconsumo.

Aprovechando desarrollos tecnológicos como las plataformas de gestión energética y los contadores electrónicos, con costes reducidos se puede realizar una gestión de la demanda de electricidad del edificio mucho más activa que la tradicional. Se pueden conseguir importantes ahorros mediante la gestión de información de consumos, estando demostrado tanto en estudios como en la práctica que es factible alcanzar los dos dígitos de reducción de consumos por optimización de las instalaciones existentes en un edificio, antes de emprender inversiones en equipos más eficientes.

El método expuesto para gestión de la demanda de edificios ha demostrado ser eficaz y pragmático especialmente para tiempos de crisis, en los cuales conviene volver a una máxima que se perdió durante épocas de energía barata y desarrollismo económico: aprovechar lo que se tiene.

En este capítulo se han mostrado ejemplos de *cómo se ha conseguido en diversas aplicaciones reales, a partir de estructurar de forma flexible y ágil proyectos de mejora en tres fases.*

Por su modulación en fases sucesivas y por estar basada en datos específicos de medida, también resulta adecuado para superar una de las barreras que están frenando el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, habitualmente señalada en los estudios especializados: el escepticismo y la desconfianza. El método aporta transparencia en el proceso de mejora continua de la eficiencia, sin que implique grandes compromisos económicos a priori o en las primeras fases. Permite aprovechar también el efecto Hawthorne o de concienciación y

modificación de conducta derivado del hecho de sentir que algo es medido y observado.

La optimización de perfiles de consumo también contribuye a otros conceptos relacionados, de una u otra manera, con la sostenibilidad: aporta mejoras útiles para la obtención de certificaciones de sostenibilidad (LEED, BREEAM), de eficiencia energética, para cumplimiento de algunas prescripciones del Código Técnico de la Edificación y dar un paso más por conseguir edificios de consumo de energía casi nulo, y así cumplir con la Directiva Europea de Eficiencia Energética de Edificios, donde se indica que en el año 2018 todos los edificios de titularidad pública deben de ser de consumo de energía «casi nula» y en el 2020 los edificios nuevos de titularidad privada.

Todo ello lleva a reivindicar el papel del estudio y la optimización de perfiles de consumo como clave en una gestión energética dinámica, progresiva y adaptada a la realidad viva de los edificios.

2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLUB ESPAÑOL DE LA ENERGÍA (2014): «Factores clave para la energía en España: una visión de futuro». Madrid.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2010): «Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)». Bruselas.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2012): «Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo De 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética». Bruselas.
- FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2007): «Guía básica de la gestión de la demanda eléctrica». Madrid.
- IDAE (2010): «Guía práctica de la energía - 3.ª edición». Madrid.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO (2014): Balance energético 2013. Presentación en el Club Español de la Energía, Madrid 07-05-2014.
- PRICE WATERHOUSE COUPERS (2013): «Cómo impulsar la eficiencia energética. Sector hotelero español». Madrid.
- RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2013): «El sistema eléctrico español». Madrid.



3

TELEGESTIÓN: HERRAMIENTA Y SERVICIO DE LAS ESEs

Sergio Soleto del Barco
Responsable de I+D
Pablo Blanco Córdoba
Director Técnico
REMICA
www.remica.es



3.1. INTRODUCCIÓN

Se puede comenzar esta sección con la cita del filósofo realista William Pepperell Montague (1873-1953), *«De acuerdo con la nueva física, lo que no se puede medir no existe físicamente»*, o expresado de otra forma, para el tema que se expone, *«Lo que no se puede medir, no se puede gestionar»*.

Para que medir tenga sentido, debe hacerse con un propósito concreto. Por lo general, mejorar los resultados de un determinado proceso.

Para que la medición cumpla con su propósito, debe haber una comparación. Con una meta o marca objetivo, con un momento cuándo ha de lograrse una mejora, o con otro referente, modelo o testigo.

No basta con registrar el logro o no de la meta; interesa el alcance de la mejora y el análisis de las desviaciones.

Mantener el control sobre todas las variables de funcionamiento y consumos de un edificio, agilizar la toma de decisiones con una mayor confianza en estar encaminándose al éxito, establecer procesos de mejora continua, control de desviaciones, etc. en última instancia, optimizar la gestión del consumo de energía, repercute, directamente, en menores costes y mayores beneficios.

Las instalaciones actuales, son cada vez más avanzadas técnicamente, y en general acarrean sistemas de control más complejos con gran número de señales, variables y parámetros, que su vez, suelen estar gestionados por controladores con una alta componente informática.



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

De esta forma, un sistema de Telegestión, tanto para recogida de datos (data logger), como implementación de mejoras, como recepción automática de alarmas de diferente índole, lazos de control (PID), etc., se torna imprescindible para que una empresa de servicios energéticos pueda obtener unos resultados aceptables. Sencillamente, es inviable realizar una gestión eficiente de una instalación de generación, ya sea frío o calor de un edificio, sin ella.

¿Algún técnico actual imagina registrar temperaturas de un proceso en intervalos de 5-15 min en un check-list para su control durante 48 h?, o simplemente, ¿no tener constancia de alarmas de parámetros fuera de rango o averías hasta que recibe la llamada de un usuario o realiza una revisión de mantenimiento preventivo?. Si el objetivo es un alto nivel de control, estos métodos no son una solución viable.

DISTRIBUCIÓN DE COSTES EN SERVICIOS ELÉCTRICOS Y TÉRMICOS EN EDIFICACIÓN RESIDENCIAL PARA UNA VIDA ÚTIL DE 20 AÑOS.

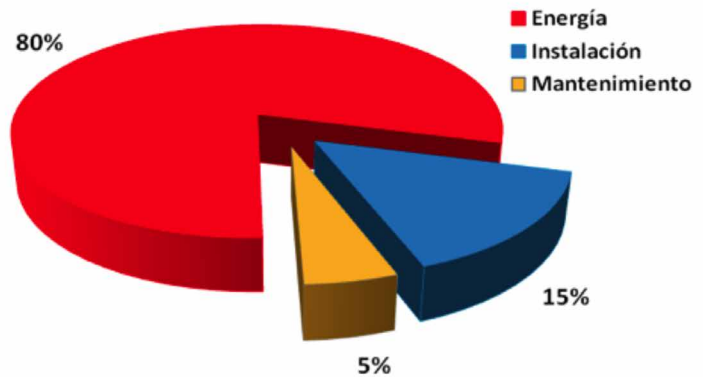


Figura 1. Distribución media de costes energéticos en edificio de uso residencial para una vida útil de 20 años. Fuente: Remica Servicios Energéticos.

Recuperando la cita inicial, se puede afirmar que, sin un sistema de telegestión, una instalación moderna de cierta dimensión «no se puede medir con precisión» y por tanto, difícilmente gestionar.

Por último, según el anterior gráfico, (ver Fig. 1), parece más que razonable considerar que, la inversión en controladores eficientes telegestionados y realizar una buena gestión sobre los mismos reduciendo el consumo de energía, es rentable, puesto que durante la vida útil de una instalación, el mayor coste será el correspondiente a la energía consumida.

3.2. SERVICIOS ESE: RIESGOS Y COMPROMISOS

Las Empresas de Servicios Energéticos (ESE), también denominadas Gestores Energéticos o ESCOs (Energy Service Companies), son empresas cuya misión es ahorrar energía, siempre, claro está, garantizando la seguridad y alcanzando los niveles de confort comprometidos.

Se trata de un oficio reciente, porque hasta hace unos años la energía era barata y lo prioritario era el confort y el servicio, no el ahorro de la misma, ya que un consumo excesivo no se consideraba un problema.

Antiguamente, en los edificios nadie se preocupaba de la eficiencia energética, ni los representantes de la propiedad, ni el administrador y ni siquiera la empresa de mantenimiento, ya que la misión de ésta última es la de mantener las instalaciones en servicio, hacer el mantenimiento preventivo y resolver las averías.

En la actualidad, aunque exista esta preocupación por el coste de la energía (económico y ambiental), los agentes habituales que gestionan el edificio no cuentan con los medios, ni conocimientos técnicos, para realizar el control de las actuaciones necesarias, que aseguren la eficiencia energética de las instalaciones, en la mayoría de los casos, con poco éxito, puesto que además el precio de la energía sufre un encarecimiento progresivo.

Una de las razones técnicas de este hecho es que cuando una instalación no funciona de forma eficiente, mientras se mantenga el servicio, nadie se entera, y los usuarios no pueden detectarlo ni conocer sus causas, más allá de soportar altas facturas energéticas. La empresa de mantenimiento podría darse cuenta al realizar las revisiones habituales que marca la normativa vigente, pero ello no impediría que se estuviera mucho tiempo consumiendo energía primaria de forma ineficiente.

Según las definiciones oficiales, «Las Empresas de servicios energéticos» (ESE) son: persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y *afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo*. El pago de estos servicios prestados se basará (en parte o totalmente) en la obtención de mejoras de eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos. (Artículo 3.i Directiva 2006/32/CE).





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Estos ahorros se conseguirán a través del desarrollo de mejoras de la eficiencia energética de las instalaciones o mediante la utilización de fuentes de energía renovable.

Es decir, la empresa es responsable de obtener un beneficio físico, una utilidad o ventaja derivada de la combinación de una energía con una tecnología eficiente con una acción de incluir las operaciones, mantenimiento y control para prestar el servicio, con objeto de asegurar un ahorro de energía y traspasar ese ahorro a su cliente. Del grado de alcance de los objetivos y compromisos se derivan sus ingresos y beneficios, o pérdidas en caso contrario.

En los tiempos actuales, dado el coste de la energía y el grado de deterioro del medio ambiente, además de confortable, *un* edificio debe ser energéticamente eficiente, y la única forma de conseguirlo y mantenerlo en el tiempo, no sólo en el diseño y en la ejecución de medidas de ahorro, es que la cuenta de resultados de una compañía esté implicada, y por tanto, la vida de ésta estará ligada a su grado de eficiencia y buen servicio.

De hecho, la eficiencia energética es el objeto social de un gestor energético, ya que si no consigue buenos rendimientos en las instalaciones que gestiona, terminará quebrando o perdiendo los clientes por una mejor gestión de las empresas de su competencia.

Como resumen, la evolución principal respecto a anteriores servicios es que, la ESE asume un riesgo económico sobre la obtención, o no, de los objetivos de ahorro y confort comprometidos.

Este concepto es la diferencia principal frente a un servicio de mantenimiento. Todas las demás cuestiones sobre las formas de actuar de una ESE (mayor tecnología, mayor control, mayor conocimiento, obtención de mejores rendimientos, mayores reducciones de emisiones contaminantes,...) son derivados de este, ya que, las consecuencias de un trabajo deficiente, en cuanto a optimización energética y confort se refiera, serán asumidas por la empresa y no por los usuarios.

3.3. TELEGESTIÓN. HERRAMIENTA CLAVE

Fijado el escenario y el grado de compromiso asumido por una ESE al realizar las mediciones para la identificación, diseño e implantación de Medi-

das de Ahorro y Eficiencia (en adelante MAEs), así como su gestión posterior, las actividades clave sobre las que se deben sustentar las demás son:

- Medición.
- Modelización de consumos.
- Seguimiento.
- Parametrización y estrategias de funcionamiento.
- Mejora continua.
- Contabilidad energética.
- Previsiones y proyecciones.

Una ESE no se puede permitir que cualquiera de las variables que afectan a los niveles de confort, eficiencia, ahorros, y emisiones a los que se ha comprometido se vean alterados sin ser controlados, monitorizados e inventariados. Al asumir un riesgo económico, su cuenta de resultados depende directamente de ello, y en caso de desviaciones importantes acabará por no ser competitiva y se verá obligada a desaparecer.

Un sistema adecuado de telegestión así como un equipo humano con alta cualificación constituye la piedra angular de una ESE, sobre las que se apoyan las demás actividades.

Medición y monitorización → Posible Gestión

No medición y monitorización → ~~Posible Gestión~~

La telegestión es la herramienta que proporciona la posibilidad de monitorización de avisos y alarmas automatizadas, acceso a cambio de parámetros y estrategias, solución de averías, optimización, seguimiento...; y además lo hace a distancia y en tiempo real.

Otra alternativa, para la obtención del mismo nivel de vigilancia y actuación, supondría un coste tan elevado que, con seguridad sobrepasaría los beneficios obtenidos por la monitorización, y en ese caso no se podría justificar.

La telegestión proporciona todos los datos relativos a instalación en forma de balances completos que reflejan su «estado de salud»: número de inicios y tiempo de funcionamiento, rendimientos, estados, valores de consumo,... tanto presentes, como registrados.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Las informaciones estadísticas completas también sirven para prever instalaciones y equipos complementarios, mejoras de estrategia, solución de errores en diseño e implantación. Así se puede prever o simular su comportamiento futuro, decidir su idoneidad limitando la incertidumbre y establecer una línea de seguimiento sobre la que valorar la consecución y desviación de los objetivos marcados.

Tal como se representa en la Fig. 2, tras el estudio de diferentes casos, la experiencia demuestra que el hecho de realizar un buen diseño en implantación de MAEs no es suficiente.

En primer lugar, porque hay un periodo inicial en el que se debe adaptar y matizar las estrategias previstas a la realidad concreta de cada edificio, y es necesario «personalizar» los parámetros de funcionamiento según los comportamientos reales del edificio. Esta fase en general no es menor a un año natural, puesto que es necesario pasar por las diferentes estaciones meteorológicas para optimizar el funcionamiento en cada una de ellas.

En segundo lugar, una vez realizado este ajuste inicial, el seguimiento de desviaciones y la identificación de mejoras debe ser permanente.

En tercer lugar, si no existe un compromiso cierto por parte del gestor de la instalación en el que obtenga un beneficio con la consecución de los objetivos o un perjuicio de no alcanzarlos, difícilmente se hará de forma exhaustiva.

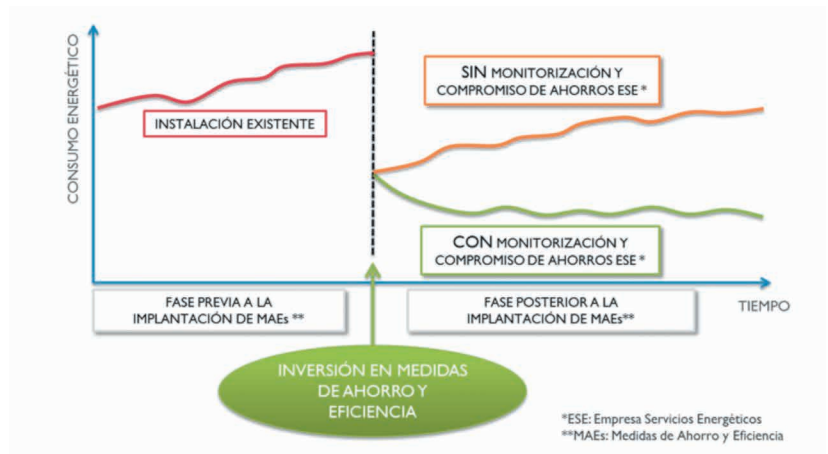


Figura 2. Evolución consumo energético en función de la existencia de monitorización. Fuente: Remica Servicios Energéticos.

3.4. OBJETIVOS Y BENEFICIOS

3.4.1.1. Seguridad

La telegestión vigila en tiempo real de las instalaciones las 24 horas del día y ayuda permanentemente a controlar su correcto funcionamiento. En caso de avería o de fallo, la alerta se puede transmitir automática e inmediatamente al personal de mantenimiento. De esta forma, cualquier incidencia relacionada con la seguridad podrá ser corregida de forma mucho más ágil.

3.4.1.2. Funcionamiento. Alarmas de averías

Un gran avance aportado por la telegestión, en cuanto aspectos relacionados con el funcionamiento, averías y mantenimiento, es poder obtener alarmas sobre la instalación de forma instantánea. Se puede incluso, mediante una adecuada gestión, establecer rangos de funcionamiento correcto e incorrecto, marcando tendencias y alarmas, de modo que se pueda predecir un fallo futuro o falta sobre las prestaciones que debe ofrecer el servicio. Por ejemplo, en un proceso de larga inercia térmica, si la ganancia de temperatura no es la esperada y el control no puede corregirla por sí solo, se puede generar una alarma para que el personal de mantenimiento actúe. Si bien, no se trata de una avería o falta súbita, el sistema no se comporta como se espera. En un hospital, esta cuestión sería crítica, ya que de actuar tarde, ya no habría tiempo de respuesta y no se alcanzarían las consignas establecidas por el centro y podría tener consecuencias graves.

El control más ágil e inmediato, permite a la ESE optimizar el funcionamiento de los sistemas, sin necesidad de sobredimensionar equipos y procesos para asegurar unas correctas prestaciones de confort dadas por las instalaciones.

Estas cuestiones permiten que el mantenimiento prestado avance hacia un concepto predictivo, en el que actuaciones preventivas y correctivas se adecúan a las necesidades reales de cada caso concreto, y no mediante protocolos estándar o ante una avería ya producida, ofreciendo mejores resultados de servicio con menores costes de operación.

Pero además, si se produce una avería, la posibilidad de establecer un diagnóstico inmediato y poder actuar a distancia, permite





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

reducir los tiempos de interrupción del servicio así como costes de la actuación. En gran número de casos, se soluciona la incidencia a distancia, sin necesidad de la presencia física de un técnico en la instalación. Si fuese necesario, el personal de mantenimiento interviene con la información sobre el origen del incidente o un prediagnóstico.

Por tanto, se pueden enumerar las siguientes mejoras:

- Reducción coste mantenimiento.
- Evitar averías.
- Mayor agilidad y eficacia ante fallos de funcionamiento.
- Reducción de tiempos de respuesta.
- Solución problemas a distancia.
- Mantenimiento predictivo.
- Mejora de confort de habitantes y usuarios.

3.4.1.3. Control y gestión energética

Si bien el concepto de gestión energética es más amplio (desde adquisición de energía primaria, gestión técnica, gestión administrativa y reparto de coste, etc), el control energético es el principal uso diferenciador que aplica una ESE en el uso de sistemas de telegestión. Se trata de:

- Realizar una medición y contabilidad energética, tanto previa como posterior a la aplicación de MAEs o modificaciones de la instalación. Básicamente, se refiere al registro, y seguimiento de todos los valores y ratios necesarios para determinar el consumo de energía en todos los puntos de medición, así como de los rendimientos de los diferentes sistemas tanto por separado como conjunto, de la misma manera que se realizaría una contabilidad económica sobre cualquier actividad.
- Monitorización permanente que permita optimizar las estrategias de control, bien por corrección de errores en diseños anteriores, como implementación de mejoras.
- Controlar la instalación de forma remota, modificando y actuando de forma «manual» sobre el control de la instalación,

realizando simulaciones en estrategias de funcionamiento que permita a los técnicos comprobar el comportamiento y la respuesta de la instalación antes de programar rutinas automatizadas.

Para llevar a cabo estas funciones, es muy importante que la presentación del sistema de control sea lo más intuitivo posible y permita el acceso a valores de todas las variables clave, tanto gráficos como numéricos.

En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de esquema de instalación de calefacción y agua caliente centralizada mediante paneles solares y calderas de condensación de gas natural, en la que se muestran detalles de dos de las señales del control, temperatura de paneles solares y el contador de energía de aporte solar al sistema de ACS, ambas tomadas cada 15 min y almacenaje en memoria de aproximadamente 1.000 valores. Esta instalación concreta cuenta con 76 señales de variables de diferentes magnitudes y aproximadamente 2.500 posibilidades de parámetros de configuración, además de cualquiera patrón específico que se precise desarrollar «ad hoc» mediante código de programación.

Existen gran variedad y diferentes tipos de controladores más o menos con servicio remoto en el mercado, más o menos preconfigurados y con más o menos posibilidades y potencial. En cualquier caso, es de gran importancia que el controlador, como su acceso remoto sean configurables y permitan procesos de mejora en la instalación, sin estar limitados por la configuración o programación inicial.

Respecto al tipo de sistema, tanto o más que el propio sistema es que los técnicos encargados de su manejo cuenten con alta cualificación, tanto desde el punto de vista funcional de la propia instalación, como de la configuración de los controladores. De otra forma, dada la complejidad y cantidad de posibilidades, bien se infrutilizará la telegestión y controladores, o se cometerán errores, que con seguridad no darán los resultados esperados

Según se ha indicado en puntos anteriores, esta es la clave que permite el paso de servicio de mantenimiento, más o menos integral, a realizar servicios energéticos asumiendo riesgos, en ahorros y eficiencia energética.



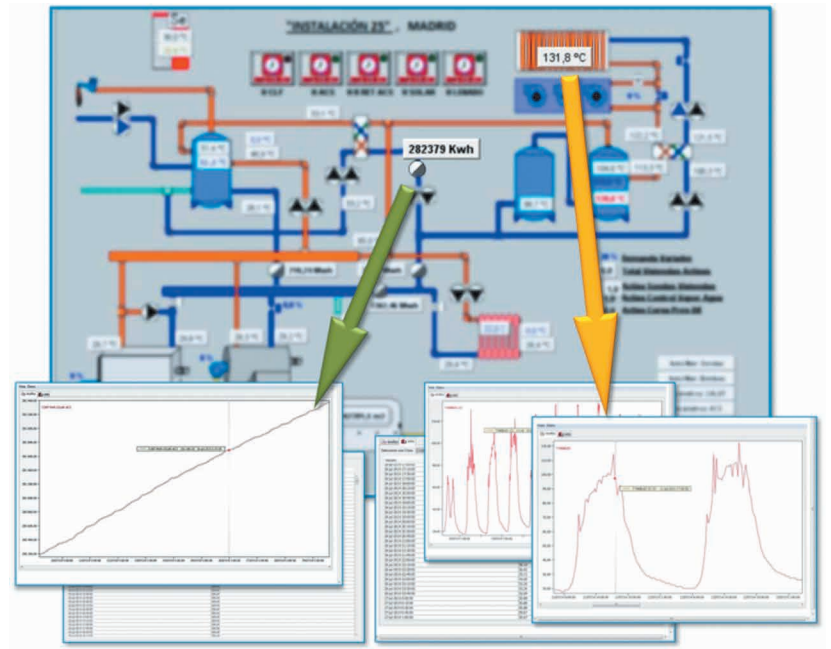


Figura 3. Ejemplo captura esquema telegestión sala de calderas, valores y gráficos de variables.
Fuente: Remica Servicios Energéticos.

3.4.2. Aplicación específica a una ESE

En cuanto a las actividades principales de la monitorización energética mediante la telegestión, se pueden enumerar las siguientes:

3.4.2.1. Modelo de consumo de energía. Líneas Base y gastos máximos

Los modelos de consumo de energía se establecen mediante los datos de energía demandada por el edificio. Estas demandas se pueden establecer en diferentes puntos de medición (contadores primarios, contadores de energía generales o contadores de energía particulares) y sistemas (calefacción, refrigeración, electricidad) y están ligadas a usos, zonas, temporadas, horarios y temperaturas. Sobre las series temporales de demandas, junto con sus condiciones de uso, se conforman las condiciones de contorno y se modeliza el comportamiento energético del edificio. Este modelo supone el punto de partida sobre el que aplicar medidas por parte de la ESE y asumir

compromisos de rangos de ahorros o gastos máximos futuros, según sea el tipo de contrato suscrito con la ESE.

Con los datos recogidos mediante sistemas de telegestión, se pueden establecer modelos históricos o líneas base de consumos previos a la aplicación de MAEs, así como realizar las proyecciones de consumos futuros y sus rangos de validación sobre ésta.

La validación, o no, de las proyecciones y compromisos futuros se realizan mediante series de datos para los que se deben utilizar sistemas de teled medida con capturas de datos de periodicidades regulares.

En la Fig. 4 se muestra un esquema tipo de gasto con un modelo previo a la aplicación de un contrato tipo ESE, en el que se proyecta un gasto estimado, un techo de gasto o gasto máximo y la medición real obtenida. Entre el techo de gasto y la proyección del perfil previo de consumo se establece un ahorro garantizado. La telegestión es la herramienta que posibilita el seguimiento de los diferentes perfiles y sus desviaciones.

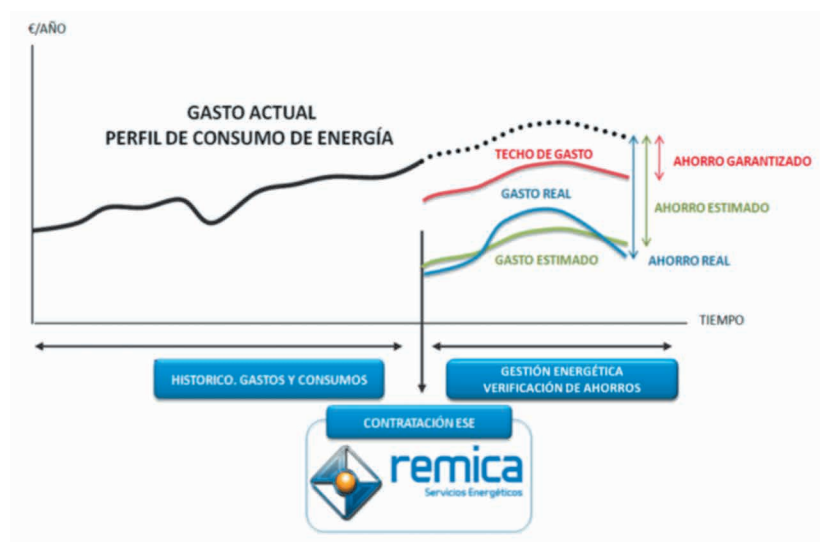


Figura 4. Esquema temporal de perfil de consumo anterior, estimado, comprometido y real a la contratación de una ESE.

Fuente: Remica Servicios Energéticos.

La obtención de los resultados esperados no siempre dependen de la actuación de la ESE, puesto que se pueden suceder cambios de fun-



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

cionamiento, horarios, climatológicos o de cualquier otra índole, que afecten a los consumos y no están bajo el control de la ESE.

Para la gestión de estos cambios deben existir protocolos de verificación y medida que realicen las correcciones necesarias. Por todo, es vital que se realice un seguimiento, tanto de consumos como de los parámetros que definen el modelo base, y se lleve un registro de los mismos.

3.4.2.2. Medición y control de ratios de eficiencia en generación

Además de los diferentes consumos y gastos de energía, otra de las actividades a realizar por parte de la ESE, mediante los datos obtenidos de la telemedida son la medición y control de los rendimientos de los diferentes equipos y salas de generación.

Si en el punto anterior se centraba la atención en la cantidad de energía consumida, en este apartado se trata de considerar los rendimientos de desempeño. Es decir, la cantidad de energía útil producida por cada unidad de energía primaria. En cualquier caso, estas dos actividades están íntimamente ligadas puesto que un mayor rendimiento de los equipos da como resultado un menor consumo de energía primaria.

El rendimiento en la transformación de la energía es, en la gran mayoría de los casos, uno de los compromisos adquiridos por la ESE y uno de los que requiere mayor seguimiento y control puesto que su valor final, sí depende de las actuaciones realizadas por la ESE. En este caso, el edificio podrá consumir más o menos energía, pero el rendimiento previsto inicialmente se tiene que cumplir o superar.

Como herramienta alternativa, es muy interesante dentro de una ESE la comparación de dichos ratios entra instalaciones del mismo tipo, de forma que se puede detectar si, la diferencia de un determinado valor medido respecto al esperado, tiene su origen en una causa ambiental o se debe a efectos particulares.

3.4.2.3. Evolución histórica de consumos y ratios

Además del control continuo, es imprescindible contar con datos históricos de cada variable a seguir, principalmente con aque-

llas definidas en el plan de contabilidad energética de cada edificio.

Estos históricos tendrán diferentes usos:

- Gestión administrativa.
- Tendencias.
- Definición de modelos de consumo, que sirven de referencia para cualquier seguimiento posterior, tanto en optimización, como compromisos de variabilidad, protocolos de verificación, etc.
- Patrones estacionales, referentes a actividades, etc.
- Base para proyecciones futuras.

3.4.2.4. Proyecciones a futuro

En la prestación de un servicio por parte de una ESE, gran parte del éxito del proyecto para el cliente, y para ella misma, reside en la capacidad para establecer modelos que, basados en los patrones de consumos y en el seguimiento y registro continuo, permitan predecir con qué consumos de energía se van obtener al finalizar un periodo estacional. Si no, la ESE sólo se podría limitar a certificar el éxito o fracaso en la obtención de los objetivos marcados, sin capacidad de reacción para actuar cuando sea necesario. En este caso, se debe prestar atención a los síntomas y reducir todo lo posible la incertidumbre. Para ello, es muy interesante marcar planes específicos en cuanto a:

A. Indicadores

Sobre patrones de referencia (líneas base, gastos máximos, consumos, rendimientos, etc) con sus tendencias pasadas y esperables.

B. Identificación/resultado de mejoras

Basándose en la experiencia de datos históricos de mediciones o pruebas realizadas se pueden identificar puntos de mejora y proyectar su comportamiento futuro. Mediante este mecanismo, se podrán





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

tomar decisiones sobre la idoneidad de un determinado cambio, desde el punto de vista energético y económico.

C. Desviaciones. Medidas correctoras

En este caso se trata de predecir la desviación futura sobre diferentes objetivos, ya sean los iniciales o principales, o los establecidos en cualquier mejora adoptada. En caso de que las desviaciones no sean asumibles o tengan demasiada incertidumbre, se deben tomar acciones correctoras o preventivas por parte de la ESE.

D. Procesos mejora continua

Según lo expuesto en los puntos A, B y C, se establece un proceso de mejora continua, en el que se proyectan indicadores, se identifican mejoras o se toman medidas correctoras que a su vez conllevan cambios en los indicadores que se deben seguir midiendo. De esta forma se establece un proceso que, de forma natural, debe alcanzar el máximo rendimiento de la instalación y menor consumo del edificio, mejorando, siempre que sea posible y además mantenerlo en niveles óptimos en el tiempo.

3.4.2.5. Consecución de ahorros previstos. Comparación y desviaciones

Dentro de un contrato entre una ESE y su cliente es muy posible que exista algún tipo de protocolo de verificación y medida, en el que se establecen los objetivos, referencias de uso o actividad del edificio con sus consumos, criterios de variaciones de compromisos, etc. La forma de alimentar los datos necesarios para realizar las comparaciones necesarias así como registrar las desviaciones, positivas o negativas, es el sistema de telegestión, ya que lo normal es que además de los datos necesarios, aporte una mayor precisión y transparencia para ambas partes. Por ejemplo, si se ha fijado un determinado consumo para una determinada consigna de temperatura y volumen de agua caliente, y ésta se revisa mensualmente, con el sistema de telegestión se podrán aportar datos registrados cada 5-10 min, dando la máxima transparencia.

3.4.2.6. Revisión de modelos

Además de todo lo anterior, puede suceder que existan errores en los modelos y patrones energéticos previamente definidos. En este caso, la información de los datos recogidos por el sistema de telegestión, serán fundamentales para la adecuación de éstos a la realidad.

3.5. CERTEZA E INCERTIDUMBRE MEDICIONES

3.5.1. Problemática. Errores en toma de datos y lecturas

En toda actividad de medición existen errores en la toma de datos e incertidumbre en los datos obtenidos, por diferentes causas como tolerancias, errores de metrología, etc.

En el caso del uso de herramientas de telemedida, además de estas cuestiones intrínsecas a la medición y a los aparatos de medida, se añade la dificultad de los sistemas de comunicación, que por lo general, aportan un rango de error muy superior a los anteriores, o que simplemente la toma de datos no exista. Este aspecto se presenta como crítico, puesto que puede existir la creencia por parte de los técnicos de que el sistema de telegestión se encarga por sí mismo de la captura de datos y alarmas de forma correcta cuando puede no ser así. Esto puede afectar a todo tipo de toma de decisiones, estrategias, cambios, falta de registros sobre compromisos contractuales,... y obtener unos malos resultados, muy diferentes de los esperados.

La experiencia ha demostrado que la dificultad no reside en obtener un dato, si no que el valor de éste sea correcto y coincidente con la realidad.

Entre las causas más comunes, aunque pueden existir otras particulares, se encuentran:

- Diferentes protocolos de comunicación entre elementos de medida y controladores.
- Fallos de sistemas de telecomunicación.
- Fallos en servicios de operadores de telecomunicación.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Fallos en conversión de señales.
- Falta de memoria en equipos y bases de datos.
- Incompatibilidad de tecnologías de equipos y controladores.
- Necesidad de alta cualificación para manejo de diferentes sistemas.
- Imposibilidad de acceso a controladores.
- Servidores de acceso a datos complejos.

3.5.2. Soluciones propuestas

La solución técnica de cada problema expuesto tendrá su tratamiento particular. En este apartado, se exponen las formas de poder localizar si un dato es válido o no y si existe la necesidad de actuar.

Para poder identificar errores motivados por las dificultades expuestas en el punto anterior, la ESE debe establecer procedimientos del tipo siguiente:

- Comprobaciones periódicas de tipo «keep alive» para comprobar la existencia de conexión.
- Algoritmos de validación.
- Ratios de comparación.
- Rangos de validación.
- Alarmas de fallo en lecturas y toma de datos.
- Corrección en toma de datos.
- Validación presencial periódica de datos y lecturas.
- Reseteo y comprobación periódica del estado de las señales de medición y control.

Estos procedimientos se deben establecer en función de la criticidad del dato recogido y en cualquier caso, todos los valores y funcionalidades con acceso remoto deben ser probados y asegurados en la puesta en marcha de las instalaciones y en revisiones periódicas.

3.6. CONTROL DE PARÁMETROS ENERGÉTICOS

3.6.1. Rentabilidad telegestión energética

Un punto importante a la hora de hacer uso de un sistema de telegestión para fines de ahorro energético más allá de lo exigido por las normativas de obligado cumplimiento, es que, a efectos de retorno de inversión debe tener sentido. Para un contrato de servicios, el coste de realizar la inversión en equipos, más, la gestión, custodia, análisis de datos, contabilidad energética, mejora de procesos, y demás posibilidades, debe suponer un coste inferior que el beneficio o ahorro, que la ESE puede aportar a los usuarios o propietarios del edificio. Es decir, si el coste de realizar una gestión energética supera los ahorros obtenidos, los usuarios no verán ventaja alguna en realizar la monitorización y gestión energética.

Por tanto, es clave que la ESE sea «eficiente» y no solo eficaz, a la hora de plantear planes y protocolos de uso del sistema de telegestión a cada edificio, siendo lo más pragmática posible. De lo contrario el balance entre coste, riesgo asumido y ahorro o beneficio para su cliente, estará descompensado, y no podrá ofrecer un servicio competitivo.

3.6.2. Periodicidad

Según el punto anterior, una cuestión importante es la periodicidad con la que se registran y miden los parámetros de la instalación, para obtener un buen compromiso entre la consecución de objetivos y los recursos necesarios.

La Eficiencia Energética y los consumos deben medirse de forma estacional (durante períodos de tiempo) y no de forma instantánea, ya que dependen de muchos parámetros que varían según la época del año. Es aconsejable que se calculen de forma anual, mediante una toma de datos semanal en la que se registren todos los parámetros de la contabilidad energética. Es decir, el registro de la contabilidad debe ser como máximo de una semana, y los cálculos realizados de forma interanual para tener en cuenta todas las estaciones del año para poder establecer comparaciones y relaciones. No tendría sentido comparar el consumo de calefacción de otoño con el de invierno, por ejemplo.





A modo de aproximación, a continuación se exponen periodos de tiempo recomendables para registros de diferentes parámetros en un sistema de telegestión:

Tabla 1. Periodos de tiempo para registro de parámetros.
Fuente: Remica Servicios Energéticos.

CONCEPTO/PARÁMETRO	REGISTRO SEÑAL (DATA LOGGER)	CONTABILIDAD
Temperatura	5-15 min	—
Presión	5-15 min	—
Energía Primaria	5-15 min	Semanal
Contadores de energía generales	5-15 min	Semanal
Contadores volumétricos	5-15 min	Semanal
Contadores de electricidad	5-15 min	Semanal
Alarmas	Tiempo real	—
Operación de equipos (estado, modulación,...)	5-15 min	—

3.6.3. PARÁMETROS BÁSICOS

Todos los parámetros energéticos necesarios a medir y vigilar mediante el sistema de telegestión en prácticamente la totalidad de los edificios (no procesos industriales o similares) para llevar a cabo una óptima gestión energética, son los indicados en la «Guía técnica de contabilización de consumos», incluida en la serie de «Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización» publicada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

En la tabla siguiente se da una relación de todos ellos, si bien no siempre son de aplicación, o su seguimiento no resulta relevante según el edificio concreto.

Tabla 2. Parámetros para contabilidad energética.
Fuente: IDAE.

CONCEPTO/PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD SI
Coefficiente de eficiencia energética de generadores	CEEg	%
Cobertura solar ACS CSa %	Csa	%
Cobertura solar total CSt %	Cst	%

(Continuación)

CONCEPTO/PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD SI
Consumo unitario de combustible para el ACS	Cuca	kWh/m³
Consumo unitario de combustible para calefacción	Cucc	kWh/m²
Consumo unitario de combustible para refrigeración	Cucr	kWh/m²
Consumo unitario de electricidad para ACS	Cuea	kWh/m³
Consumo unitario de electricidad para calefacción	Cuec	kWh/m²
Consumo unitario de electricidad para refrigeración	Cuer	kWh/m²
Consumo unitario útil de ACS	Cuua	kWh/m³
Consumo unitario útil de calefacción	Cuuc	kWh/m²
Consumo unitario útil de refrigeración	Cuur	kWh/m²
Número de días transcurridos entre dos lecturas	d	Día
Energía del combustible consumido para el sistema de ACS	Eca	kWh
Energía del combustible consumido para el sistema de calefacción	Ecc	kWh
Energía del combustible consumido para refrigeración	Erc	kWh
Energía nominal del combustible consumido por la central térmica	Eco	kWh
Energía eléctrica consumida para producción de ACS	Eea	kWh
Energía eléctrica consumida para calefacción	Eec	kWh
Energía eléctrica consumida en la central térmica	Eel	kWh
Energía eléctrica consumida para refrigeración	Eer	kWh
Energía suministrada en la central térmica	Es	kWh
Eficiencia solar diaria	Esd	kWh/m² día
Energía térmica útil enviada al edificio	Eu	kWh
Energía útil medida por el contador de energía térmica del ACS	Eua	kWh
Energía útil medida por el contador de energía térmica de calefacción	Euc	kWh
Energía útil producida por los generadores de calor para ACS	Euca	kWh
Energía útil medida por el contador del sistema de refrigeración	Eur	kWh
Energía útil producida por el sistema de energía solar térmica	Eus	kWh
Energía útil producida por el sistema de energía solar térmica para el ACS	Eusa	kWh
Mermas de Distribución de ACS	MDa	%
Mermas de Distribución de Calefacción	MDc	%
Mermas de Distribución de Refrigeración	MDr	%
Poder calorífico inferior del gas	PCI	kWh/m³
Poder calorífico superior del gas	PCS	kWh/m³





(Continuación)

CONCEPTO/PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD SI
Poder calorífico inferior de un combustible líquido	PCI	PCI kWh/L
Poder calorífico superior de un combustible líquido	PCS	PCI kWh/L
Poder calorífico inferior de un combustible sólido	PCI	PCI kWh/kg
Poder calorífico superior de un combustible sólido	PCS	PCI kWh/kg
Rendimiento estacional anual	REA	%
Rendimiento estacional de generadores de calor	Reg	%
Temperatura T K	T°	K
Volumen de ACS consumida en un año	Va	m³
Volumen del gas consumido en un año	Vco	m³
Volumen del combustible líquido consumido en un año	Vco	L

De todos ellos, en los siguientes apartados se relacionan los que se consideran como básicos e imprescindibles. Todas las definiciones y formulas siguientes hacen referencia a los contenidos de la citada guía técnica de «Contabilización de Consumos» publicada por el IDAE, por lo que se recomienda su consulta.

3.6.3.1. Consumo energía primaria

Se trata del combustible necesario para el funcionamiento de los diferentes servicios. En caso de contadores de electricidad, gas y gasóleo se podrá realizar la integración en telemedida. En el caso de biomasa, dependerá del tipo elegido y del sistema de alimentación.

3.6.3.2. Energía útil producida. Energía salida centros de producción

Se trata de la energía térmica útil de cada uno de los sistemas en que se dividen las instalaciones de confort de un edificio.

Se debe medir mediante contadores de energía térmica, debiendo instalarse un contador en cada uno de los subsistemas de producción de energía útil, según el siguiente detalle:

- Calefacción (subsistema de calderas)
- Calefacción (subsistema de energía solar térmica o similar)

- Producción de ACS (subsistema de calderas)
- Producción de ACS (subsistema de energía solar térmica o similar)
- Refrigeración (subsistema de enfriadoras de agua)
- Refrigeración (subsistema de energía solar térmica o similar)

Para poder hacer un seguimiento de la eficiencia energética de las instalaciones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de un edificio mediante ratios energéticos, además de las mediciones exigidas por la legislación, serán necesario instalar los contadores anteriormente descritos en los puntos adecuados de la instalación según las indicaciones del apartado anterior, de tal manera que permita medir en la central térmica al menos:

- Energía del combustible consumido, en base a su PCI, en kWh (Eco).
- Energía eléctrica consumida en kWh (Eel).
- Energía térmica útil aportada al sistema de calefacción en kWh (Euc).
- Energía térmica útil aportada al sistema de refrigeración en kWh (Eur).
- Energía térmica útil aportada al sistema de producción de ACS en kWh (Eua).
- Energía solar aportada al sistema de calefacción en kWh (Eusc).
- Energía solar aportada al sistema de refrigeración en kWh (Eusr).
- Energía solar aportada al sistema de producción de ACS en kWh (Eusa).

3.6.3.3. Rendimiento y eficiencia centros de generación

Los rendimientos básicos y más comunes, son los siguientes:

A. El Rendimiento Estacional Anual (REA):

De una central térmica (frío o calor) se calcula mediante la siguiente expresión:





$$REA = \frac{Eu}{Es}$$

En la que:

- **Eu** es la energía térmica útil enviada al edificio, durante un año, expresada en kWh.
- **Es** es la energía suministrada a la central térmica por cada uno de los tipos de energía utilizados (gas, gasóleo, electricidad, carbón, biomasa etc.), durante el mismo período de tiempo, expresada en kWh.

B. Rendimiento Estacional de generadores de calor (REg)

Es la relación existente entre la energía térmica útil producida o aportada por los generadores de calor (E_{ugc}) de un edificio y la energía total (combustibles y electricidad) consumido por dichos generadores en el mismo período de tiempo (E_{sgc}). Se calculará mediante la siguiente expresión:

$$REg = \frac{E_{ugc}}{E_{sgc}}$$

En la que:

- **E_{ugc}** es la energía térmica útil producida por los generadores de calor, medida por el contador o suma de contadores de energía térmica de los sistemas de calefacción y producción de ACS, expresada en kWh. Por tanto, se excluye la energía útil producida por el sistema de energía solar.
- **E_{sgc}** es la energía total consumida por los generadores de calor (combustibles + electricidad), en el mismo período de tiempo, expresada en kWh.

C. Coeficiente de Eficiencia Energética de generadores de frío (CEEg)

Es la relación existente entre la energía térmica útil producida por los generadores de frío (E_{ugr}) de un edificio y la energía total consumida por dichos generadores en el mismo período de tiempo (E_{sgr}). Se calculará mediante la siguiente expresión:

$$REEg = \frac{E_{ugr}}{E_{sgr}}$$

En la que:

- **Eugr** es la energía térmica útil producida por los generadores de frío, medida por el contador o suma de contadores de energía térmica de los sistemas de calefacción y producción de ACS, expresada en kWh. Por tanto, se excluye la energía útil producida por el sistema de energía solar.
- **Esgr** es la energía total consumida por los generadores de frío (combustibles + electricidad), en el mismo período de tiempo, expresada en kWh.

D. Eficiencia Solar diaria (ESd)

Es la relación existente entre la energía térmica útil producida por un sistema de energía solar térmica y la superficie captadora útil de paneles instalada, en un número determinado de días. Se expresa en kWh/m² y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$ESd = \frac{Eus}{Ss \times d}$$

En la que:

- **Eus** es la energía útil producida por el sistema de energía solar térmica de un edificio, medida por el contador o suma de contadores de energía térmica de los sistemas de energía solar para calefacción, refrigeración y producción de ACS, expresada en kWh.
- **Ss** es la superficie captadora útil de paneles solares térmicos instalada, expresada en m².
- **d** es el número de días transcurrido entre dos lecturas de contadores de energía térmica.

E. Cobertura Solar ACS (CSa)

Es la relación existente entre la energía útil producida, para un sistema de producción de ACS, por un sistema de energía solar térmica y la energía útil total enviada a dicho sistema (solar + convencional). Se expresa en «%» y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CSa(\%) = \frac{Eus_a}{Eus_a + Euc_a} \times 100$$





En la que:

- **Eus_a** es la energía útil producida por el sistema de energía solar térmica de un edificio, para el sistema de producción de ACS, medida por su correspondiente contador de energía térmica, expresada en kWh.
- **Euc_a** es la energía útil producida por los generadores de calor de un edificio, para el sistema de producción de ACS, medida por su correspondiente contador de energía térmica, expresada en kWh.

3.6.3.4. Energía en puntos de consumo. Edificios colectivos o Elementos terminales

En el caso de edificios de propiedad colectiva que dispongan de contadores de consumos energéticos individuales, se deben medir, para cada usuario o punto de consumo, al menos:

- Energía térmica útil consumida de calefacción en kWh (Eudc).
- Energía térmica útil consumida de refrigeración en kWh (Eudr).
- Energía térmica útil consumida de ACS en kWh o el volumen de consumo de ACS en m³ (Euda).

Además de la contabilidad, se podrán establecer alarmas de control, comparación de consumos, etc. Estas herramientas de seguimiento, ligado a los datos de telegestión son de suma importancia, puesto que en los puntos de consumo, es dónde se aplican las medidas de ahorro, y si éstas no se comportan de la forma esperada, por muy óptimo que sean los rendimientos de los equipos, el consumo seguirá siendo elevado.

Entre los aspectos a vigilar por la ESE, se pueden establecer los siguientes:

- Detectar consumos excesivos.
- Desviaciones o divergencias frente previsiones.
- Consumo fuera de horario y/o temporada.

A. Consumo unitario útil de calefacción (Cuuc)

Es la relación existente entre la energía térmica útil enviada al sistema de calefacción de un edificio y su superficie calefactada en un año. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Cuuc = \frac{Euc}{Sc}$$

En la que:

- **Euc** es la energía útil medida por el contador o suma de contadores de energía térmica del sistema de calefacción de un edificio, durante un año, expresada en kWh.
- **Sc** es la superficie calefactada, expresada en m².

B. Consumo unitario útil de refrigeración (Cuur)

Es la relación existente entre la energía térmica útil enviada al sistema de refrigeración de un edificio y su superficie refrigerada en un año. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Cuur = \frac{Eur}{Sr}$$

En la que:

- **Eur** es la energía útil medida por el contador o suma de contadores de energía térmica del sistema de refrigeración de un edificio durante un año, expresada en kWh.
- **Sr** es la superficie refrigerada, expresada en m².

C. Consumo unitario de combustible para ACS (Cuca)

Es la relación existente entre la energía del combustible consumido para el sistema de producción de ACS de un edificio y el volumen de agua consumida para dicho sistema, durante un año. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Cuca = \frac{Eca}{Va}$$

En la que:

- Eca es la energía del combustible consumido para producción de ACS, en base a su PCI, durante un año, expresada en kWh.
- Va es el volumen de agua consumida en el sistema de ACS, durante un año, expresada en m³.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo de seguimiento y análisis de divergencia sobre el consumo volumétrico mensual de agua caliente de un edificio de viviendas.

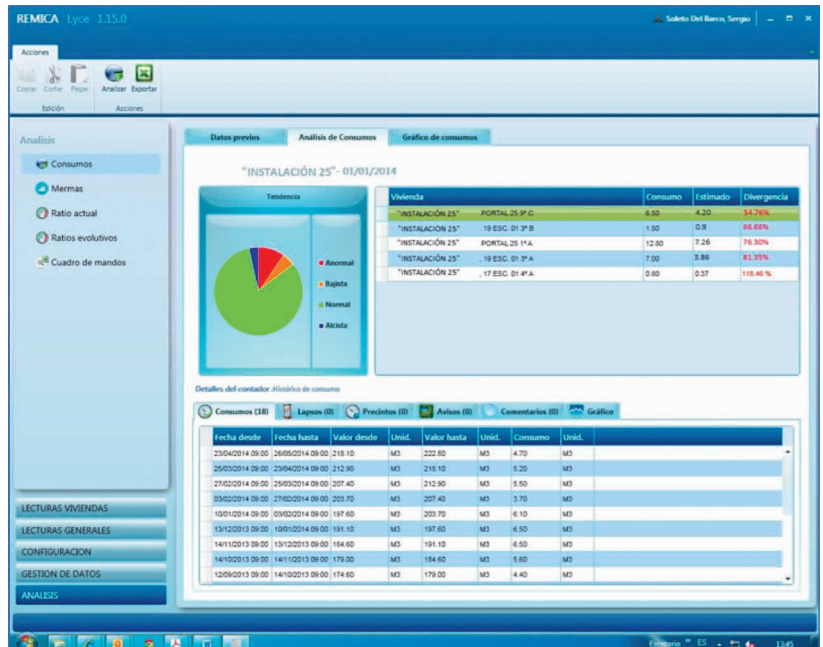


Figura 5. Ejemplo herramienta de análisis de consumos en elementos terminales. Divergencias.
Fuente: Remica Servicios Energéticos.

3.6.3.5. Pérdidas energéticas en distribución

Otra fuente de consumo de energía en los edificios, es la que se pierde en las redes de distribución desde los centros de producción hasta los elementos de consumo. Estos valores se deben controlar, puesto que de no hacerlo, pueden alcanzar valores muy importantes.

A. Mermas de Distribución en calefacción (MDC)

Es el porcentaje de energía útil perdida entre la central de generación de calor, para un sistema de calefacción, y la energía útil consumida en dicho servicio, por los distintos usuarios de un edificio colectivo. Se expresa en «%» y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$MDc(\%) = \left[\frac{Eu_c}{\sum Eu_{dc}} - 1 \right] \times 100$$

En la que:

- **Eu_c** es la energía útil producida por los distintos sistemas de generación de calor (solar + convencionales), para el servicio de calefacción de un edificio, medida por sus correspondientes contadores de energía térmica, expresada en kWh.
- **ΣEu_{dc}** es la suma de la energía útil consumida por cada uno de los usuarios de un edificio colectivo, para el servicio de calefacción, medida por sus correspondientes contadores divisionarios de energía térmica, expresada en kWh.

B. Mermas de Distribución en refrigeración (MDr)

Es el porcentaje de energía útil perdida entre la central de generación de calor, para un sistema de refrigeración, y la energía útil consumida, en dicho servicio, por los distintos usuarios de un edificio colectivo. Se expresa en «%» y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$MDr(\%) = \left[\frac{Eu_r}{\sum Eu_{dr}} - 1 \right] \times 100$$

En la que:

- **Eu_r** es la energía útil producida por los distintos sistemas de generación de frío (solar + convencionales), para el servicio de refrigeración de un edificio, medida por sus correspondientes contadores de energía térmica, expresada en kWh.
- **ΣEu_{dr}** es la suma de la energía útil consumida por cada uno de los usuarios de un edificio colectivo, para el servicio de refrigeración, medida por sus correspondientes contadores divisionarios de energía térmica, expresada en kWh.



4

AHORRO DE ENERGÍA REACTIVA. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Equipo Técnico de RTR Energía
RTR Energía
www.rtr.es



4.1. POTENCIA ELÉCTRICA

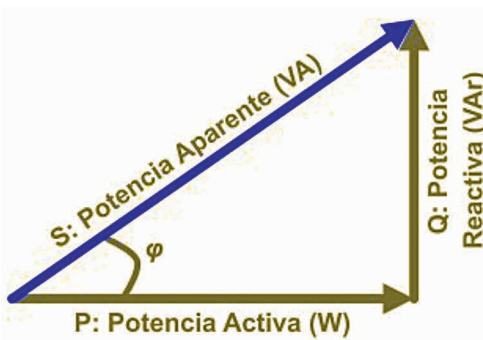
En líneas generales la potencia eléctrica se define como «la capacidad que tiene un equipo eléctrico para realizar un trabajo o la cantidad de trabajo que realiza por unidad de tiempo».

Su unidad de medida es el vatio (W) y sus múltiplos más empleados son el kilovatio (kW) y el megavatio (MW), mientras el submúltiplo corresponde al milivatio (mW).

Sin embargo, en los equipos que funcionan con corriente alterna cuyo funcionamiento se basa en el electromagnetismo, generando sus propios campos magnéticos (transformadores, motores, etc.) coexisten tres tipos diferentes de potencia:

- Potencia Activa (P).
- Potencia Reactiva (Q).
- Potencia Aparente (S).

Estos tres tipos de potencias se pueden relacionar mediante un triángulo de potencias. El ángulo « φ » formado entre la potencia aparente y la potencia activa define el desfase entre la tensión (U) y la intensidad (I) y su coseno es equivalente al factor de potencia (FP) en redes sin distorsión armónica.



$$P = S \cdot \cos(\varphi)$$
$$Q = S \cdot \sin(\varphi)$$
$$FP = \cos(\varphi) = \frac{P}{S}$$

donde S es :

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \text{ en trifásica}$$
$$S = U \cdot I \text{ en monofásica}$$

Figura 1. Triángulo de potencias. Fuente: RTR Energía.

4.1.1. Factor de potencia (FP)

El factor de potencia (FP) es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) y está determinado por el tipo de cargas conectadas a la instalación, siendo las cargas resistivas las que tienen un factor de potencia próximo a la unidad. Al introducir cargas inductivas y reactivas, el factor de potencia varía retrasando o adelantando la fase de la intensidad respecto a la de la tensión.

Ese desfase es el que mide el factor de potencia.

Tabla 1. Factores de potencia más comunes en la Industria.
Fuente: RTR Energía.

FACTORES DE POTENCIA MÁS COMUNES EN LA INDUSTRIA	
Motor asíncrono al 50% de carga	0,73
Motor asíncrono al 100% de carga	0,85
Centros estáticos monofásicos de soldadura por arco	0,5
Grupos rotativos de soldadura	0,7-0,9
Rectificadores de soldadura por arco	0,7-0,9

Tabla 2. Factores de Potencia en Pequeñas Instalaciones Eléctricas.
Fuente: RTR Energía.

FACTORES DE POTENCIA EN PEQUEÑAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
Lámparas de fluorescencia	0,5
Lámparas de descarga	0,4-0,6
Hornos de calefacción dieléctrica	0,85
Hornos de arco	0,8
Hornos de inducción	0,85

4.1.2. Potencia activa (P)

La potencia activa representa en realidad la potencia útil medida en vatios (W), es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando se pone a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria, la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico, la luz que proporciona una lámpara, etc.

Por otra parte, la potencia activa es realmente la potencia contratada en la empresa eléctrica y que llega al domicilio, la industria, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red eléctrica de distribución. La potencia consumida por todos los aparatos eléctricos utilizados normalmente se registra en contadores o medidores de electricidad, que instala la empresa suministradora para medir el total de la energía eléctrica consumida en el periodo de tiempo determinado en el contrato.

4.1.3. Potencia reactiva (Q)

La potencia reactiva es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la eficiencia de su trabajo depende del factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia (más alejado de la unidad) mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica, por lo que su consumo está penalizado por la compañía suministradora en la tarifa eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR y su múltiplo es el kVAR (kilovoltio-amperio-reactivo).





Fotografía 1. Rayo. Fuente: RTR Energía.

4.1.4. Potencia aparente (S)

La potencia aparente o potencia total es la suma, según el teorema de Pitágoras, de la potencia activa y la aparente. Estas dos potencias representan la potencia total que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas. Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los

consumidores, es decir, hasta los hogares, fábricas, industrias, etc. Su unidad de medida es el VA.

4.2. PROBLEMAS OCASIONADOS POR LA ENERGÍA REACTIVA

4.2.1. Incremento de las pérdidas en los conductores

- Calentamiento de conductores, acelerando el deterioro de los aislamientos reduciendo la vida útil de los mismos y pudiendo ocasionar cortocircuitos.
- Disminución de la capacidad de la REE, al tener que generar una electricidad extra que compense las pérdidas.
- Calentamiento en los bobinados de los transformadores de distribución.
- Disparo de las protecciones sin una causa aparente.

Pérdidas por efecto Joule :

$$P_{perdidas} = I^2 \cdot R$$

donde :

I : intensidad de corriente
que atraviesa el conductor
en Amperios (A)

R : resistencia ohmica del
conductor en Ohmios (Ω)

Figura 2. Formulación Potencia. Fuente: RTR Energía.

4.2.2. Sobrecarga de transformadores y generadores

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia origina que generadores y transformadores trabajen con cierto grado de sobrecarga, reduciendo así su vida útil al sobrepasar sus valores de diseño.





4.2.3. Aumento de la caída de tensión

La circulación de corriente a través de un conductor eléctrico produce una caída de tensión definida por la Ley de Ohm.

El aumento de la intensidad de corriente debido al bajo factor de potencia producirá una mayor caída de tensión, resultando un insuficiente suministro de potencia a las cargas en el consumo, reduciendo las cargas su potencia de salida.

4.3. BENEFICIOS DE COMPENSAR LA ENERGÍA REACTIVA

4.3.1. Disminución de las pérdidas por efecto Joule

Si se sustituye la expresión de la intensidad de corriente en función de la potencia activa en la fórmula de las pérdidas por efecto Joule, se obtiene:

$$\frac{Pérdidas_i}{Pérdidas_f} = \left(\frac{\cos\varphi_i}{\cos\varphi_f} \right)^2$$

donde :

$Pérdidas_i$: las pérdidas iniciales

$Pérdidas_f$: las pérdidas finales

$\cos\varphi_i$: el factor de potencia inicial

$\cos\varphi_f$: el factor de potencia final

Figura 3. Relación pérdidas y consumo. Fuente: RTR Energía.

Tabla 3. Relación coseno. Fuente RTR Energía.

DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE				
COS ϕ INICIAL	COS ϕ FINAL			
	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	65,40%	69,14%	72,30%	75,00%
0,55	58,13%	62,65%	66,48%	69,75%
0,60	50,17%	55,56%	60,11%	64,00%
0,65	41,52%	47,84%	53,19%	57,75%
0,70	32,18%	39,51%	45,71%	51,00%
0,75	22,15%	30,56%	37,67%	43,75%
0,80	11,42%	20,99%	29,09%	36,00%
0,85	—	10,80%	19,94%	27,75%
0,90	—	—	10,25%	19,00%
0,95	—	—	—	9,75%

4.3.2. Reducción de gases de efecto invernadero

Si se tiene en cuenta que las pérdidas diarias aproximadas en la distribución eléctrica son 8.850 kWh y que las emisiones de CO₂ en la producción eléctrica son unos 400 g/kWh, esto supone el lanzamiento a la atmósfera 3,5 toneladas de CO₂ diarias a nivel nacional. Estas emisiones representan el 1,25 % de las emisiones anuales por generación de energía eléctrica.

La compensación de Energía Reactiva evitaría, por término medio, la emisión a la atmosfera de 1,36 toneladas de dióxido de carbono diarias, prácticamente 500 toneladas al año.



Fotografía 2. Torres de Centrales Eléctricas. Fuente: RTR Energía.





4.3.3. Caída de tensión en las líneas de distribución

En el proceso de transporte de la energía eléctrica se produce una caída de tensión, ya que la corriente debe vencer la impedancia eléctrica propia del conductor (Z).

La caída de tensión se determina mediante la ley de Ohm y es igual al producto de la intensidad de corriente por la resistencia, luego al sustituir la intensidad demandada por la potencia conectada al suministro se obtiene:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{activa}} \cdot Z}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{\text{cte}}{\cos \varphi} \Rightarrow \frac{\Delta U_i}{\Delta U_f} = \frac{\cos \varphi_i}{\cos \varphi_f}$$

siendo :

ΔU la caída de tensión en la línea

U , la tensión de distribución

Z , la impedancia del conductor



Tabla 4. Relaciones cosenos entre líneas. Fuente RTR Energía.

DISMINUCIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN LAS LÍNEAS				
COS ϕ INICIAL	COS ϕ FINAL			
	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	41,18%	44,44%	47,37%	50,00%
0,55	35,29%	38,89%	42,11%	45,00%
0,60	29,41%	33,33%	36,84%	40,00%
0,65	23,53%	27,78%	31,58%	35,00%
0,70	17,65%	22,22%	26,32%	30,00%
0,75	11,76%	16,67%	21,05%	25,00%
0,80	5,88%	11,11%	15,79%	20,00%
0,85	—	5,56%	10,53%	15,00%
0,90	—	—	5,26%	10,00%
0,95	—	—	—	5,00%



4.3.4. Aumento de la capacidad de la red eléctrica

Considerando todo lo que se produce como extra para contrarrestar las pérdidas, podría utilizarse para suministrar electricidad en el consumo. Consultando el histórico de consumos y pérdidas, se observa como la capacidad de la red eléctrica española aumentaría 0,5 %, que sería suficiente para abastecer a Ceuta y Melilla durante algo más de dos años.

4.4. AHORRO ECONÓMICO POR LA COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA

La compensación de reactiva no sólo reporta ventajas técnicas, sino también económicas. Desde enero de 2010 las empresas con un contrato superior a 15 kW, lo cual incluye prácticamente a cualquier negocio, desde una pequeña tienda a una gran industria, pueden estar sufriendo importantes incrementos en el importe de su factura eléctrica.

Esto se debe a un cambio legislativo, publicado el 31 de diciembre de 2009 en el BOE, que busca impulsar la eficiencia energética a través de un uso más responsable de la energía en las empresas.



Tabla 5. Precios de la Energía. Fuente RTR Energía.

PRECIOS DE LA ENERGÍA REACTIVA			
$\cos \phi$	€/KVARH 2009	€/KVARH 2010	INCREMENTO 2009-2010
$\cos \phi \geq 0,95$	0	0	—
$0,9 \leq \cos \phi < 0,95$	0,000013	0,041554	319.546%
$0,85 \leq \cos \phi < 0,9$	0,017018	0,041554	144,18%
$0,8 \leq \cos \phi < 0,85$	0,034037	0,041554	22,08%
$\cos \phi < 0,8$	0,051056	0,062332	22,08%

La compensación de la Energía Reactiva se realiza mediante la instalación en la red eléctrica afectada, de baterías de condensadores eléctricos, los cuales generan cargas capacitivas que contrarrestan las pérdidas reactivas de la instalación.



Fotografía 4. Cuadro eléctrico con baterías de condensación.
Fuente: RTR Energía.

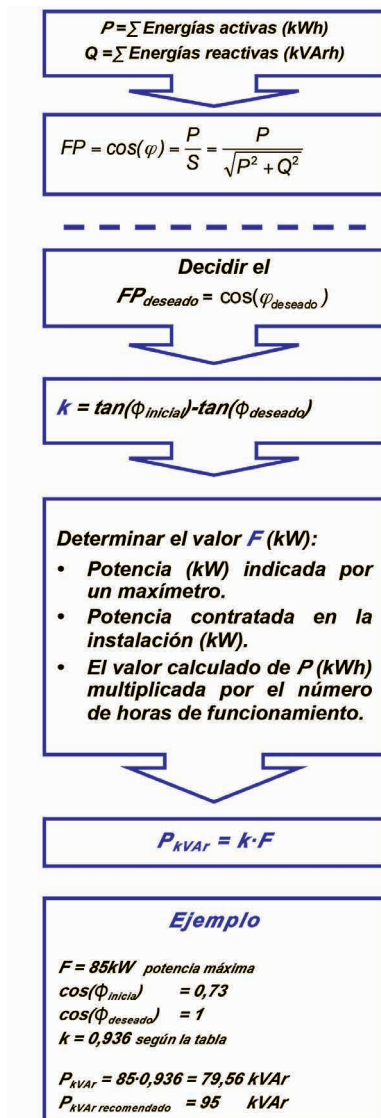
Con las nuevas tarifas, cualquier instalación que disponga de equipamientos tan básicos como máquinas de aire acondicionado o una nevera (ver cuadros de la sección A), es susceptible de estar sufriendo importantes recargos en concepto de energía reactiva. Esta modificación ha provocado que usuarios que hasta ahora no pagaban por el consumo de energía reactiva, pasen a ver como este concepto se dispara en su factura de energía eléctrica a partir de enero 2010.

Como es lógico, esta nueva legislación afecta especialmente a las industrias en las que se utilizan tanto transformadores, motores y en general distintos receptores industriales que necesiten crear campos magnéticos para su funcionamiento.

4.5. CÁLCULO DE LA ENERGÍA REACTIVA A COMPENSAR

La manera de determinar el factor de potencia que se desea corregir tiene tres partes fundamentales que se desarrollan el diagrama de bloques de la derecha:

1. Cálculo de la potencia reactiva de la instalación.
2. Cálculo de la potencia capacitiva necesaria para la compensación.
3. Determinación de la variabilidad del factor de potencia (FP) de la instalación.





4.5.1. Cálculo de la energía reactiva

Calcular la potencia reactiva de una instalación es calcular su factor de potencia (FP), para ello es necesario hacer un estudio de la instalación mediante, entre otras:

- Un analizador de la red eléctrica.
- Un estudio de los recibos del consumo de energía, como muestra el diagrama de bloques.

4.5.2. Cálculo de la potencia capacitiva

Una vez determinado el FP de la instalación, es necesario decidir el factor de potencia deseado para eliminar la Energía Reactiva ($FP_{deseada}$) que será un valor lo más próximo a la unidad.

El valor definido por la diferencia de tangentes se denomina «factor k » y sus valores más habituales se resumen en la tabla de la página siguiente.

Una vez definidos y calculados los valores k y F se puede calcular la potencia capacitiva necesaria (P_{kVAr}) medida en $kVAr$ para la compensación del factor de potencia. RTR Energía S.L. recomienda incrementar este valor (P_{kVAr}) entre un 15-20 % para preveer posibles ampliaciones.

4.5.3. Determinación de la variabilidad del factor de potencia

Cuando se decida realizar la compensación de forma central (ver el epígrafe 6), hay que saber como varía el valor FP a lo largo del tiempo para decidir el número de escalones que necesita la batería para lograr la potencia de capacitiva calculada en todo momento.

Por ejemplo, supóngase que se necesita una batería de 80 $kVAr$, sabiendo que 60 $kVAr$ los produce un motor concreto y los otros 20 aparecen y desaparecen de forma intermitente a lo largo del día.

- 1:1:1:1...la potencia todos los escalones es igual.
- 1:2:2:2...la potencia del 1^{er} escalón es la mitad que los demás.
- 1:2:4:4...la potencia del 1^{er} escalón es la mitad del 2º y está a su vez la mitad del resto.

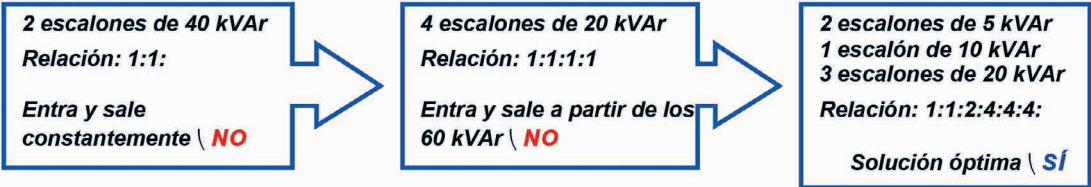


Tabla 6. Factor de Potenciadeseado y a compensar. Valores del factor k más usuales. Fuente RTR Energía.

FP antes de compensar		FACTOR DE POTENCIA DESEADO											
		cos ϕ	0,80	0,84	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
		tg ϕ	0,750	0,646	0,540	0,484	0,426	0,329	0,292	0,251	0,203	0,142	0,000
cos ϕ	tg ϕ												
0,400	2,291		1,541	1,645	1,752	1,807	1,865	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
0,430	2,100		1,350	1,454	1,560	1,615	1,674	1,771	1,808	1,849	1,897	1,957	2,100
0,460	1,930		1,180	1,284	1,391	1,446	1,504	1,602	1,639	1,680	1,727	1,788	1,930
0,490	1,779		1,029	1,133	1,239	1,295	1,353	1,450	1,487	1,528	1,576	1,637	1,779
0,520	1,643		0,893	0,997	1,103	1,158	1,217	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0,550	1,518		0,768	0,873	0,979	1,034	1,092	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
0,580	1,405		0,655	0,759	0,865	0,920	0,979	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
0,610	1,299		0,549	0,653	0,759	0,815	0,873	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
0,640	1,201		0,451	0,555	0,661	0,716	0,775	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
0,670	1,108		0,358	0,462	0,568	0,624	0,682	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108
0,700	1,020		0,270	0,374	0,480	0,536	0,594	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,730	0,936		0,186	0,290	0,396	0,452	0,510	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936
0,760	0,855		0,105	0,209	0,315	0,371	0,429	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,790	0,776		0,026	0,130	0,236	0,292	0,350	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776
0,800	0,750		—	0,104	0,210	0,266	0,324	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,810	0,724		—	0,078	0,184	0,240	0,298	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,820	0,698		—	0,052	0,158	0,214	0,272	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698



(Continuación)

FP antes de compensar		FACTOR DE POTENCIA DESEADO											
		$\cos\phi$	0,80	0,84	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
		$\text{tg}\phi$	0,750	0,646	0,540	0,484	0,426	0,329	0,292	0,251	0,203	0,142	0,000
$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$												
0,830	0,672		—	0,026	0,132	0,188	0,246	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,840	0,646		—	—	0,106	0,162	0,220	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,850	0,620		—	—	0,080	0,135	0,194	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,860	0,593		—	—	0,054	0,109	0,167	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,870	0,567		—	—	0,027	0,082	0,141	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,880	0,540		—	—	—	0,055	0,114	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,890	0,512		—	—	—	0,028	0,086	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,900	0,484		—	—	—	—	0,058	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484
0,910	0,456		—	—	—	—	0,030	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313	0,456
0,920	0,426		—	—	—	—	—	0,097	0,134	0,175	0,223	0,284	0,426
0,930	0,395		—	—	—	—	—	0,067	0,104	0,145	0,192	0,253	0,395
0,940	0,363		—	—	—	—	—	0,034	0,071	0,112	0,160	0,220	0,363
0,950	0,329		—	—	—	—	—	—	0,037	0,078	0,126	0,186	0,329
0,960	0,292		—	—	—	—	—	—	—	0,041	0,089	0,149	0,292
0,970	0,251		—	—	—	—	—	—	—	—	0,048	0,108	0,251
0,980	0,203		—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,061	0,203
0,990	0,142		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,142

4.6. CONFIGURACIONES PARA COMPENSAR LA ENERGÍA REACTIVA

4.6.1. Compensación individual

La compensación individual se utiliza en equipos que tienen un ciclo continuo de operación y cuyo consumo de reactiva es considerable, principalmente motores eléctricos y transformadores. El condensador se instala en cada una de las cargas de manera que los únicos conductores afectados por la energía reactiva son los que unen la carga con el condensador.

Las ventajas de esta configuración son:

- La energía reactiva queda confinada entre el condensador y la carga, quedando el resto de las líneas libres de energía reactiva.
- Los condensadores entran en servicio sólo cuando la carga está conectada, ya que el arrancador puede servir como interruptor del condensador de manera que no son necesarios otros sistemas de regulación.

Aunque esta configuración esta recomendada para estos casos también presenta algún inconveniente como, por ejemplo:

- El precio de varios condensadores por separado es mayor que el de uno mayor equivalente.
- En cargas que no son usadas con frecuencia los condensadores pueden estar infrautilizados.

En esta configuración de compensación fija hay dos casos que por su singularidad se van a estudiar por separado: la compensación en los motores asíncronos y en los transformadores de potencia (ver epígrafe 7).

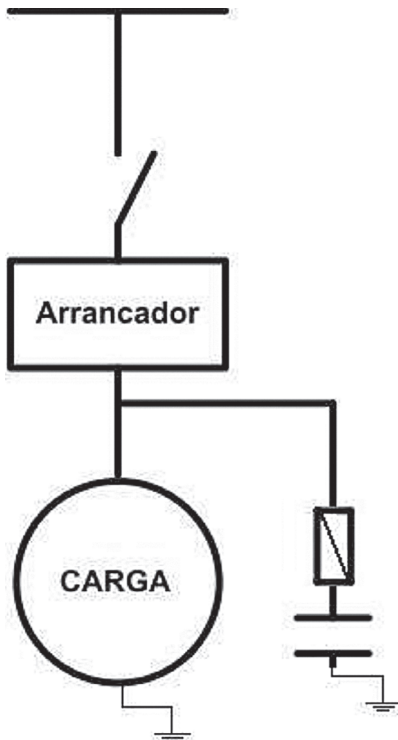


Figura 4. Esquema de Compensación. Fuente RTR Energía.





4.6.2. Compensación en grupo

La configuración de compensación en grupo se recomienda cuando un grupo de cargas, ya sean iguales o diferentes, se conectan simultáneamente y demandan una cantidad de reactiva constante. La configuración en grupo presenta las siguientes ventajas:

- La batería de condensadores puede instalarse en el centro de control de motores.
- Los condensadores se utilizan sólo cuando las cargas están en funcionamiento.
- La inversión económica en la instalación es menor.
- Se elimina la potencia reactiva de las líneas de distribución de energía eléctrica.

En las líneas de alimentación principal, presenta como desventaja que sigue apareciendo potencia reactiva entre las cargas y el centro de control de motores.

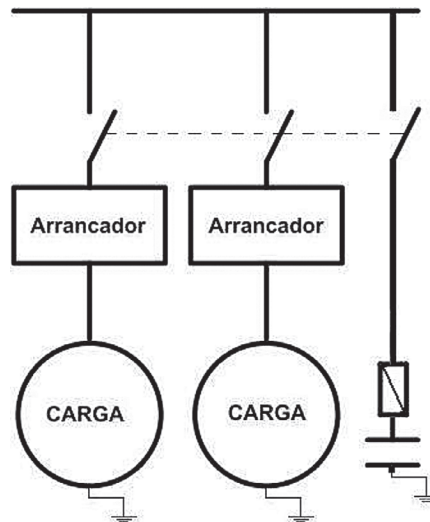


Figura 5. Esquema de Compensación. Fuente RTR Energía.

4.6.3. Compensación centralizada

La potencia total de la batería de condensadores se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución de la energía. La potencia total de la batería se divide en varios bloques o escalones comu-

nicados con un regulador automático que los conecta o desconecta en cada momento, según el consumo de reactiva instantáneo. La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

- Mayor aprovechamiento de la capacidad de los condensadores.
- Mejor regulación del voltaje en el sistema eléctrico.
- Adecuación de la potencia de la batería de condensadores según los requerimientos de cada momento.

La desventaja de corregir el factor de potencia con una configuración centralizada es que las líneas de distribución no son descargadas de potencia reactiva, además de la necesidad del regulador automático en la instalación.

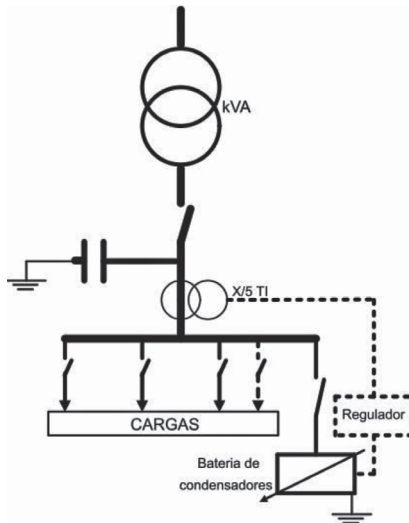


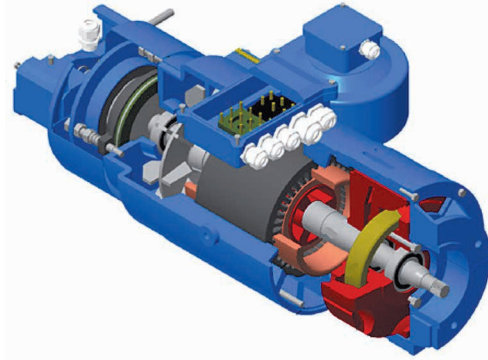
Figura 6. Esquema de Compensación Centralizada.
Fuente RTR Energía.





4.7. COMPENSACIÓN DE MOTORES ASÍNCRONOS Y TRANSFORMADORES

4.7.1. Arranque directo de un motor trifásico asíncrono



$$Q_{\text{compensar}} = P \cdot (\tan \varphi_i - \tan \varphi_f)$$

$$Q_{\text{compensar}} \leq Q_{\text{límite}}$$

$$Q_{\text{límite}} = 0.9 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0 \quad \text{ó}$$

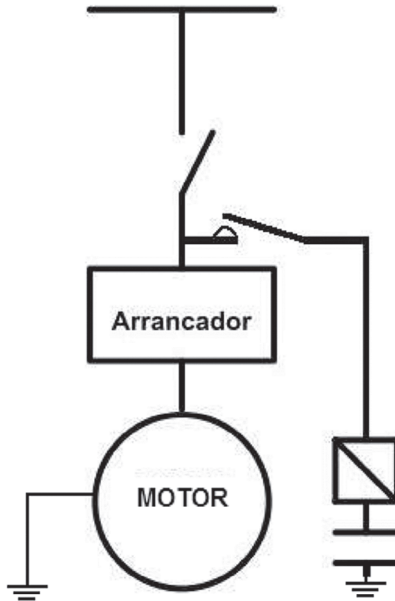
$$Q_{\text{límite}} = 2 \cdot P (1 - \cos \varphi_{\text{inicial}})$$

Con la compensación individual de motores asíncronos hay que tomar ciertas precauciones ya que puede aparecer la autoexcitación del motor. Este fenómeno surge al desconectar el motor, ya que este sigue girando hasta detenerse debido a su inercia. En el momento de cortar la alimentación, si se ha realizado la compensación en bornes del motor, las corrientes capacitivas de los condensadores en el estator generarán un campo magnético en el rotor en la misma dirección del campo magnético decreciente. Por lo tanto, el motor comenzará a funcionar como generador, provocando sobretensiones en los bornes del motor.

Existen dos posibles soluciones para evitar la aparición de la autoexcitación:

- Limitar las corrientes capacitivas de los condensadores, limitando la potencia de la batería de condensadores instalada, para que éstas sean inferiores a la intensidad de vacío del motor (La norma **EN-60831-1** recomienda que nunca sea superior al 90 % de la potencia reactiva en vacío del motor).

- Realizar la compensación en bornes a través de un contactor, de forma que al desconectar el motor de la alimentación los condensadores queden aislados de los terminales del motor.



En la práctica se puede aproximar como :

$$Q_{compensar} = 0,3 \cdot P_{nominal \text{ motor}}$$

Figura 7. Esquema de Compensación Motor.

Fuente RTR Energía.



4.7.2. Arrancador estrella-triángulo

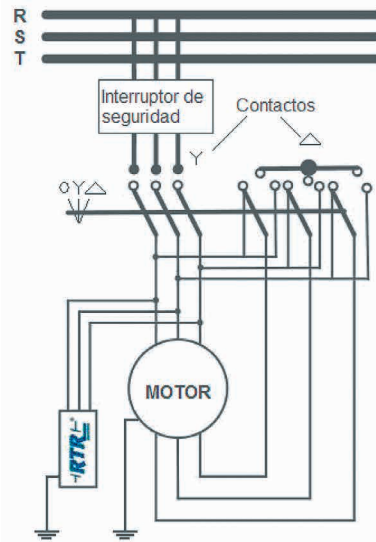
La conexión directa de motores asíncronos no es posible en algunas ocasiones debido a las puntas de intensidad que se producen durante su arranque. En estos casos se utilizan conmutadores estrella-triángulo.

Si un motor tiene un dispositivo de arranque estrella-triángulo, se realizará la conexión de los condensadores a través de contactores, de manera que el condensador se conecte una vez que el motor ha terminado su arranque (estrella) y se encuentre en régimen permanente (triángulo).



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

La utilización de este esquema evita las sobreintensidades y sobretensiones que se producen al conectar el motor.



Conexión de cerrado a estrella:

1. Abrir las conexiones del triángulo.
2. Cerrar las conexiones de la red.
3. Cerrar las conexiones del punto neutro.

Conmutación estrella - triángulo:

1. Abrir las conexiones del punto neutro.
2. Cerrar las conexiones del triángulo.

Figura 8. Esquema de Conexión Estrella-Triángulo. Fuente: RTR Energía.



Tabla 6. Compensación de Motores Asíncronos. Fuente RTR Energía.

POTENCIA DEL MOTOR		POTENCIA DE LOS CONDENSADORES EN kVar			
kW	CV	3000 rpm	1500 rpm	1000 rpm	750 rpm
7,5	10	2,50	2,50	2,50	5,00
11	15	2,50	2,50	5,00	5,00
15	20	5,00	5,00	5,00	7,50
18	25	5,00	5,00	7,50	10,00
22	30	7,50	7,50	10,00	10,00
30	40	10,00	10,00	12,50	15,00
37	50	12,50	15,00	17,50	20,00
45	60	15,00	17,50	20,00	22,50
55	75	17,50	25,00	22,50	25,00
75	100	22,50	27,50	27,50	32,50
90	125	25,00	30,00	35,00	40,00
110	150	30,00	35,00	42,50	45,00
132	180	37,50	45,00	45,00	55,00
160	220	45,00	50,00	60,00	65,00
200	270	50,00	60,00	67,50	80,00
250	340	60,00	65,00	75,00	85,00
280	380	70,00	77,50	85,00	95,00
355	485	85,00	95,00	107,50	122,50
400	544	100,00	105,00	125,00	135,00

Estos valores son indicativos

4.7.3. Transformadores de potencia

La compensación de energía reactiva de los transformadores debe ser la necesaria para corregir la reactiva que aparece en su funcionamiento en vacío, que es una cantidad fija (Q_0), y la reactiva que absorbe cuando se encuentra en carga (Q_{carga}).

En la tabla adjunta se muestran algunos valores aproximados de la potencia reactiva de los condensadores en función de la potencia del transformador.



$$Q_{compensar} = Q_0 + Q_{carga}$$

$$Q_{compensar} = \sqrt{3} \cdot U \cdot \frac{I_0}{100} + \frac{U_{cc}}{100} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot S_n$$

donde :

I_0 : corriente de vacío en %

U : tensión nominal en el primario

U_{cc} : tensión de cortocircuito en %

S : potencia aparente nominal

S_n : potencia aparente de trabajo

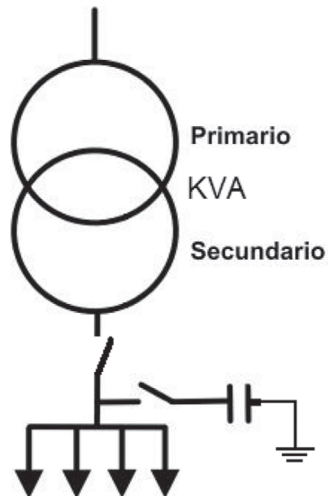
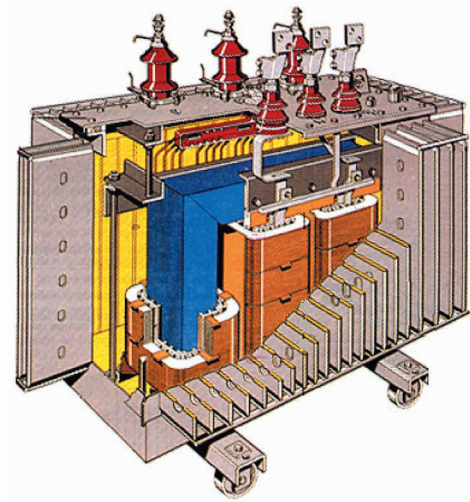


Figura 9. Esquema de Transformador. Fuente: RTR Energía.

En la práctica se puede
aproximar como :

$$Q_{compensar} = 0,05 \cdot S_{nominal} \text{ si } S_n \leq 1000kVA$$

$$Q_{compensar} = 0,03 \cdot S_{nominal} \text{ si } S_n > 1000kVA$$

Tabla 7. Compensación de Transformadores. Fuente: RTR Energía

POTENCIA kVA	TENSIÓN < 24 kV	TENSIÓN > 24 kV
25	2,50	2,50
50	5,00	5,00
100	7,50	10,00
160	10,00	12,50
250	15,00	20,00
400	20,00	25,00
500	25,00	30,00
630	30,00	40,00
800	45,00	50,00
1000	60,00	65,00
1250	70,00	80,00
1600	90,00	100,00
2000	112,50	120,00
2500	155,00	165,00

Estos valores son indicativos

4.8. CALIDAD, INSTALACIÓN Y PROTECCIÓN

Los condensadores de potencia de RTR Energía S.L. están fabricados con un estricto control de calidad que verifica el correcto funcionamiento del condensador en cada una de sus líneas productivas.

Se considera muy conveniente para su perfecto funcionamiento instalar el correspondiente aparellaje según el esquema que se incluye en nuestros condensadores.





No manipular nunca el condensador con corriente. Cuando se vaya a tocar un condensador, a pesar de tener instaladas las resistencias de descarga, se recomienda cortocircuitar entre sí y a tierra las bornas del condensador.

INTERRUPTORES

Deberán ser preferentemente de ruptura brusca y dimensionado para una intensidad de 1,6 a 2 veces la nominal del condensador.

FUSIBLES

Al igual que los interruptores, deben ser de ruptura rápida y capaces de soportar las elevadas intensidades instantáneas de carga y descarga de los condensadores, por lo que su calibración deberá hacerse entre 1,6 y 2 veces la nominal del condensador.

CONDUCTORES

Por las razones expuestas, la sección mínima de los hilos de conexión deberá ser de 1,8 veces superior de la que habría que instalarse para la intensidad nominal.

TEMPERATURA

La temperatura ambiente de trabajo del condensador deberá estar comprendida entre un mínimo de -25°C y un máximo de 55°C (por este motivo, si existieran reactancias en la instalación, los condensa-

dores se situarán en la parte inferior de las mismas). Su instalación deberá realizarse en lugares aireados y atemperados si fuera necesario.

4.9. CASO PRÁCTICO: LOCAL COMERCIAL

A continuación se presenta el caso real de un local comercial dedicado a la actividad hostelera. La instalación tiene contratados 40 kW y paga en su factura mensual 1.468,66 € por la energía consumida y 420,42 € de energía reactiva. Esto es, si se compensa la energía reactiva la facturación se verá reducida en un 28 %.

El historial de consumo que se muestra a la derecha divide la facturación en 6 periodos distintos cada día y muestra para cada uno de ellos: la energía activa, la energía reactiva y la potencia máxima alcanzada en ese periodo (lectura del máxímetro).



Fotografía 5. Local Comercial.
Fuente: RTR Energía.

4.9.1. Cálculo total

Siguiendo los pasos indicados en el epígrafe 5 y considerando el valor de F como la potencia contratada, determinamos el factor de potencia de la instalación y la potencia capacitiva necesaria para compensar la energía reactiva.





Tabla 8. Consumo/Periodo Local. Fuente: RTR Energía.

PERIODO HORARIO	CONSUMOS
Energía activa P1	1737 kWh
Energía activa P2	4863 kWh
Energía activa P3	1427 kWh
Energía activa P4	683 kWh
Energía activa P5	1820 kWh
Energía activa P6	610 kWh
Energía reactiva P1	1434 kVArh
Energía reactiva P2	4091 kVArh
Energía reactiva P3	1842 kVArh
Energía reactiva P4	551 kVArh
Energía reactiva P5	1841 kVArh
Energía reactiva P6	662 kVArh
Maxímetro P1	35 kW
Maxímetro P2	40 kW
Maxímetro P3	22 kW
Maxímetro P4	32 kW
Maxímetro P5	32 kW
Maxímetro P6	21 kW

4.9.2. Cálculo escalonamiento

Siguiendo los pasos indicados en el epígrafe 5 para cada periodo y considerando el valor de F como la potencia del máximo, determinamos el factor de potencia y la potencia capacitiva necesaria de cada periodo.

Tabla 9. Escalonamiento. Fuente: RTR Energía.

CÁLCULO POTENCIA	FP = $\cos\phi$	K	F (kW)	P _{kVAr}
	0,73	0,935	40	37,42

CÁLCULO ESCALONES	FP = $\cos\phi$	K	F (kW)	P _{kVAr}
P1	0,77	0,826	35	28,89
P2	0,77	0,841	40	33,65
P3	0,61	1,291	22	28,40
P4	0,78	0,807	32	25,82
P5	0,70	1,012	32	32,37
P6	0,68	1,085	21	22,79

A la vista de los resultados la potencia de la batería debe ser como mínimo de 37,5 kVAr.

RTR Energía S.L. recomienda incrementar un 15-20 % ese valor para tener reservas en futuras ampliaciones.

La batería elegida sería una de la serie mural de 45 kVAr con 5 escalones (1x5+4x10). La serie minimural no sería indicada por su 3 escalonamientos (3x15).



4.10. CONCLUSIONES

FAVORECE LA EFICIENCIA del consumo energético eléctrico al reducir las pérdidas en el transporte. Al eliminar las pérdidas no es necesario producir una electricidad extra que las compense, por lo que además se contribuye a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero producidos en la generación de energía eléctrica.

AMPLIA LA CAPACIDAD de la REE, ya que todo lo que se produce como extra para contrarrestar las pérdidas podría utilizarse para suministrar electricidad en el consumo. Consultando el histórico de consumos y pérdidas, se observa como la capacidad de la red eléctrica española aumentaría 0,5 %, lo que sería suficiente para abastecer a Ceuta y Melilla durante algo más de dos años.

OPTIMIZA EL DISEÑO de la instalación al evitar que sea necesario incrementar la sección de los conductores por el aumento de la intensidad de corriente, favoreciendo la eficiencia en consumo de recursos como el cobre, cuya influencia económica en los presupuestos de instalaciones no es desdeñable.

AUMENTA LA DURABILIDAD de máquinas eléctricas. La eliminación de la energía reactiva evita el aumento de la intensidad que las obliga a trabajar fuera de su punto de diseño reduciendo su ciclo de vida.

MEJORA LA CALIDAD del suministro eléctrico al eliminar los incrementos de caída de tensión en el transporte, lo que ocasionaría que se suministrara una tensión insuficiente en el consumo, provocando que las cargas (motores, lámparas,...) sufrieran una reducción de su potencia de salida.



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

AHORRO ECONÓMICO en la factura eléctrica al suprimir el recargo por consumo de energía reactiva. En la actualidad, el impacto de la energía reactiva en el recibo de la luz puede llegar a suponer un 30 % del mismo.

4.11. BIBLIOGRAFÍA

Departamento Técnico de RTR Energía.

5 SISTEMAS DE CONTROL Y GESTIÓN PARA EL AHORRO ENERGÉTICO

Enrique del Castillo Asensio

Technical Sales Support Leader Environmental Controls
Honeywell
www.honeywell.com



5.1. INTRODUCCIÓN



El constante aumento del precio de la energía y los requisitos normativos cada vez más exigentes están aumentando el interés de contratistas, arquitectos, ingenierías, propietarios y ocupantes de edificios acerca de la eficiencia energética de los edificios.

Conforme al Plan de acción¹, de la Comisión Europea, el mayor potencial de ahorro (entre un 27 y un 30 % para el año 2020) se encuentra en los edificios existentes.

Existen numerosos factores que contribuyen a la eficiencia energética de los edificios, por ejemplo:

¹ Fuente: http://www.buildingsplatform.eu/epbd_publication/doc/P41_DE_Ener-Exist_27_07_07_final_p2806.pdf



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- El aislamiento térmico de las condiciones meteorológicas y de la radiación solar. Una mejora en el aislamiento puede ayudar a reducir las pérdidas de energía.
- Generación de la energía de calefacción y refrigeración adecuada a las necesidades reales.
- El uso eficiente del calentamiento y enfriamiento «gratuito» (como las fuentes solares y terrestres, o la ventilación y refrigeración por la noche, respectivamente).
- Una distribución eficiente del calentamiento y enfriamiento en todo el edificio con la menor pérdida posible.
- Uso de energías regeneradores en la medida de lo posible y lograr la mayor eficiencia posible al utilizar combustibles fósiles (calderas de temperatura baja).
- Ajuste óptimo de las instalaciones de climatización existentes.
- Reducción de la electricidad que consumen las instalaciones de climatización (bombas de recirculación, ventiladores, etc.).

El objetivo es lograr un confort óptimo a partir de la mínima energía.

Para todos estos factores, es fundamental una tecnología de control, tanto directa como indirectamente, con el fin de lograr estos objetivos.

La tecnología de control también se puede emplear para optimizar el aislamiento de los edificios.

Por ejemplo, se pueden utilizar persianas solares con control electrónico para reducir la exposición a la luz solar: cuando los niveles de radiación solar son altos, las persianas se cierran y, por lo tanto, bloquean la entrada de la luz solar y reducen los requisitos de energía de enfriamiento del edificio.

En el resto de áreas mencionadas anteriormente, el ajuste óptimo de los sistemas electrónicos de control permite obtener importantes ahorros.

5.2. ANÁLISIS DE CONSUMOS

Antes de tomar acciones concretas para optimizar la eficiencia energética de un edificio, primero debe calcularse el ahorro po-

tencial y para ello es imprescindible realizar un análisis del consumo energético del edificio, es decir, lo que se conoce como una auditoría energética.



Figura 1. Pérdidas térmicas en un edificio residencial con un sistema deficiente de aislamiento.
Fuente: Verband Privater Bauherren e.V./Bundesverband Deutscher Baustoff-Fachhandel e.V.

Existen varias formas de estimar el potencial de ahorro de un edificio existente.

Por ejemplo, utilizando una cámara termográfica es posible visualizar las pérdidas de calor, como se ve en la Fig. 1, para detectar dónde sería más rentable instalar sistemas de aislamiento térmico.

Pero la forma más habitual de realizar un análisis de consumo es la colocación de sistemas de medición que permitan conocer el consumo real del edificio. Contadores eléctricos, de energía, de caudal de agua, repartidores de costes, etc. Son dispositivos que incorporando la última tecnología permiten extraer datos precisos de consumo de energía y agua en sus diferentes aplicaciones. La implementación además de diferentes medios de comunicación (cable bus, radiofrecuencia) los hacen ideales para su colocación tanto en edificación nueva como existente.



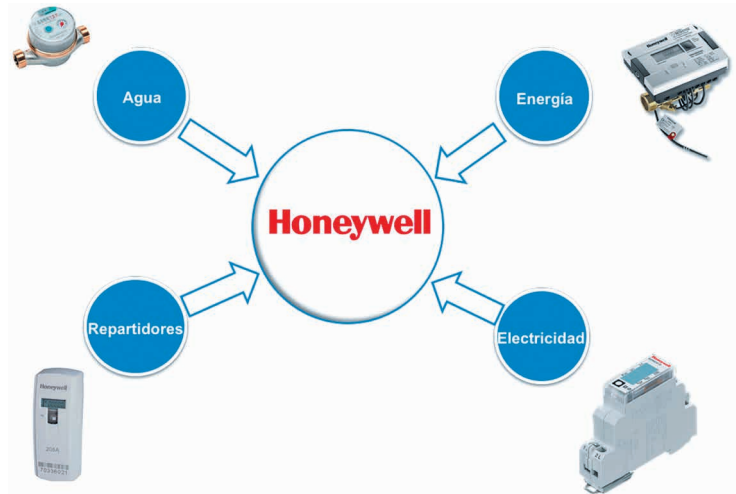


Figura 2. Diferentes sistemas de medición en función de la fuente de energía. Fuente: Honeywell.

Todos estos contadores proporcionan una gran cantidad de datos que hacen imprescindible el uso de un software para poder analizarlos y extraer las conclusiones que ayuden a la toma de decisiones correctas para ahorrar energía.

Los sistemas de gestión de edificios (Building Management Systems, BMS) como Centraline ARENA pueden ayudar a registrar los valores de consumo real y compararlos con los valores estándar.

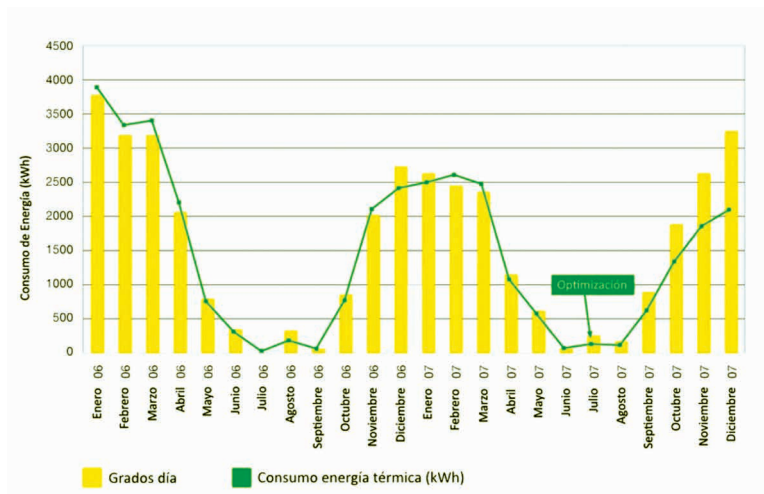


Figura 3. Evolución del consumo de energía frente a los grados día durante 2 años. Fuente: Honeywell.

A partir de las cifras de grados Kelvin al día, es posible comparar el efecto de cambiar las condiciones meteorológicas en los costes de calefacción para comparar así los costes de calefacción en varios meses.

Los valores de consumo registrados mediante BMS también permiten establecer comparaciones «antes» y «después» para poder realizar una evaluación conjunta directa y fiable de la efectividad de las distintas acciones que se pueden llevar a cabo.

En el ejemplo mostrado en la Fig. 3, se observa claramente cómo se ha obtenido una reducción del 30 % en energía de calefacción después de aplicar la optimización durante el mes de Julio de 2007.

Los datos registrados por los BMS proporcionan información importante sobre el potencial de optimización de una instalación durante su funcionamiento.

Los sistemas de gestión de la energía automatizan la evaluación y el proceso de los datos, de modo que la toma de decisiones se lleva a cabo rápidamente. Para ello se pueden emplear distintos tipos de análisis, por ejemplo:

- Análisis de la carga base, que proporciona datos útiles sobre el consumo de energía durante los períodos de desocupación.
- Análisis de los requisitos para los picos de energía, que proporciona datos útiles sobre los picos de consumo de energía generados, por ejemplo, por sistemas eléctricos.
- Distintos análisis de tasas, que analizan el efecto de las tasas de electricidad en función del tiempo y que se pueden obtener de la compañía que suministra el servicio basándose en los datos de consumo real.
- Análisis comparativos, como las desviaciones en el consumo durante distintos días de la semana o las desviaciones en el consumo en distintos edificios como se muestra en la Fig. 4.



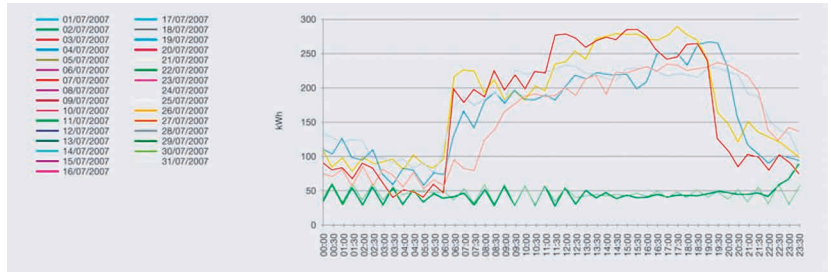


Figura 4. Comparación entre los distintos días de la semana.
Fuente. Honeywell.

Acceso remoto a los BMS para la gestión de la energía

El acceso remoto a los datos es necesario para la gestión de la energía en un BMS, de este modo es posible consultar y analizar los datos de consumo de distintos edificios, lo que permite adoptar medidas de optimización o comprobar la eficacia de las acciones.

Los sistemas de gestión de edificios como Centraline ARENA no sólo permiten adquirir datos, sino que también permiten acceder de forma activa al control de todos los componentes de la planta, desde las calderas a los controladores de las estancias, siempre que se cuente con la autorización correspondiente para ello.

Estos sistemas permiten a las empresas especializadas llevar a cabo optimizaciones sin necesidad de tener que visitar el sitio.

De este modo los ajustes de los programas o los parámetros de control se pueden adaptar a las diferentes circunstancias durante el funcionamiento del sistema.

5.3. CONTROL INTELIGENTE

La aplicación de una tecnología de control moderna e inteligente puede suponer un gran ahorro de energía, especialmente en los edificios comerciales.

Esta tecnología puede consistir, por ejemplo, en sustituir los algoritmos de control clásicos por soluciones innovadoras de ahorro energético muy eficientes.

Los nuevos métodos no sólo ayudan a lograr una máxima eficiencia energética y a satisfacer a la vez la demanda de comodidad, sino

que también prolonga la duración de los sistemas y amplía los ciclos de mantenimiento.

Mediante la optimización de los parámetros de control se puede obtener por ejemplo, un ahorro de hasta el 15 %.

A continuación se describen los factores básicos que más influyen para ahorrar energía y que se pueden lograr empleando sistemas de control de gran calidad y optimizando las posibilidades de la instalación.

5.3.1. Funciones de control de eficiencia energética

Los sistemas de control de eficiencia energética activarán los generadores de calor solamente cuando un consumidor demanda calor.

Esto significa que cada consumidor, ya sea un circuito de calefacción, circuito del agua, aire acondicionado o control individual de una sala, envía una petición (correspondiente a su punto de consigna) al generador de calor exactamente cuándo necesite calor.

Dado que el tiempo de funcionamiento de cada consumidor se puede establecer de forma individual, no se suministra energía de forma innecesaria y, por lo tanto, se reduce la pérdida de energía.

5.3.2. Control del circuito de calefacción

En la mayoría de los sistemas, y por motivos de costes, solamente se utilizan sistemas de control de calefacción con control de la temperatura del fluido en función de las condiciones exteriores. Además de las dimensiones de los radiadores, el ajuste de la curva de calefacción también influye notoriamente en la eficiencia energética.

Una temperatura de fluido más baja implica una reducción de la pérdida de energía por los conductos que, a su vez, depende de la longitud de los conductos y de la calidad del aislamiento.

En el caso de calderas de condensación y de baja temperatura, esto también permite reducir la temperatura de retorno y tiene un efecto positivo en el desperdicio de gas y en las pérdidas de radiación, así como una mayor explotación de la condensación. Desde el punto de





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

vista de control técnico, debería prestarse más atención a cómo se establece la curva de calentamiento. Cambiar la curva de calefacción en $\pm 5\text{ K}$ altera el consumo de energía en un $\pm 19\%$.

Para minimizar las desventajas del control de la temperatura en función de la temperatura exterior, es importante que la tecnología de control que se haya implementado mantenga el punto de consigna de la temperatura de fluido con el nivel más bajo posible. Algunos controladores especiales como el «Tiger» o el «Panther» de Centraline lo consiguen adaptando automáticamente la curva de calentamiento que, a su vez, se adapta automáticamente al edificio.

El control en función del clima también hace que sea imposible registrar la influencia de la radiación solar, del calor que generan los equipos electrónicos o del número de personas que hay en una sala. Al fin y al cabo, cada persona genera por sí misma alrededor de 60-100 W de energía térmica. Estas desventajas solamente se pueden compensar mediante el control individual de las estancias.

5.3.3. Control de bombas

Las bombas controladas en función de la demanda permiten obtener un ahorro adicional: en muchos casos, las bombas funcionan las 24 horas del día a la velocidad máxima.

Concretamente, las bombas de impulsión de más de 100 kW albergan un elevado potencial de ahorro.

Cuando hay riesgo de heladas, es necesario que las bombas funcionen para evitar congelaciones, pero por encima del nivel contra heladas, si las bombas funcionan solamente cuando se requiere energía se puede ahorrar entre un 30 y un 60 % de consumo de electricidad.

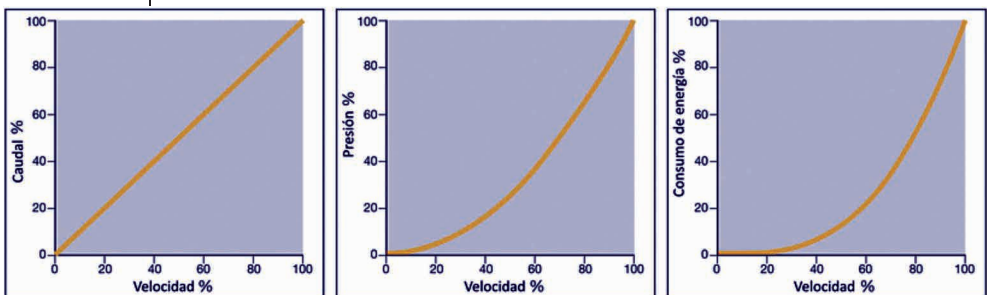


Figura 5. Las leyes de afinidad expresan la relación que existe entre la velocidad de rotación y otras variables. Fuente: Honeywell.

5.3.4. Control de los generadores de calor

Si dentro del marco de la modernización de la tecnología de control también está previsto renovar la caldera, lo ideal sería utilizar una caldera de condensación.

En pocos años, los elevados costes iniciales quedan compensados gracias a un menor coste de la energía.

No obstante, también es necesario tener en cuenta los generadores de calor alternativos como las bombas de calor.

Las estrategias de control individuales, por ejemplo, incluyen todas las funciones para el control eficiente de las calderas, de las secuencias de las calderas o la integración de generadores de calor alternativos y ecológicos.

Los generadores de calor se agrupan de forma que los más ecológicos son siempre los principales, mientras que los convencionales son siempre los generadores de calor que se emplean para cubrir los picos de demanda.

La estrategia de control garantiza que solamente estará disponible la energía térmica necesaria, de modo que los generadores de calor trabajarán con la máxima eficacia.

Esto se logra comparando la demanda de calor de los consumidores con la energía térmica que suministran los generadores de calor.

Gracias a tiempos de funcionamiento más largos que conllevan menos procesos de encendido/apagado, la estrategia de control también permite ampliar la vida útil de las calderas.

5.3.5. Control eficiente de los sistemas de ventilación

El elevado consumo de energía de los sistemas de ventilación suele atribuirse al sobredimensionamiento.

La reducción del caudal de aire a las tasas de intercambio de aire mínimas necesarias permite ahorrar entre un 30 y un 50 % de energía, y optimizar a la vez el control coordinado de la temperatura, la





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

humedad y el caudal del volumen permite obtener un ahorro adicional de entre el 10 y el 15 %.

En los sistemas convencionales de aire acondicionado, el controlador de la temperatura, de la humedad relativa y de la velocidad del ventilador (controlador del caudal de aire) funcionan de modo independiente.

Este enfoque significa que las oscilaciones y el desperdicio de energía son inevitables.

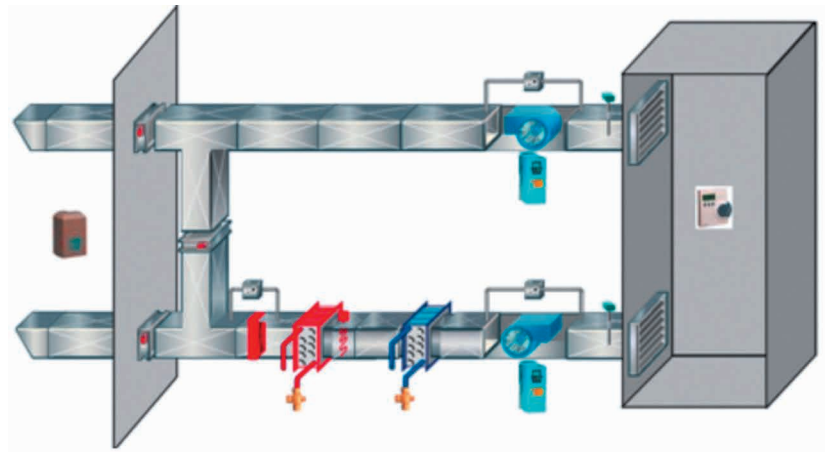


Figura 6. Sistema clásico de aire acondicionado. Fuente: Honeywell.

Al controlar los componentes individuales de los sistemas de aire acondicionado pueden surgir los problemas siguientes:

- Oscilación simultánea de la temperatura y de la humedad relativa.
- Aumento del movimiento correctivo en caso de un fallo de compensación y, por lo tanto, un uso innecesario de energía.
- Se ejerce una mayor tensión sobre las válvulas y bombas cuando las variables correctivas oscilan (por ejemplo, ante conmutaciones frecuentes).
- Mantenimiento impreciso de los puntos de consigna ante influencias variables.

Los controladores de CentraLine ofrecen la posibilidad de utilizar un algoritmo de control que permite solucionar todas estas desventajas y que contribuye a la utilización eficiente de los sistemas.

Las señales de control del actuador no se determinan solamente mediante los componentes del controlador del aire acondicionado. En el proceso del aire acondicionado se miden las variables que se utilizan en el controlador del aire acondicionado basado en el conocimiento, lo que significa que están disponibles y que normalmente evitan la necesidad de disponer de una tecnología de detección adicional.

El controlador evalúa estas variables de forma más compleja.

De este modo, el controlador «sabe» que ante la condición “x” debe emitirse la señal “y”. Esto permite al controlador, por ejemplo, reaccionar antes de que la nueva situación afecte a la variable de control y, por lo tanto, evita que se produzcan mayores desviaciones.

Además de corregir la base de conocimiento, los componentes necesarios del controlador PI que trabajan en paralelo solamente tienen la función de intervención correctiva.

A su vez, esto genera una reducción considerable del rango de control, lo que tiene consecuencias positivas en el modo en que trabaja el controlador en términos de estabilidad y robustez.

Con el fin de poder comunicar una señal correctiva adaptada a la demanda para los componentes del sistema como el calentador de aire, la recuperación de calor y los tiros de aire, debe generarse una secuencia correctiva en la que se utilicen totalmente componentes como la recuperación del calor o tiros de mezcla antes de que se demanden más elementos del sistema que consumen energía.

Una mejora en la calidad del control significa que el controlador basado en el conocimiento requiere menos energía que los controladores PID convencionales.

Una elevada calidad del control se puede lograr mediante:

- Un control rápido y fiable.
- Un menor exceso por parte de los elementos.
- Señales correctivas moderadas en las válvulas (amplitudes mínimas, rendimiento correctivo silencioso).
- Una baja influencia entre los subprocesos de calefacción, enfriamiento, humidificación y deshumidificación y, por lo tanto, una reducción del número de fallos evitables.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Un mayor robustez del controlador respecto a las influencias de alteración.
- Una reducción del consumo innecesario de energía mediante una coordinación óptima del tratamiento del aire.
- Una reducción del desgaste del sistema mediante actuadores de movimiento moderados.

5.3.6. Regulación de CO₂ y recuperación del calor

Con la regulación del CO₂ se puede obtener un ahorro de entre el 30 y el 50 %.

Este control sustituye el aire exterior y el caudal del volumen mediante la velocidad del ventilador.

Esto significa que sólo se suministra aire fresco cuando se supera el punto de consigna del CO₂.

La utilización de la recuperación del calor con un elevado grado de eficiencia (puede ser de hasta el 80 % si se utilizan calderas de condensación) o el enfriamiento durante la noche también implican un aumento de la eficiencia energética.

5.3.7. Regulación por zonas de la temperatura ambiente

Regular la temperatura de forma individual en cada estancia es algo que hasta hace poco resultaba muy costoso y requería de reformas. Las tecnologías radiofrecuencia que incorpora el sistema Evohome permite realizar esta función de una manera sencilla, sin obras y a un coste razonable con un periodo de amortización corto (2/3 años).

La regulación por zonas permite conseguir ahorros de entre el 15 y el 30 %, si consideramos que la calefacción es el mayor consumidor de energía de la mayoría de los hogares (entre un 40 y un 80 %), el poder regular de forma independiente la temperatura de las diferentes estancias en función de su uso lo convierten en la solución perfecta. Si además le añadimos la posibilidad de control remoto desde un Smartphone o Tablet lo hacen que sistemas como el Evohome sean ideales para multitud de usuarios.



Figura 7. Sistema Evohome de zonificación para radiadores con control desde Smartphone o Tablet. Fuente: Honeywell.



5.3.8. Inspección y mantenimiento periódicos del sistema

Uno de los elementos clave para lograr valores elevados de eficiencia energética es realizar un mantenimiento periódico del sistema.

Cuando se utiliza una tecnología de control moderna, los planes de mantenimiento se pueden incorporar directamente en los controladores.

Por lo tanto, es posible definir un intervalo de mantenimiento para cada uno de los equipos o unidades controladas.

Cuando se alcanza el intervalo de mantenimiento, el controlador emite una alarma de mantenimiento.

Estas alarmas sólo se activan si se ha establecido un acuerdo con el cliente para llevar a cabo este mantenimiento periódico.

Esta aplicación sumamente efectiva del plan de mantenimiento solamente se garantiza a través de una tecnología de gestión de edificios.

5.4. INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DE EDIFICIOS

Si tenemos en cuenta la tecnología del sistema de un edificio, existen dos enfoques para reducir los costes operativos: por una parte, optimi-



zando las funciones de control y regulación de los subsistemas como se ha visto anteriormente y, por otra parte, la optimización ente sistemas y, por lo tanto, entre diferentes fabricantes del sistema.

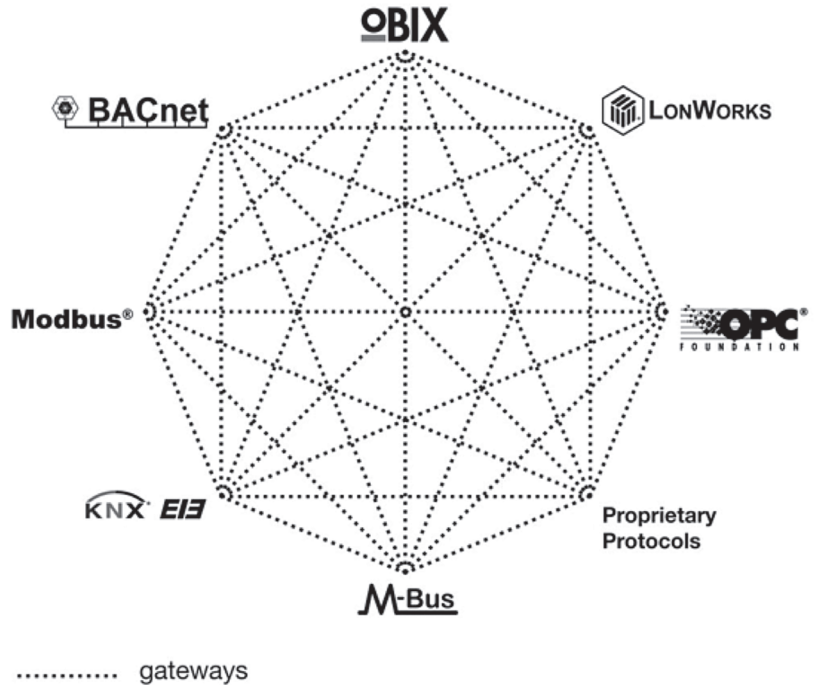


Figura 8. El problema de los diferentes sistemas y sus protocolos.
Fuente: Honeywell

Las funciones habituales de optimización entre sistemas, como programaciones horarias centrales o una simple redirección de los puntos de consigna de un subsistema a otro, son medidas sencillas y muy eficaces que permiten reducir los costes y ahorrar energía.

El registro entre sistemas de los datos medidos es una herramienta indispensable para la optimización de un sistema por parte del consumidor.

CentralLineAX permite llevar a cabo esta integración completa de los sistemas. La plataforma de integración HAWK actúa como un traductor «multilingüe» que ofrece una serie de funciones adicionales.

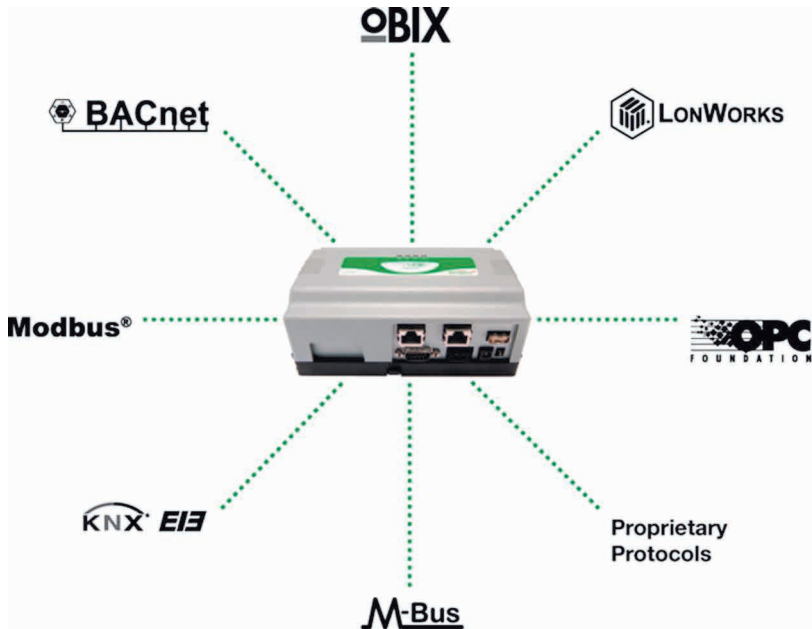


Figura 9. La solución con la plataforma HAWK. Fuente: Honeywell.

Para reducir los costes operativos es importante establecer dónde se producen la mayoría de los costes y cuáles de estos costes se pueden reducir mediante la red entre sistemas y fabricantes.

El registro entre sistemas de los datos medidos y la evaluación es un elemento fundamental en el análisis de los costes operativos y en las consiguientes medidas de gestión de la energía adoptadas.

Entre los factores de coste principales se incluyen los costes operativos y los costes asociados a la puesta en marcha, mantenimiento y reparaciones.

Este último depende básicamente de las horas de funcionamiento, incluido el factor de los viajes.

Si la tecnología del sistema permite el acceso remoto, estos costes se pueden reducir considerablemente y se pueden realizar funciones que abarcan desde la programación a la puesta en marcha.

Las tareas de mantenimiento se activan automáticamente y se redirigen a la empresa de mantenimiento por correo electrónico o mensaje de texto.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

El acceso remoto central a los sistemas de varios fabricantes supone una nueva serie de opciones de mantenimiento y reparación para todas las partes implicadas.

El «Cerebro del edificio»

Los distintos sistemas de un edificio suelen utilizar varios protocolos de comunicación: calefacción y ventilación con BACnet, regulación individual de las salas con LON, refrigeración con ModBus o mediciones con M-Bus, por mencionar algunos ejemplos estándar. CentralLineAX es capaz de integrar los distintos protocolos mediante una sola herramienta de programación. Si los problemas de integración se suelen solucionar mediante pasarelas, un solo elemento de hardware de CentralLineAX puede sustituir varias pasarelas e incluso ofrecer funciones centralizadas como el registro y el almacenamiento de los datos medidos, la gestión de las alarmas o una interfaz gráfica para los usuarios.

¿Cómo funciona? La plataforma de integración HAWK actúa como un nexo de información descentralizado que lee la información de varios subsistemas mediante protocolos de comunicación a través de controladores, admitiendo múltiples protocolos (LON, BACnet, EIB/KNX, ModBus, M-Bus, OPC, etc.).

Es posible implementar drivers propios para protocolos específicos del cliente. A parte del subsistema, toda la información está disponible en la plataforma HAWK para procesarla posteriormente. Los diferentes controladores HAWK se pueden enlazar y vincular al «panel» central de ARENAAX.

Cada HAWK ya dispone de funciones de acceso directo mediante la web y, por lo tanto, de escenarios de acceso remoto.

La plataforma HAWK permite registrar los datos medidos, enviar alarmas por mensaje de texto o correo electrónico y mucho más.

El archivo central de datos (MSSQL, MySQL, Oracle, etc.) de una base de datos se adopta en el ARENAAX. Tanto HAWK como ARENAAX ofrecen interfaces para los sistemas de gestión de la energía.

5.5. CONCLUSIÓN

En resumen, la era de los precios bajos de la energía ya ha quedado atrás y, en un futuro, seguirán subiendo.

No obstante, y también por motivos relacionados con la protección del medio ambiente, la eficiencia energética de los edificios debe seguir aumentando.

De hecho, ya son muchos los gobiernos de todo el mundo que son conscientes de ello y que demandan y promueven programas para renovar los edificios.

Mediante un sistema de regulación optimizado, que apenas supone esfuerzo, se pueden obtener importantes ahorros en los edificios.

El control moderno y eficiente junto con una tecnología de gestión de edificios, contribuyen notoriamente a aumentar la eficiencia energética en los edificios.

Ofrece funciones de control que se han sometido a pruebas exhaustivas y que se ha demostrado que cumplen con las máximas exigencias de eficiencia energética.

5.6. BIBLIOGRAFÍA

- Fotografía: Honeywell/CentraLine.
- Gráficos: CentraLine.
- Texto: CentraLine.



6

BOMBAS Y SISTEMAS DE BOMBEO

Christian Keller

Director Técnico Wilo Ibérica
WILO IBÉRICA
www.wilo.es



6.1. INTRODUCCIÓN

Las bombas y sistemas de bombeo tienen una gran influencia en las instalaciones de los edificios, dado que su funcionamiento afecta doblemente al consumo energético de una instalación, por un lado por el propio consumo eléctrico de las bombas, pero por otro lado también por los posibles desperdicios energéticos relacionados con un control inadecuado de la distribución en los propios servicios, como p.ej. el calor de exceso entregado respecto al calor demandado en una instalación de calefacción, o el exceso de consumo de agua, tanto en forma de agua fría como en forma de agua caliente sanitaria, en las instalaciones de agua para el consumo humano.

El funcionamiento eficiente de los sistemas de distribución en las instalaciones no sólo requiere bombas eficientes, sino exige además una eficiencia complementaria en el diseño, la puesta en marcha y en la explotación de las instalaciones a las cuales estas bombas están asignadas.

6.2. LA EFICIENCIA DE LAS BOMBAS

En los últimos años, dentro del marco de la Directiva de Productos relacionados con la Energía (Directiva ErP), se han publicado varios Reglamentos Europeos que definen los requisitos mínimos para la eficiencia de las bombas a nivel de producto, tanto para los circuladores (bombas de rotor húmedo, con potencias absorbidas hasta unos 2,5 kW, en las cuales el rotor se lubrica con el fluido impulsado), que son los que se suelen encontrar en la mayoría de las instalaciones de calefacción, como para las bombas de rotor seco (en las cuales el rotor no está bañado por el fluido) . No obstante, si queremos evaluar



p.ej. la eficiencia de una bomba dentro de una instalación térmica, tendremos que comparar p.ej. la energía absorbida por la bomba en relación con la energía térmica transportada.

6.2.1. Eficiencia de los circuladores

Los requisitos de eficiencia para los circuladores han sido definidos por la Comisión Europea mediante el Reglamento (CE) N.º 641/2009, el cual establece un calendario de implementación, cuya primera fase ha entrado en vigor con fecha del 1 de enero del 2013. Desde entonces, todos los circuladores para calefacción y climatización que se ponen en el mercado, deben alcanzar un nivel de eficiencia con un índice de eficiencia energética (IEE) no superior a 0,27. A partir del 1 de agosto de 2015, el ámbito del reglamento se extenderá también a los circuladores diseñados específicamente para los circuitos primarios de sistemas termosolares y bombas de calor, y a los circuladores integrados en productos, y los circuladores que se pondrán en el mercado a partir de este momento tendrán que alcanzar un IEE no superior a 0,23.

Igual como en el caso de las bombillas, sujetas a la misma Directiva Europea, estas exigencias de mejora de la eficiencia del producto sólo han sido posibles con un cambio en la tecnología de los productos, cambiando de motores asíncronos a motores electrónicamente conmutados, de imán permanente. Mientras los antiguos circuladores asíncronos normalmente sólo permitían el funcionamiento a velocidad fija, los circuladores actuales para calefacción y climatización sólo pueden alcanzar las exigencias marcadas por el Reglamento si incluyen un control interno que permite adaptar su velocidad a las variaciones en la demanda de la instalación, reduciendo la presión diferencial proporcionada de forma lineal con la disminución del caudal, Fig. 1.

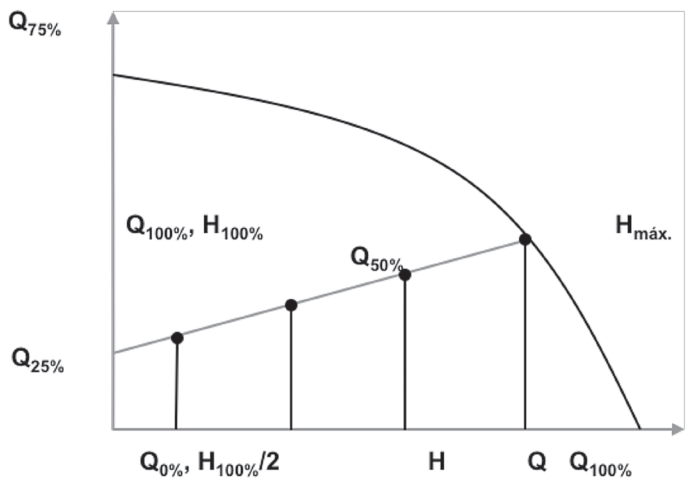


Figura 1. Curva de control de un circulador en modo presión diferencial variable Δp v. Fuente: Elaboración propia, basada en el REGLAMENTO (CE) N° 641/2009

La evaluación del IEE de los circuladores se ha basado en un perfil de carga genérico, donde los circuladores sólo trabajan durante el 6 % de su tiempo de funcionamiento con el caudal de diseño, mientras el 94 % de la temporada trabajan a cargas parciales, ver Tabla 1. Este perfil intenta representar las variaciones de caudal en una instalación de calefacción, en la cual p. ej. se encuentran radiadores equipados con válvulas con cabezal termostático, las cuales deben condicionar el caudal que puede pasar por cada radiador en función de la temperatura de consigna ajustada y la temperatura de ambiente que detecta la válvula en cada momento.

Tabla 1. Perfil de carga genérico empleado para la evaluación de circuladores. Fuente: REGLAMENTO (CE) N° 641/2009

CAUDAL [%]	TIEMPO [%]
100	6
75	15
50	35
25	44

6.2.2. Eficiencia de las bombas de rotor seco

Igual que para el Reglamento de los circuladores, la primera fase del Reglamento (CE) N.º 547/2012, que define los requisitos de eficiencia





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

para las bombas hidráulicas, entró en vigor el 1 de enero de 2013. Desde entonces, las bombas de rotor seco de varios diseños (bombas de bancada, bombas monobloc, bombas en línea, bombas verticales multicelulares y bombas de perforación de 4" y 6") que se ponen en el mercado deben tener un índice de eficiencia mínima (MEI) de 0,1. A partir del 1 de enero de 2015, el MEI que se debe indicar en la placa de características de las bombas afectadas tiene que alcanzar un valor mínima de 0,4.

Este índice no es ni equivalente ni comparable al índice IEE de los circuladores, y utiliza además un baremo invertido, ya que en este caso un valor mayor representa una mejor valoración. Esto se debe a que el IEE está relacionado con el porcentaje de circuladores que se pueden seguir comercializando en el mercado después de la entrada en vigor de las diferentes fases del Reglamento, mientras el MEI hace referencia al porcentaje de modelos de bombas de rotor seco de cada diseño que se intenta excluir del mercado, basado en los modelos que estaban disponibles en el mercado en el momento de la definición de cada índice.

El MEI tampoco valora la eficiencia del conjunto de la bomba (hidráulica + motor), sino basa su valoración exclusivamente en el rendimiento hidráulico.

6.2.3. Factor de transporte

Los índices IEE y MEI sólo permiten evaluar la eficiencia de una bomba para el funcionamiento de un circulador o de una bomba de rotor seco en sus condiciones de diseño, pero no permiten evaluar la eficiencia de una bomba en las condiciones de trabajo reales en una instalación.

Para esta evaluación se utilizaba en el pasado el factor de transporte, la relación entre la potencia térmica útil entregada por el fluido portador a los locales acondicionados y la potencia eléctrica consumida por los motores de las bombas. En las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, publicadas en el 1981, se recomendaban valores mínimos para los factores de transporte de diferentes circuitos en los sistemas de calefacción y climatización cuando la potencia térmica transportada por la red era mayor que 500 kW.

Como los saltos térmicos en las instalaciones de climatización suelen ser más bajos que los de calefacción, y por lo tanto sus caudales más altos, los factores de transporte exigidos para redes de climatización eran más bajos que los para climatización. Para un sistema de calefacción bitubo, el factor de transporte mínimo establecido era 850; en una instalación con potencia térmica de 680 kW, la potencia absorbida de la bomba por lo tanto no podía superar los 800 W. Estos factores de transporte publicados como recomendación en el año 1981 se mantuvieron en el RITE del 1998 (Real Decreto 1751/1998), sin tener en cuenta que los sistemas bitubo de calefacción ya no necesariamente trabajaban con un salto térmico de 20K, pero en el RITE del 2007 no se trataba sólo de recomendaciones, sino de un baremo cuyo cumplimiento era obligatorio.

El factor de transporte ha desaparecido con el RITE del 2007 (Real Decreto 1027/2007), supuestamente reemplazado por «la potencia específica de los sistemas de bombeo, denominado SFP y definida como la potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado, medida en $W/(m^3/s)$ ». Hay que aclarar que el acrónimo SFP hace referencia a la potencia específica de ventiladores (Specific Fan Power), y no se trata un baremo adecuado para la evaluación de una bomba, porque sólo se basa en el caudal de la bomba, pero ignora la presión diferencial con la cual ésta trabaja. Por lo tanto existe actualmente en este aspecto una laguna en la reglamentación para la evaluación de la eficiencia de una bomba en las instalaciones de calefacción y climatización, ya que los reglamentos que hicieron referencia al factor de transporte están derogados y el RITE del 2007 hace referencia a un baremo inadecuado (el SFP).

6.2.4. Demanda anual de energía auxiliar

No obstante, el factor de transporte tampoco sería el indicador más apropiado para circuitos que funcionan en régimen de caudal variable, al considerar únicamente las potencias térmicas útiles y eléctricas consumidas en las condiciones de diseño, pero no bajo cargas parciales, que suelen aglutinar el mayor tiempo de funcionamiento de una instalación de calefacción o climatización.

El actual RITE ha tenido en cuenta este detalle, y por esta razón específica en la IT 1.2.4.2.5 que «la selección de los equipos de propulsión de los fluidos portadores se realizará de forma que su rendimiento sea





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento», y que para sistemas de caudal variable, este requisito «deberá ser cumplido en las condiciones medias de funcionamiento a lo largo de una temporada».

Para la selección de una bomba hay que calcular por lo tanto el consumo eléctrico de la bomba durante una temporada de calefacción o climatización, teniendo en cuenta las horas de funcionamiento anuales, el perfil de cargas parciales, y los modos de control que se aplicarán a la bomba. El resultado, en dimensiones de kWh/año, equivale a la demanda anual de energía auxiliar, tal como la define la UNE-EN 15316-2-3. Para el cálculo de este valor se pueden utilizar los procedimientos definidos en la citada norma, o se puede calcular con los programas de selección de los fabricantes de bombas, que suelen permitir este cálculo con perfiles de carga predefinidos, como el utilizado en el Reglamento (CE) N.º 641/2009, pero también con perfiles de carga definibles por el propio usuario y posiblemente más acorde a la instalación real.

6.3. REDES HIDRÁULICAS

Tanto el factor de transporte como la demanda anual de energía auxiliar dependen no sólo de la potencia térmica útil transportada, en forma del caudal, sino también del diseño de la red de distribución.

6.3.1. Pérdidas de carga en la tubería

Las pérdidas de carga en las tuberías consumen una parte importante de la presión diferencial que deben proporcionar las bombas para la circulación del fluido en la instalación. En este contexto habría que analizar criterios que se suelen utilizar para el dimensionamiento de las tuberías. Las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, publicadas en la ORDEN de 16 de julio de 1981, definían que «las tuberías se calcularán de forma que la pérdida de carga en tramos rectos sea inferior a 40 mm cda/m, sin sobrepasar 2 m/s en tramos que discurren por locales habitados, y de 3 m/s en tuberías enterradas o en galerías». Tanto el RITE del 1998 como el del 2007 omiten recomendar valores límites para las pérdidas de carga,

aunque como criterio de buena práctica se sigue considerando una pérdida de carga entre 20 y 40 mm c.a. por metro de tubería. En otros países se suelen utilizar valores máximos de entre 5 y 15 mm c.a. por metro de tubería. El diseño con pérdidas de carga más elevadas puede reducir los costes iniciales de inversión, mientras el diseño con pérdidas de carga más bajas permite reducir los costes de explotación.

Aunque el RITE del 2007 no fijaba como el anterior Reglamento de forma directa valores límites para las pérdidas de carga en la tubería, las establecía de forma indirecta mediante el requisito mantenido del Reglamento anterior que decía que había que procurar «que el dimensionado y la disposición de las tuberías de una red de distribución se realice de tal forma que la diferencia entre los valores extremos de las presiones diferenciales en las acometidas de las distintas unidades terminales no sea mayor que el 15 % del valor medio». Se trataba de un requisito que tenía como objetivo el equilibrado hidráulico de la instalación, pero al menos en instalaciones con retorno directo implicaba a la vez una limitación de las pérdidas de carga en la red de tuberías.

6.3.2. Equilibrado hidráulico

El objetivo del equilibrado es garantizar por un lado que todos los elementos emisores de una instalación de calefacción o climatización reciban sus caudales y por lo tanto sus potencias térmicas de diseño, y por el otro lado garantizar también una autoridad suficiente de las válvulas de control en las instalaciones de caudal variable.

La falta del equilibrado hidráulico (Fig. 2), se puede observar en algunos bloques de vivienda incluso desde el exterior, porque el exceso de calor en las plantas bajas a veces se suele «controlar» con la apertura de las ventanas en pleno invierno, mientras en las últimas plantas, más lejanas a la caldera, difícilmente se llega a las condiciones de confort. El «remedio» de instalar en estos casos una bomba más grande definitivamente no resuelve este problema, sino suele sólo empeorar el rendimiento de la instalación.



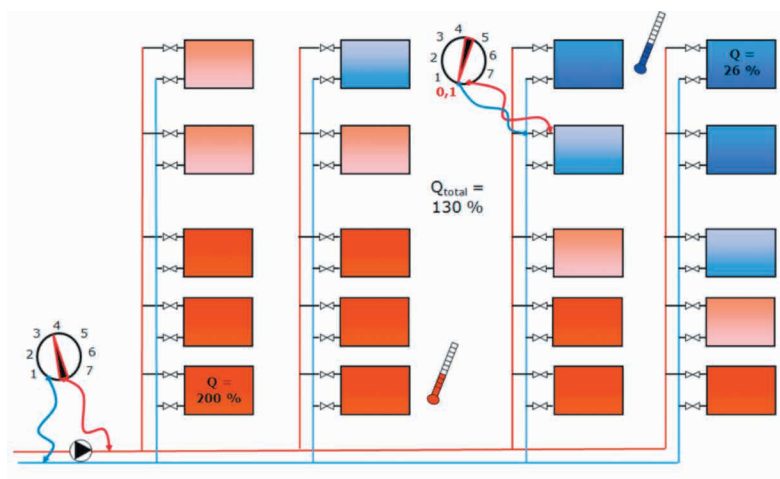


Figura 2. Instalación de calefacción sin equilibrado hidráulico, con caudales descompensados. Fuente: WILLO

En instalaciones de caudal fijo donde todos los emisores (o generadores) requieren el mismo caudal, el equilibrado hidráulico se puede llevar a cabo mediante el propio diseño de la instalación, como p.ej. el retorno invertido que se suele utilizar todavía para las instalaciones solares térmicas.

En instalaciones de caudal fijo que trabajan con emisores de diferentes potencias y caudales, se requiere además la limitación del caudal en los emisores, en el caso de los radiadores p.ej. mediante el ajuste de los detentores en el retorno de los radiadores. Otro elemento habitual son las válvulas de equilibrado, que se suelen emplear p.ej. para equilibrar los caudales entre diferentes ramales de una instalación.

En instalaciones de caudal variable, el equilibrado hidráulico debe garantizar además la autoridad de las válvulas de control.

En instalaciones de calefacción con radiadores equipados con válvulas con cabezal termostático, se debe limitar además las presiones diferenciales sobre estas válvulas, porque a partir de unos 2 m.c.a. se suelen producir ruidos que pueden ser molestos para los usuarios. En este aspecto resulta p.ej. contraproducente mantener para este tipo de instalaciones el criterio de los 40 mm cda/m por metro de tubería, ya que la presión diferencial que generaría la bomba sobre los radiadores más cercanos a la caldera seguramente superaría estos 2 m.c.a. Por lo tanto es recomendable recurrir para este tipo de instalaciones

a los 5-15 m.c.a. por metro de tubería establecidos en los reglamentos de países como Alemania y Suiza. Si el diseño y control de la instalación implicarían presiones diferenciales por encima de los 2 m.c.a. en los radiadores más cercanos, habría que estudiar la posibilidad de instalar reguladores de presión diferencial en los ramales afectados.

6.3.3. Circuitos y bombas de caudal fijo

En el caso de la selección de bombas de caudal fijo, se debe seguir el criterio fijado en el RITE, que «la selección de los equipos de propulsión de los fluidos portadores se realizará de forma que su rendimiento sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento». Se recomienda que una bomba de caudal fijo trabaje en el rango de caudal entre el 75 % y el 110 % de su caudal de diseño, se trata en este caso además de los límites de caudal que se tienen en cuenta para el cálculo del índice MEI para las bombas de rotor seco. Hay que matizar en este contexto que el MEI no es un baremo adecuado para la selección de una bomba, ya que para un punto de diseño dado, una bomba con un MEI menor puede tener una mayor eficiencia que una bomba con un MEI mayor. No obstante, el MEI permite analizar la absurdidad de lo que se podría llamar el paradigma de los 4 polos, ya que suele ser habitual encontrarse con proyectos donde se especifica de forma genérica que todas las bombas deben ser de 4 polos o 1450 rpm. Aunque no hay nada que objetar a las bombas de 4 polos, este requisito paradigmático puede incrementar considerablemente los costes de explotación de una instalación, al descartar directamente posibles soluciones de mayor eficiencia en el portfolio de bombas de 2 polos. Como se puede observar en la Tabla 2, para un punto de trabajo de 65 m³/h a 32 metros de columna de agua (m.c.a.), una bomba de bancada (ESOB) de 4 polos diseñada para este punto de trabajo tendrá que alcanzar a partir del 2015 un rendimiento hidráulico al menos del 63,84 % para poder seguir en el mercado y conseguir un MEI igual o superior a 0,4. En el caso de una bomba de 2 polos diseñada para este punto de trabajo, habría que alcanzar un rendimiento del 73,89 %. Por lo tanto se puede suponer que una bomba de 4 polos para este punto de trabajo va a consumir un 15 % más de energía que una bomba de 2 polos, un sobrecoste difícilmente compensable con los esperados menores gastos de mantenimiento para una bomba de 4 polos. Incluso para una bomba Inline (ESCCi) de 2 polos se exigirá un rendimiento superior (70,47 %) que a la bomba de ban-





cada de 4 polos. A veces los paradigmas pueden salir caros.

Tabla 2. Rendimientos mínimos a partir del 2015 para una bomba de rotor seco con punto de diseño Q = 65 m³/h, H = 32 m.c.a.
Fuente: Elaboración propia, basada en las fórmulas del REGLAMENTO (UE) N° 547/2012.

Q (m ³ /h)	H (mca)	n (rpm)	Type	η _{BEP} 2015 (%)
65	32	1450	ESOB	63,84
65	32	2900	ESOB	73,89
65	32	1450	ESCC	63,45
65	32	2900	ESCC	73,39
65	32	1450	ESCCi	59,61
65	32	2900	ESCCi	70,47

En la selección de las bombas, hay que tener en cuenta también la eficiencia del motor de la bomba, ya que la potencia eléctrica consumida de la bomba depende tanto de su rendimiento hidráulico como eléctrico:

$$P_1 = \frac{\rho \times Q \times H}{367 \times \eta_h \times \eta_m} \quad (1)$$

P₁: Potencia eléctrica consumida por la bomba (en kW).

ρ: Densidad del fluido (en kg/dm³).

Q: Caudal de funcionamiento (en m³/h).

H: Presión diferencial proporcionada por la bomba (en m.c.a.).

η_h: Rendimiento hidráulico de la bomba en el punto de trabajo (en kg/dm³).

η_m: Rendimiento eléctrico del motor en el punto de trabajo (en kg/dm³).

En este contexto conviene recordar que los motores de las bombas de rotor seco están sujetos igualmente a unas exigencias de eficiencia mínima, definidas en el Reglamento (CE) N° 640/2009 y recogidas en la modificación del RITE mediante el Real Decreto 238/2013. A partir del 1 de enero de 2015, los motores eléctricos con una potencia nominal de 7,5-375 kW tendrán que tener un nivel de

rendimiento IE3, o un nivel IE2 y estar equipados con un variador de frecuencia, a partir del 1 de enero de 2017 esta exigencia se extenderá a los motores eléctricos con una potencia nominal a partir de 0,75 kW.

Suele ser frecuente que en el momento de la puesta en marcha de una bomba el caudal obtenido supere el caudal requerido, porque las pérdidas de cargas del circuito son menores de lo que se esperaba. Una medida habitual en este caso, incluso si el exceso de caudal supera el 5 %, suele ser el incremento de la resistencia de la instalación, normalmente mediante una válvula de equilibrado. Aunque esto puede ser la solución más fácil para el instalador, también es la solución menos eficiente bajo el punto de vista de los costes de explotación, ya que la bomba genera un exceso de presión que se destruye directamente a continuación con una válvula estrangulada. La solución preferible en los casos donde el exceso de caudal supera el 5 %, al menos para las bombas donde esta solución es viable, sería la reducción del diámetro o el cambio del rodete de la bomba, con la correspondiente reducción de la potencia eléctrica consumida de la bomba, que es directamente proporcional a la presión diferencial proporcionada, como se ha mostrado anteriormente en la fórmula. Esta era la primera opción propuesta en la antigua norma UNE 100010-3:1989 y es también la solución propuesta en los «Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)». El porcentaje de ahorro que se puede obtener con esta medida en muchos casos podría alcanzar los dos dígitos y suele ser por lo tanto considerablemente mayor que el que se obtendría p.ej. con el cambio de un motor IE2 al nivel de eficiencia IE3. Especialmente para bombas de mayor potencia es una medida que se puede amortizar en pocos meses. En la Fig. 3 vemos p.ej. que con el estrangulamiento mediante válvula de equilibrado obtenemos el caudal de diseño de 100 m³/h, pero con una potencia requerida en el eje de unos 5 kW, mientras con el cambio o torneado del rodete se puede reducir esta potencia a un valor de unos 4,15 kW, lo cual equivale a un potencial de ahorro del 17 % respecto a la solución con estrangulamiento.



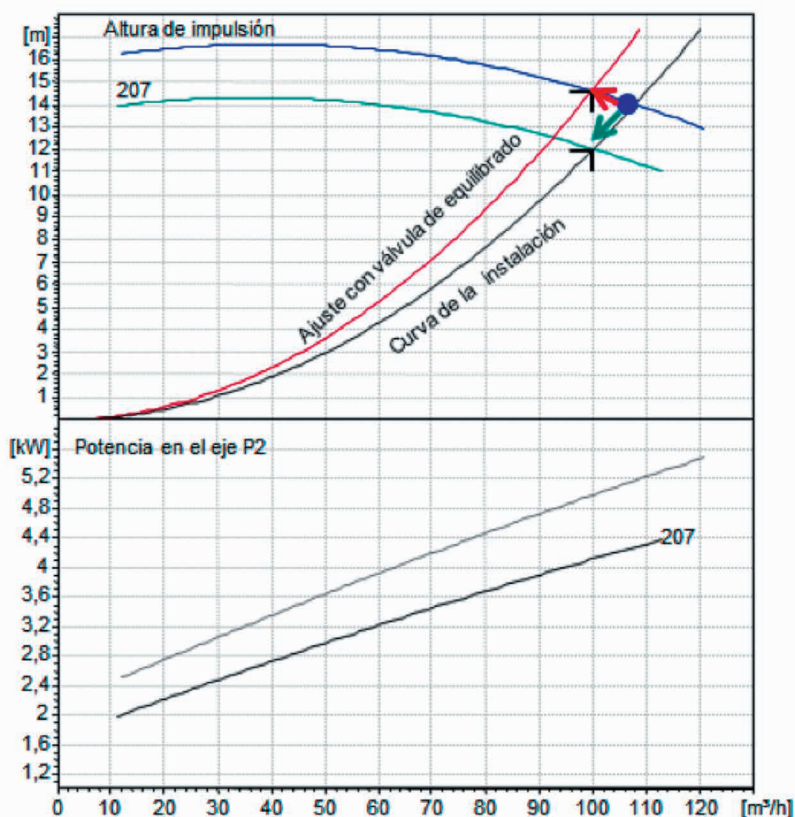


Figura 3. Ajuste del caudal en la puesta en marcha, mediante estrangulamiento (flecha roja) o recorte del rodete (flecha y curva verde).
Fuente: Elaboración propia.

El cambio o recorte del rodete no suele ser viable para los circuladores de rotor húmedo. No obstante, en este caso se debería estudiar p.ej. la posibilidad de la reducción de la velocidad de la bomba, especialmente en el caso de los circuladores que hoy en día cumplen los requisitos de la Directiva ErP.

6.3.4. Circuitos y bombas de caudal variable

En el caso de circuitos de caudal variable, se debería recurrir por diversas razones a circuladores y bombas de velocidad variable. Igual como en el caso de los circuitos de caudal constante, las bombas para los circuitos de caudal variable se seleccionan para las condiciones de diseño del circuito, que en este caso se definen como las condiciones de

carga máxima. Cuando la instalación trabaja en condiciones de cargas parciales, p.ej. por el cierre de las válvulas con cabezal termostático en una instalación de calefacción, el caudal requerido disminuye y por lo tanto también las pérdidas de carga en el circuito. Infortunadamente, en el caso de las bombas de velocidad fija, una reducción del caudal implica un aumento de la presión diferencial proporcionada. Un circulador que trabaja p.ej. en las condiciones de diseño con una presión diferencial de 2 m.c.a. puede superar de esta manera fácilmente los 4 m.c.a. en condiciones de carga parcial, con el consiguiente riesgo de producir ruidos en las válvulas con cabezal termostático. Esta problemática era uno de los principales motivos para el desarrollo del primer circulador de rotor húmedo de velocidad variable, que salió al mercado en el año 1988. A parte del problema de los posibles ruidos, las bombas de velocidad fija causan en las instalaciones de caudal variable importantes derroches de energía. Estos derroches están relacionados tanto con el exceso de consumo de las propias bombas, ya que el incremento innecesario de la presión diferencial proporcionado por la bomba influye directamente en la potencia eléctrica consumida por la bomba (véase Fórmula (1)), como por los consiguientes excesos de caudal en los emisores, ya que el incremento de la presión diferencial fuerza un mayor caudal del previsto por las válvulas de control, con el consiguiente exceso de energía térmica consumida.

Los circuladores de velocidad variable suelen suministrarse hoy en día con dos modos de regulación incorporados directamente en las bombas, que se pueden definir como Δp -c o presión diferencial constante, y Δp -v o presión diferencial variable.

El modo de regulación Δp -c funciona de tal manera que el circulador mantiene constante la presión diferencial proporcionada, sobre una curva de control horizontal que se extiende entre la curva de la velocidad máxima de la bomba hasta el eje de ordenadas. Aunque al menos los circuladores de menor potencia suelen permitir durante cortos periodos su funcionamiento a caudal cero, se recomienda de forma general garantizar en el circuito siempre un caudal mínimo equivalente al 10 % del caudal de diseño de la bomba.

El modo de regulación Δp -v trabaja con una curva de control que reduce la presión diferencial proporcionada, sobre una curva de control lineal que se extiende entre un valor de consigna sobre la curva de la velocidad máxima de la bomba y un punto sobre el eje de ordenadas que corresponde al 50 % del valor de consigna anteriormente mencionado.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Ambos modos de regulación están diseñados para instalaciones de calefacción y climatización donde la variación del caudal se induce mediante el cierre parcial o completo de válvulas de dos vías en los circuitos, como p.ej. las válvulas con cabezal termostático en los radiadores o válvulas de zona en los lazos de los circuitos de suelo radiante.

El modo de regulación recomendable para cada bomba depende de las características de la instalación.

El modo de regulación presión diferencial constante Δp -c suele ser p.ej. más indicado para instalaciones en las cuales se dan las siguientes condiciones:

- Autoridad de las válvulas de control elevada.
- Bajas pérdidas de carga en generadores y tuberías de distribución.
- Sistemas de suelo radiante con válvulas de zona.
- Sistemas bitubo con distribución vertical por montantes.

El modo de regulación presión diferencial variable Δp -v al contrario suele ser más indicado para las siguientes instalaciones:

- Autoridad de las válvulas de control baja.
- Elevadas pérdidas de carga en generadores y tuberías de distribución.
- Sistemas con largos recorridos de la tubería de distribución.
- Sistemas bitubo con distribución horizontal por vivienda.

En los ramales de calefacción donde la presión diferencial sobre una válvula con cabezal termostático podría superar en las condiciones de funcionamiento una presión diferencial de 2 m.c.a., se debería plantear la instalación de reguladores de presión diferencial en estos ramales.

6.3.5. Circuitos de recirculación de agua caliente sanitaria

La función de los circuitos de recirculación de agua caliente sanitaria es garantizar la disponibilidad del agua caliente en el punto de consumo cuando el usuario abre un dispositivo; de esta manera se proporciona un mayor confort y se reduce el consumo del agua. Según el actual Código Técnico de la Edificación (CTE), la instalación de este

circuito es obligatorio cuando la longitud de la tubería de distribución al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.

El aumento de confort y ahorro de agua se consigue a costa de un mayor consumo energético, tanto por el consumo eléctrico de la bomba de recirculación como por las pérdidas térmicas en las tuberías. En 1981, las instrucciones técnicas complementarias del «Reglamento de Instalaciones de Calefacción y Climatización y Agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo», publicadas en la ORDEN de 16 de julio de 1981, exigían en consecuencia la desconexión de la bomba de recirculación entre las 23 horas y las 7 horas en «edificios de uso residencial como viviendas, hoteles y asimilables», con el objetivo de reducir estas pérdidas en las horas de menor consumo de agua caliente. Este tipo de desconexiones queda hoy en día descartado en las instalaciones centralizadas de ACS sujetas al Real Decreto 865/2003, el cual establece los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

En numerosos casos las bombas de recirculación de ACS suelen estar bastante sobredimensionados, ya que con frecuencia se suele cometer el error de añadir la altura de la instalación a la altura de impulsión, ignorando en este momento que el circuito de recirculación de ACS se debe considerar hidráulicamente un circuito cerrado, y por el otro lado se suelen obtener caudales en exceso, basados en cálculos empíricos que no tienen en cuenta el nivel de aislamiento que tienen que proporcionar hoy en día las tuberías de distribución de ACS, sin tener que olvidar que muchas veces la preocupación por la legionelosis hace olvidar criterios de eficiencia y ahorro energético.

Como el CTE estipula en su documento HS4 que para determinar el caudal que circulará por el circuito de retorno, se estimará que en el grifo más alejado, la pérdida de temperatura sea como máximo de 3 °C desde la salida del acumulador o intercambiador en su caso, se podría llegar a la conclusión que un salto de temperatura de sólo 1 °C entre salida del acumulador y el grifo más alejado implique un mejor cumplimiento del CTE, pero no es así. Simplemente existirá un caudal de exceso que aproximadamente triplica el caudal requerido, con el consiguiente derroche de energía.

Por lo tanto justo para estas bombas de recirculación de ACS, que debido a las exigencias de prevención deben funcionar actualmente las 24 horas al día, 8.760 horas al año, se debería prestar un poco más de atención en su selección y rendimiento.





No obstante, estos «circuladores de agua potable» han quedado fuera del ámbito del REGLAMENTO (CE) N° 641/2009, y por lo tanto en este momento no existen requisitos de eficiencia para ellos. Consecuentemente, la instalación de circuladores de recirculación de agua caliente sanitaria suelen ofrecer un importante potencial de ahorro y plazos de amortización relativamente cortos, en comparación con circuladores de motor asíncrono y velocidad fija, no sólo por el mayor rendimiento de sus motores, sino también por sus posibilidades de ajuste, las cuales permiten una mejor limitación del caudal sin necesidad de estrangular la instalación.

En la Fig. 4 se puede ver la curva de un circulador para ACS de 3 velocidades con motor asíncrono, seleccionado originalmente para un caudal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ y una pérdida de carga de unos 3 m.c.a., para lo cual se requiere una potencia absorbida de unos 87 W, lo cual corresponde a un consumo anual de unos 762 kWh. Si en la puesta en marcha se reduce finalmente el caudal de trabajo a $1,1 \text{ m}^3/\text{h}$, con el objetivo de obtener realmente un salto de 3°C entre la salida del acumulador y el grifo más alejado, y se cambia a la velocidad media, se puede reducir la potencia absorbida a unos 63 W, que equivalen a unos 552 kWh.

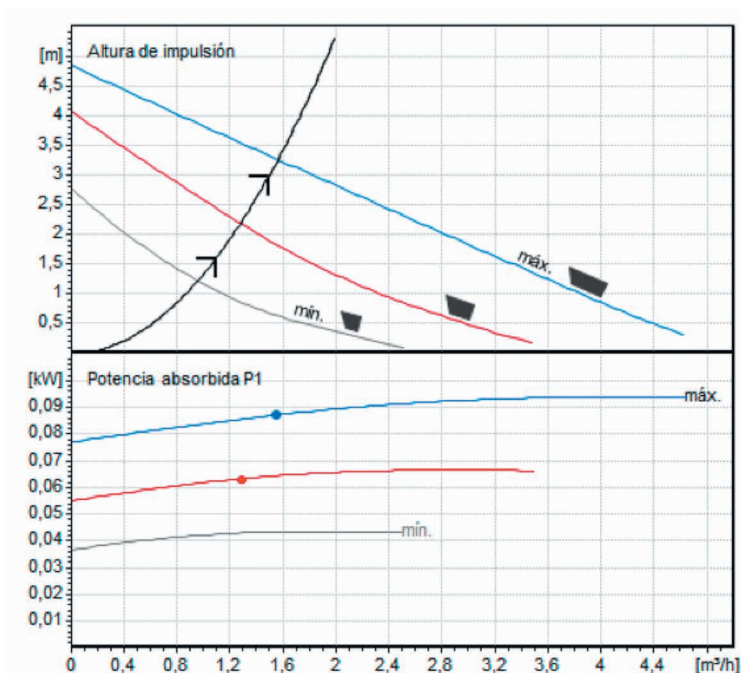


Figura 4. Circulador para ACS de 3 velocidades con motor asíncrono, seleccionado para un caudal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a 3 m.c.a. y finalmente instalada para un caudal de $1,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Fuente: Elaboración propia.

Si el proyectista y el instalador tuviesen en cuenta criterios de eficiencia energética para esta instalación, deberían seleccionar el circulador de alta eficiencia cuya curva aparece en la Fig. 5. En este caso, con el caudal de diseño original la potencia absorbida se limitaría a unos 43 W, que equivalen a un consumo anual de unos 377 kWh, lo cual proporciona un ahorro por encima del 50 % en comparación con la solución asíncrona. Si la velocidad del circulador se ajusta finalmente a un valor correspondiente al caudal realmente requerido de 1,1 m³/h, la potencia absorbida se podría reducir a unos 22 W, equivalentes a unos 193 kWh, proporcionando un ahorro correspondiente del 65 % en comparación con la bomba de tres velocidades. En este contexto no se debe olvidar que en el mercado existen incluso muchos circuladores de ACS de motor asíncrono de una única velocidad, lo cual convierte su selección en una verdadera lotería.

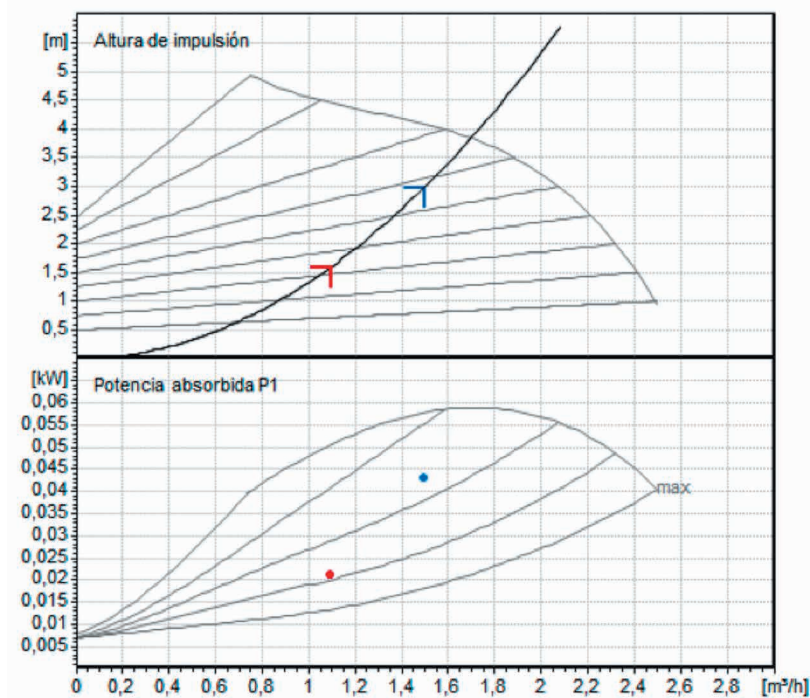


Figura 5. Circulador para ACS de imán permanente, seleccionado para un caudal de 1,5 m³/h a 3 m.c.a. y finalmente instalada para un caudal de 1,1 m³/h. Fuente: Elaboración propia.

6.3.6. Grupos de presión para el abastecimiento de agua

Los grupos de presión se instalan en edificios donde la presión de la red de abastecimiento no puede garantizar el suministro de agua en



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

los puntos más desfavorables, en la Comunidad de Madrid se debe instalar un grupo de presión «en todos los inmuebles a partir de dos alturas, excepto en viviendas unifamiliares o en aquellas que la entidad suministradora garantice la presión en la red general» (Orden 2106/1994 de la Comunidad de Madrid).

Actualmente el CTE distingue entre dos tipos de grupos de presión, los grupos «convencionales» que carecen de variador de frecuencia, y los grupos «de accionamiento regulable», que incorporan al menos un variador de frecuencia. Mientras los grupos convencionales operan con amplios diferenciales de presión relacionados con las presiones de arranque y parada de las bombas (estos diferenciales aumentan en el caso de grupos controlados por presostatos con el número de bombas), los grupos de presión con variador de frecuencia trabajan con diferenciales más estrechas, trabajando siempre alrededor de la presión de consigna.

Tanto la Orden 2106/1994 como el CTE prevén la instalación de un baipás que permita el aprovechamiento de la presión de la red cuando ésta sea suficiente, aunque el CTE permite prescindir del baipás en el caso de los grupos con variador de frecuencia. No obstante, hay que constatar que en una instalación con baipás y grupo convencional, debido al principio de funcionamiento de estos grupos, los intervalos de aprovechamiento del baipás van a ser mucho más reducido que en el caso de un grupo con variador de frecuencia.

En una instalación donde se requiere p.ej. una presión de 3 bar en la entrada de la batería de contadores para garantizar el abastecimiento al grifo más desfavorable en horas de máxima demanda, un grupo convencional mantendrá presurizado la instalación sólo con la bomba principal en un rango de 4 – 5,5 bar, debido al funcionamiento en cascada y los diferenciales de presión requeridos por los presostatos habitualmente empleados en este tipo de grupos de presión. Si la presión de consigna de un grupo con variador de frecuencia se estableciese en este caso p.ej. en 3,2 bar, con una banda de operación de entre 3,0 y 3,4 bar, en un edificio con una presión de red disponible (aunque no garantizada por la compañía) en el baipás de 3,8 bar, se podría observar que en el caso del grupo convencional el baipás sólo se aprovecharía en los momentos de máxima demanda, cuando al menos hubiera entrada en funcionamiento una segunda bomba, en intervalos puntuales.

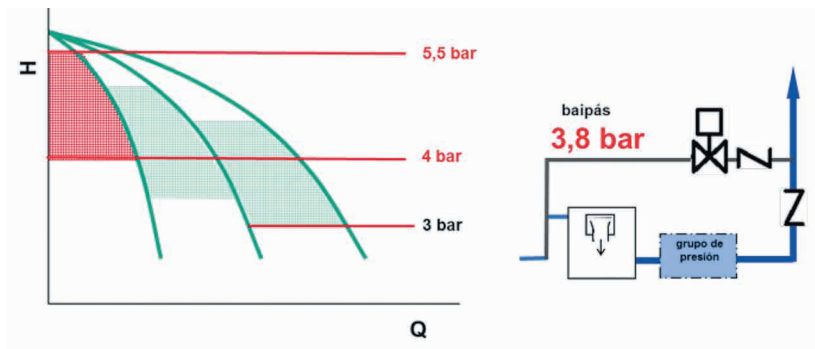


Figura 6. Grupo de presión convencional con baipás.
Fuente: Elaboración propia - Wilo.

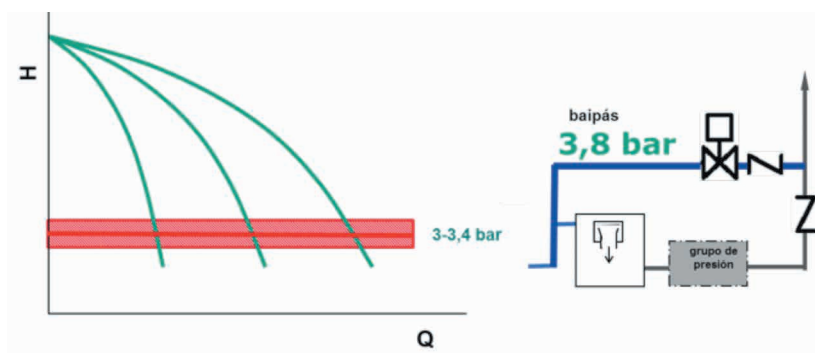


Figura 7. Grupo de presión con variador de frecuencia con baipás.
Fuente: Elaboración propia - Wilo.

En el caso de un grupo con variador de velocidad, el grupo al contrario sólo arrancaría en los momentos cuando se cerrase el baipás para la renovación del agua en el depósito, tal como se estipula en la Orden 2106/1994. Como se puede observar, a pesar de que el CTE permite prescindir del baipás en caso de instalaciones con grupos con accionamiento regulable, en realidad suelen ser las instalaciones donde más provecho se podría sacar de este dispositivo.

En el caso de los grupos de presión, los posibles ahorros que puede proporcionar un grupo con variador de velocidad no se deben contabilizar sólo en el consumo eléctrico de las bombas, sino también en la posible reducción del consumo de agua, ya que en los cabezales de ducha sin limitador de caudal, una mayor presión resulta en un mayor caudal. Un cabezal de ducha que proporciona con una presión de diseño de 1,5 bar un caudal de unos 12 l/min, facilitará con una presión de entrada de 3 bar un caudal de casi 17 l/min. En estas condiciones,





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

en una ducha de 4 minutos de duración, no sólo se gastan unos 20 litros más de agua, sino también un 40 % más de energía térmica que se había empleado para el calentamiento del ACS consumido.

6.4. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (2008): «UNE-EN 15316-2-3 Sistemas de calefacción en los edificios. Método para el cálculo de los requisitos de energía del sistema y de la eficiencia del sistema. Parte 2-3: Sistemas de distribución para calefacción de locales». AENOR. Madrid, España.
- IDAE (2007): «Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)». www.idae.es.
- UNIÓN EUROPEA (2009): «REGLAMENTO (CE) N° 640/2009». Diario Oficial de la Unión Europea, L 191/26.
- UNIÓN EUROPEA (2009): «REGLAMENTO (CE) N° 641/2009». Diario Oficial de la Unión Europea, L 191/35.
- UNIÓN EUROPEA (2012): «REGLAMENTO (UE) N° 547/2012». Diario Oficial de la Unión Europea, L 165/28.

7

CASOS PRÁCTICOS



THYSSENKRUPP ELEVADORES

Alfonso Arangüena Ruiz
Responsable de Soporte Técnico
THYSSENKRUPP
www.thyssenkrupp.com

1. INTRODUCCIÓN

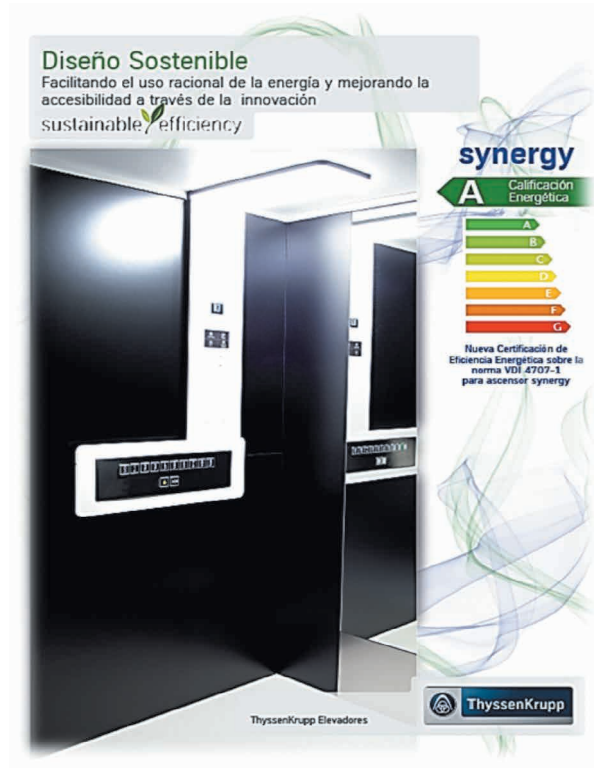
El estado actual de la técnica permite la elección de ascensores extraordinariamente eficientes a un coste razonable.

Desde el punto de vista de la eficiencia un ascensor debiera incluir como mínimo tracción gearless, maniobra con función de ahorro de energía en reposo (desconexión del variador y de otros sistemas) e iluminación led con autoapagado. Con estas tres tecnologías se puede conseguir un ascensor de clase A (máxima calificación energética) en el ámbito residencial.

La norma VDI 4707-1 mide el gasto energético del ascensor, contemplando los consumos durante ciclos de funcionamiento completos tanto en servicio, como en modo de parada (stand-by).

Dependiendo de los valores de la demanda de energía de movimiento y de reposo, los ascensores son asignados en distintas clases. Estos valores de la demanda determinan la clase de eficiencia energética del ascensor, en función de su frecuencia de uso.

Hay 7 clases de demanda o de eficiencia energética representadas por las letras de la A a la G. La clase A representa la demanda de energía más baja o en consecuencia, la mejor eficiencia energética.



Fotografía 1. Clasificación Energética de Ascensores.
Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

2. MÁQUINA GEARLESS

Los ascensores han venido utilizando un reductor mecánico para reducir la velocidad del motor (1000-1500 rpm) al nivel de la velocidad necesaria para el ascensor.

En la actualidad, se utilizan motores de baja velocidad que unidos a una tracción regulada hacen innecesario el reductor mecánico.

Los motores de baja velocidad, son siempre recomendables, por lo es prioritario la incorporación de una máquina gearless cuando vayamos a sustituir la máquina.

Existen dos posibilidades de modernización:

- Suministro como kit con un variador de frecuencia.
- Suministro conjunto con la maniobra.

Respecto a los ascensores de nueva instalación casi todos los incorporan, por sus beneficios en cuanto a resultados de funcionamiento.

La máquina gearless implica un ahorro entre un 30 % y un 40 % de la energía principal de funcionamiento respecto a un 2 v.



Fotografía 2. Máquina gearless. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

Tabla 1. Comparativa entre una máquina con reductor y una gearless. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO			
Designación del caso	Maquina con reductor 2v	Maquina gearless	
Uso del ascensor	Pasajeros	Pasajeros	
Nº de paradas		11	11
Recorrido (m)	30,00		30,00
Nº de viviendas (Uso Viviendas)	30		30
Velocidad (m/s)	1,00		1,00
Carga nominal (Kg)	450		450
Categoría de uso VDI 4707 (Intensidad/Frecuencia)	Media/Ocasional	Media/Ocasional	
Grupo tractor			
Tipo de máquina	Reductor de bajo rendimiento	Gearless AC	
Tecnología de tracción	2 velocidades	VVVF	
RESULTADOS			
Resultado VDI 4707			
Calificación energética funcionamiento (VDI 4707)	D	C	
Calificación energética reposo(VDI 4707)	B	C	
Calificación energética ascensor (VDI 4707)		d	c
Ahorro energía funcionamiento respecto a situación 1 (%)		0,00%	49,35%
Ahorro energía reposo respecto a situación 1 (%)		0,00%	-21,79%
Ahorro energía total respecto a situación 1 (%)		0,00%	22,58%

3. VARIADOR REGENERATIVO

Los ascensores con variadores convencionales disipan la energía generada por el ascensor en los estados favorables de carga (cuando se mueve por efecto de la gravedad).

Actualmente, disponemos del variador regenerativo, con la ventaja que devuelve esta energía a la red de alimentación. Se ofrecen estas





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

posibilidades de modernización para incorporar el variador regenerativo a ascensores existentes:

- Suministro con la maniobra.
- Suministro con la máquina.
- Suministro como kit para un ascensor existente.



Fotografía 3. Variador regenerativo. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

Su utilización está recomendada en ascensores de gran potencia, recorrido largo y mucho tráfico. Tener instalado un variador regenerativo, implica un ahorro de entre un 25 y un 30 % de la energía principal de funcionamiento.

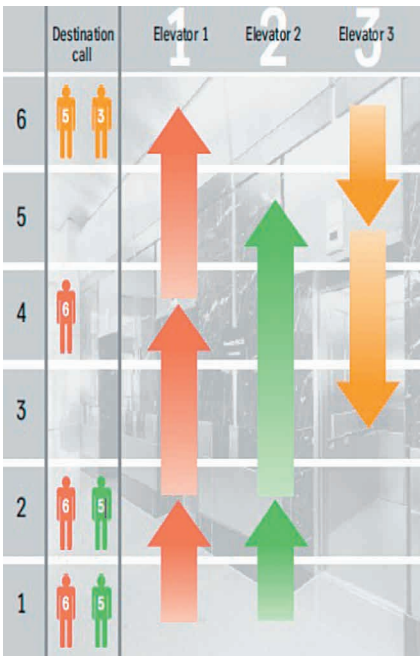
Tabla 2. Comparativa entre un variador convencional y un variador regenerativo. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO		
Designación del caso	Con variador convencional	Con variador regenerativo
Uso del ascensor	Pasajeros	Pasajeros
NP de paradas		3
Recorrido (m)	32,00	32,00
Velocidad (m/s)	1,60	1,60
Carga nominal (Kg)	1000	1000
Categoría de uso VDI 4707 (Intensidad/Frecuencia)	Muy Alta/Muy frecuente	Muy Alta/Muy frecuente
Grupo tractor		
Tipo de máquina	Gearless AC	Gearless AC
Tecnología de tracción	VWF	VWF Regenerativo
RESULTADOS		
Resultado VDI 4707		
Calificación energética funcionamiento (VDI 4707)	B	A
Calificación energética reposo(VDI 4707)	A	A
Calificación energética ascensor (VDI 4707)		B
Ahorro energía funcionamiento respecto a situación 1 (%)		24,90%
Ahorro energía reposo respecto a situación 1 (%)		0,00%
Ahorro energía total respecto a situación 1 (%)		22,45%

4. MANIOBRA CON GESTIÓN EFICIENTE

Una gestión eficiente del tráfico redunda, para un mismo nivel de servicio, en un número de arranques y tiempo de funcionamiento menor y de aquí un menor consumo. La gestión eficiente del tráfico más sencilla es utilizar una maniobra colectiva en lugar de una universal en un edificio de viviendas. Siempre es necesario utilizar la tipología de maniobra más adecuada al tráfico del edificio para proporcionar el nivel de servicio adecuado de una forma eficiente.

Cuando se dimensionan grandes edificios es conveniente evaluar, por simulación, el consumo energético de las diferentes soluciones de gestión del tráfico posibles adicionalmente a la evaluación de la tecnología más adecuada que se ha hecho por cálculo.



Fotografía 4. Funcionamiento de maniobra eficiente.
Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.



Tabla 3. Comparativa entre una maniobra universal y una maniobra colectiva en bajada. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO			
Designación del caso	Maniobra convencional	Maniobra con gestión eficiente	
Uso del ascensor	Pasajeros	Pasajeros	
Nº de paradas		6	6
Recorrido (m)		15	15
Nº de viviendas (Uso Viviendas)		30	30
Velocidad (m/s)		1	1
Carga nominal (Kg)		450	450
Categoría de uso VDI 4707 (Intensidad/Frecuencia)	Media/Ocasional	Media/Ocasional	
Maniobra			
Tecnología de la maniobra	Electrónica bajo consumo	Electrónica bajo consumo	
Tipo de maniobra	Universal	Colectiva en descenso	
Apagado de maniobra	No	No	
RESULTADOS			
Resultado VDI 4707			
Calificación energética funcionamiento (VDI 4707)	C	C	
Calificación energética reposo(VDI 4707)	B	B	
Calificación energética ascensor (VDI 4707)		C	C
Ahorro energía funcionamiento respecto a situación 1 (%)		0,00%	51,41%
Ahorro energía reposo respecto a situación 1 (%)		0,00%	-4,65%
Ahorro energía total respecto a situación 1 (%)		0,00%	36,28%

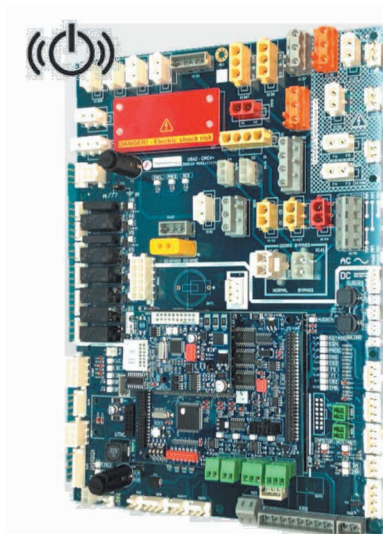
5. MANIOBRA CON AUTOAPAGADO

Los ascensores con tracción regulada convencionales mantienen el variador energizado incluso cuando el ascensor no está en uso. Lo mismo ocurre con los posicionales.

Una maniobra con esta función de ahorro de energía en reposo apaga los sistemas de potencia y la señalización para reducir el consumo al mínimo.

Siempre es interesante aunque en ascensores de bajo uso representa una de las principales fuentes de ahorro.

Una maniobra con esta función puede ahorrar desde un 30 % hasta un 50 % de la energía principal en reposo.



Fotografía 5. Maniobra con autoapagado. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

Tabla 4. Comparativa entre una maniobra convencional y otra con autoapagado. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO		
Designación del caso	Maniobra convencional	Maniobra con autoapagado
Uso del ascensor	Pasajeros	Pasajeros
Nº de ascensores	1	1
Nº de paradas	6	6
Recorrido (m)	15,00	15,00
Velocidad (m/s)	1,00	1,00
Carga nominal (Kg)	450	450
Categoría de uso VDI 4707 (Intensidad/Frecuencia)	Baja/Poca	Baja/Poca
RESULTADOS		
Resultado VDI 4707		
Calificación energética funcionamiento (VDI 4707)	C	C
Calificación energética reposo (VDI 4707)	B	A
Calificación energética ascensor (VDI 4707)		B
		A
Ahorro energía funcionamiento respecto a situación 1 (%)	0,00%	0,00%
Ahorro energía reposo respecto a situación 1 (%)	0,00%	50,75%
Ahorro energía total respecto a situación 1 (%)	0,00%	44,84%

6. ILUMINACIÓN LED

Este punto consiste en sustituir la iluminación convencional de alto consumo por iluminación led con el kit de autoapagado en cabina, cuando esta se encuentra en reposo (en caso de que la maniobra no disponga de él).

ThyssenKrupp ofrece estas posibilidades de modernización:



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

- Kit de autoapagado (o atenuado) +.
- Sustitución de lámparas.
- Sustitución de luminarias o techos.
- Nueva decoración integrada con iluminación led.



Fotografía 6. Iluminación led. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

Siempre es recomendable incorporar este tipo de iluminación, aunque el beneficio relativo se incrementa en los ascensores de poco uso.

La iluminación led puede suponer hasta un 99 % de ahorro de la iluminación del ascensor si se combina con el kit de autoapagado.

Tabla 5. Comparativa de iluminación convencional e iluminación led con autoapagado. Fuente: ThyssenKrupp Elevadores.

CARACTERÍSTICAS DEL CASO		
Designación del caso	Iluminación fluorescente	Iluminación led con autoap.
Número de caso	1	2
Nº de paradas	3	3
Recorrido (m)	9,40	9,40
Velocidad (m/s)	1,00	1,00
Carga nominal (Kg)	630	630
Categoría de uso VDI 4707 (Intensidad/Frecuencia)	Baja/Rara	Baja/Rara
Grupo tractor		
Tipo de máquina	Gearless AC	Gearless AC
Tecnología de tracción	VWF Regenerativo	VWF Regenerativo
RESULTADOS		
Resultado VDI 4707		
Calificación energética funcionamiento (VDI 4707)	B	B
Calificación energética reposo (VDI 4707)	C	A
Calificación energética ascensor (VDI 4707)		C
Ahorro energía funcionamiento respecto a situación 1 (%)	0,00%	15,14%
Ahorro energía reposo respecto a situación 1 (%)	0,00%	73,93%
Ahorro energía total respecto a situación 1 (%)	0,00%	69,99%

PROYECTOS EMBLEMÁTICOS: AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA SEDE CENTRAL DE OFICINAS DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID

María Cabrero
Departamento Técnico
IMEYCA
www.imeyca.com



1. FICHA PROYECTO

Sede Central de Oficinas de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid.

Lugar

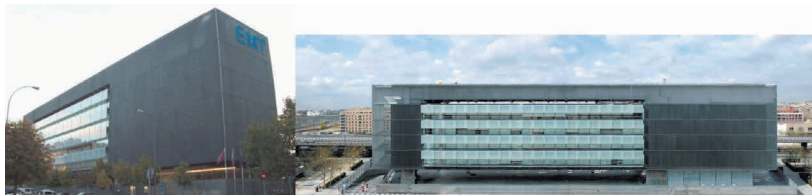
Calle Cerro de la Plata 4, 28007 Madrid.

Municipio

Madrid.

Participantes

- *Propiedad:* Empresa Municipal de Transportes de Madrid.
- *Empresa de Servicios Energéticos e Inversionista:* GRUPO PROINGEC – IMEYCA UTE (PROINGEC CONSULTORÍA S.L.L., CONSULTORA DE ENERGÍAS RENOVABLES S.A., GD-INCO S.L., IMEYCA S.L.).



Fotografía 1: Vistas del edificio principal de la Sede Central de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (imágenes de Wikipedia.org).
Fuente: Wikipedia.



2. DESCRIPCIÓN

El complejo de la Sede Central de oficinas de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid data de 2004 y se encuentra en el madrileño barrio de Pacífico. Su diseño arquitectónico vanguardista presenta graves deficiencias energéticas que dificultan la operación y funcionamiento diarios de los edificios así como el confort de sus más de 1.000 usuarios. El conjunto de la Sede Central de la E.M.T. está formado por dos edificios que proporcionan 7.013 m² construidos y hasta ocho plantas, cuatro de ellas sobre rasante en el edificio principal. Este edificio es de estructura colgada recubierto por muros-cortina acristalados que provocan un sofocante efecto invernadero en el interior del mismo. El edificio pantalla se sitúa en frente del primero, con dos plantas y cerramiento de hormigón casi completo.

La Sede Central de la E.M.T. funciona con su particular horario de oficinas para las que los edificios deben estar operativos y en condiciones de confort para sus usuarios entre las 07:00 y las 17:00. Además, en el edificio principal se encuentra el centro S.A.E. (Sistema de Ayuda a la Explotación) operativo 24/7 los 365 días del año y desde donde se controla en tiempo real el funcionamiento de todas las líneas de autobuses de la capital. En términos de consumos energéticos, la Sede Central de la E.M.T. gastó en 2013 cerca de 2.250.000 kWh eléctricos, más de 700.000 kWh térmicos y casi 3.000 m³ de agua.

Ante estos usos y consumos tan elevados y dado el diseño ineficiente, funcionamiento desmesurado y antigüedad de los edificios y de sus instalaciones, el GRUPO PROINGEC – IMEYCA UTE como empresa de servicios energéticos está poniendo en marcha una serie de Medidas de Ahorro Energético, desde el 1 de enero de 2014, que persiguen el consumo inteligente, eficiente y sostenible de energía en la Sede Central de la E.M.T. El objetivo de estas medidas de ahorro, que se exponen más adelante, es de reducir como mínimo en un 25 % los consumos globales de energía, lo que equivale a un ahorro de cerca de 500.000 kg de emisiones contaminantes de CO₂, además de un ahorro económico en la factura energética anual de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid de más de un 11 %. Estas Medidas de Ahorro Energético (MAEs) se están implantando en los sistemas de HVAC, ACS, iluminación y control de los edificios. Además, también está prevista la utilización de energías renovables para autoconsumo en la Sede Central de la E.M.T. Las inversiones para la implantación de las MAEs

corren a cargo de la empresa de servicios energéticos GRUPO PROIN-GEC – IMEYCA UTE y están inicialmente estimadas en más de 700.000 €. El retorno sobre la inversión en MAEs se produce a través del ahorro económico generado por el ahorro energético a lo largo de los 9 años de contrato de servicios energéticos para la Empresa Municipal de Transportes de Madrid. Durante este tiempo, también se impartirá un programa de formación e información continua a los usuarios de la Sede Central de la E.M.T. sobre las Medidas de Ahorro Energético, los sistemas energéticos de sus instalaciones, uso racional, abusos, sostenibilidad y evolución energética y económica real de este proyecto.

La contribución de cada una de las MAEs al ahorro energético global en la Sede Central de la E.M.T. se presenta en la Ilustración 2.

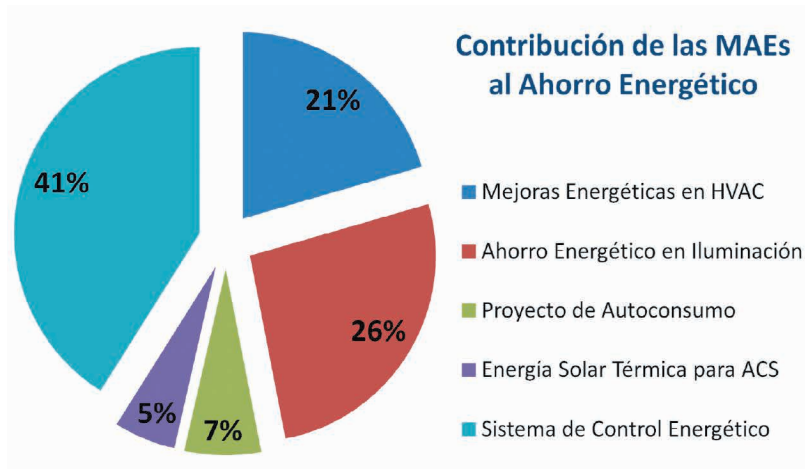


Gráfico 1. Gráfico de la repartición de la contribución al ahorro energético de las MAEs en la Sede Central de la E.M.T. Fuente: Elaboración propia.



3. MEJORAS ENERGÉTICAS EN HVAC

El diseño vanguardista del edificio principal con fachadas acristaladas, sin cámara de aire ni ventilación natural de los espacios, ofrece un elevado potencial de mejoras en los sistemas de calefacción,





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

ventilación y aire acondicionado, que están dando lugar a un ahorro energético efectivo del 21 % del total estimado. A continuación se pasa al análisis y evaluación de las principales Medidas de Ahorro Energético en HVAC, sus ventajas/inconvenientes, efectividad, desarrollo e implantación.

Disminución de la Carga Térmica en Fachadas Acristaladas

Esta medida consiste en la instalación de láminas de control solar en los acristalamientos de la fachada por la cara exterior, de forma que se refleje la mayor parte de la radiación infrarroja que incide sobre la fachada, evitando el aumento de la carga térmica en los interiores del edificio. Además, esta medida se combina con la instalación fotovoltaica en fachada del edificio principal, de manera que la envolvente de cristal queda también protegida de la radiación solar por los propios paneles fotovoltaicos. Los paneles se sobre las barandillas de las pasarelas exteriores de cada piso del edificio. De esta forma, entre el parasol de vidrio y los módulos fotovoltaicos, se protegería el interior del edificio de las radiaciones solares infrarrojas y ultravioletas, contribuyendo tanto a la protección solar del edificio como a la generación de electricidad para los consumos del mismo.

Instalación de Equipos de Recuperación de Energía en Climatizadores

En un principio, se pretendía la instalación de baterías de recuperación de aire en el retorno de los climatizadores con reutilización de la energía en el propio sistema de climatización. Sin embargo, tras haber hecho una primera inspección, cálculos y estudio de estas instalaciones de climatización, entendemos que es técnica y económicamente inviable el desarrollo de esta MAE. Por ello, se está realizando un estudio en profundidad para dilucidar posibles alternativas dentro de la reducción del consumo energético en climatización de la Sede Central.

Sustitución de Humectadoras

El objetivo inicial era de sustituir el actual sistema de humectación (de vapor mediante electrodos) por otro de menor consumo y más efi-

ciente (por ejemplo, de gas o adiabáticas). Sin embargo, y tras haber analizado *in-situ* el sistema de humectación existente, se considera esta MAE como no prioritaria y sujeta al efecto que tendrá en todo el sistema de climatización de este centro la instalación del sistema de control que se propone más adelante, junto con la MAE de fotovoltaica instalada en la fachada más crítica del edificio.



4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA ACS

La instalación de 18 paneles solares térmicos en la cubierta del edificio principal, proporcionará Agua Caliente Sanitaria para utilización en servicios, baños y vestuarios de la Sede Central. El ahorro energético viene dado por la eliminación de los calentadores eléctricos que proporcionan actualmente el ACS al complejo.

En la Fig. 1, se muestra una fotografía de los módulos solares térmicos y una infografía en BIM (BuildingInformationModeling) del diseño de distribución en la cubierta del edificio principal de la Sede Central.

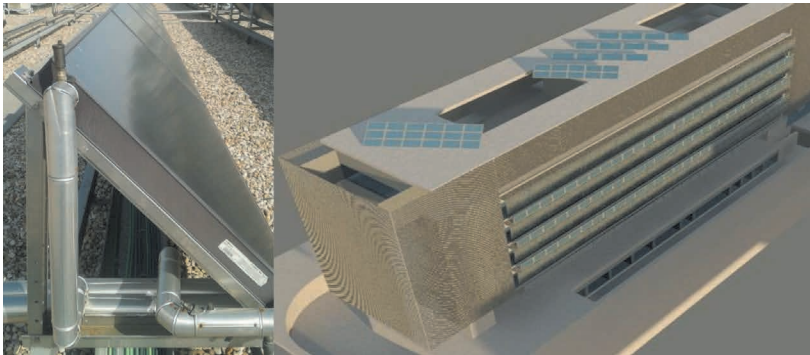


Figura 1. Imágenes de los módulos solares térmicos y de su disposición sobre la cubierta del edificio principal. Fuente: Elaboración propia.

5. AHORRO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN

Esta mejora tecnológica consiste en la sustitución de las lámparas de iluminación tanto exterior como interior por lámparas equivalentes con tecnología LED. Las lámparas con tecnología LED permiten obtener las mismas prestaciones que las lámparas fluorescentes, dicróicas, u otras, con un menor consumo, consiguiendo hasta un 26 % del ahorro energético total estimado. Sin embargo, el período



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

de retorno simple de la inversión en esta MAE supera los 5 años típicamente estimados para los cambios de iluminación a tecnología LED. Este inconveniente es debido a que la mayor parte de la iluminación del centro está instalada con tecnología fluorescente T5, ya de por sí bastante eficiente y costosa de cambiar por tecnología LED. Con los productos existentes actualmente en el mercado, los costes de sustitución de fluorescencia T5 a LED superan hasta más del doble a los costes de sustitución de fluorescencia T8 a LED. A pesar de la elevada inversión inicial por la sustitución de la fluorescencia T5, esta MAE sigue ofreciendo interesantes ventajas de ahorro energético y económico por los siguientes puntos:

- Ahorro energético por la reducción del consumo energético en [kWh] por reducción de la potencia instalada en [kW] con el cambio a LED, ofreciendo las mismas prestaciones lumínicas con considerablemente menos potencia de la actual.
- Ahorro económico por la consiguiente reducción del término de potencia en el contrato de suministro eléctrico. Este término de potencia se reducirá al reducir la potencia para iluminación instalada en los edificios, permitiendo una considerable reducción de los peajes que se pagan a la compañía distribuidora de electricidad por el acceso de terceros a la red de actual tendencia al alza con subidas exponenciales.

Los estudios y cálculos de iluminación realizados para la implantación de la nueva iluminación con tecnología LED muestran resultados en la Fig. 2, por encima de los valores actuales de iluminación en los edificios de la Sede Central.

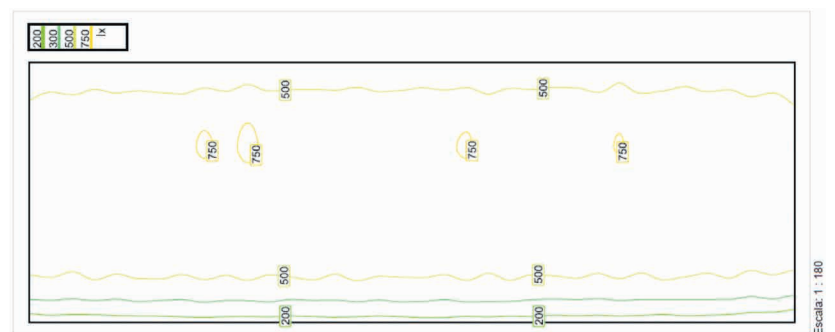


Figura 2. Cálculo de la intensidad lumínica con LED en una de las praderas de trabajo del edificio principal de la Sede Central.
Fuente: Elaboración propia.

6. SISTEMA DE CONTROL ENERGÉTICO

El Sistema de Control Energético que se acaba de implantar recientemente en la Sede Central de la E.M.T. contribuye con el ahorro del 41 % de la energía sobre el total estimado. A continuación se describen las bases técnicas sobre las que se ha desarrollado la solución para cubrir las necesidades de las Medidas de Ahorro Energético de Control y Gestión de Instalaciones.

Se ha implantado un sistema de monitorización y registro de consumos para 25 puntos de control en la Sede Central de la E.M.T. con comunicación web, y un sistema de control y gestión estándar europeo, de estructura descentralizada tanto para su instalación como para su programación, abierto y capaz de informar del estado de todos los elementos que están dentro de su área de actuación. Esta información puede reflejarse en una visualización, a la que se puede acceder desde cualquier ordenador conectado a la intranet donde se encuentre instalada, de manera que cada usuario puede tener una contraseña que le dará permiso para acceder a la parte de visualización para la que esté autorizado. La fiabilidad de este sistema de gestión también cumple con las normativas reconocidas. El sistema de monitorización y registro de consumos utilizará el protocolo ModBus y el sistema de gestión el protocolo KNX.

De la totalidad de instalaciones existentes en el edificio, se gestionan mediante este sistema de control las relacionadas con el ahorro energético: HVAC, iluminación y consumos eléctricos. Además, para la optimización económica y rapidez en la implantación del sistema de control, sin realizar grandes obras, se han previsto elementos distribuidos por los cuadros eléctricos de cada edificio.

Para conseguir un ahorro energético efectivo, ha sido necesario realizar la integración de todos los sistemas de control independientes que coexisten en el edificio con el sistema de gestión central, de manera que a través de éste se reciben y/o se envían órdenes e informaciones de los demás sistemas independientes.

E.M.T. ya tiene implantado en la actualidad en sus centros de Sanchinarro y Carabanchel el sistema KNX de control, por lo que el realizar la gestión de las instalaciones futuras bajo este estándar conlleva entre otras las siguientes ventajas, para la propia EMT:



- Reducción directa de emisiones de CO_2 , NO_x , SO_x y otras emisiones contaminantes, y en consecuencia de la huella ecológica en los centros de la E.M.T.
- Actualmente las instalaciones fotovoltaicas son bastante asequibles debido al desarrollo y competitividad alcanzados entre los fabricantes de módulos y componentes de estas instalaciones en el mercado, ofreciendo plazos de amortización razonables, siendo competitivas a paridad de red eléctrica, sobre todo frente a las recientes subidas exponenciales de los peajes que se tienen que pagar a las compañías distribuidoras por el acceso de terceros a la red eléctrica.



Es cierto que el proyecto de ley de regulación del suministro eléctrico con autoconsumo y de producción con autoconsumo en España del pasado 12 de julio de 2013 propone el pago de lo que denomina «peajes de respaldo» por cada [kWh] que la instalación de autoconsumo vierta a la red eléctrica nacional o genere, que son peajes muy elevados y que harían económicamente inviables las instalaciones de suministro y de producción con autoconsumo. A este proyecto, la Comisión Nacional de la Energía ha dado ya contestación en su informe del 4 de septiembre de 2013 en donde apunta claramente que *«La comisión, así como una gran mayoría de los miembros del Consejo Consultivo, considera que se debería eliminar el “peaje de respaldo” contenido en la propuesta»* de Real Decreto del 12 de julio de 2013. Ante esta situación de inseguridad e incertidumbre de la legislación española con respecto al autoconsumo, se contemplan en un futuro próximo una de estas dos situaciones:

1. Siguiendo las recomendaciones expertas de la Comisión Nacional de la Energía, así como de la mayoría del Consejo Consultivo, los llamados «peajes de respaldo» no llegarían nunca a existir, o si lo hicieran, serían de una cuantía mínima que no afectase la viabilidad económica de los proyectos de autoconsumo.
2. O bien, que los llamados «peajes de respaldo» fueran impuestos a las instalaciones de autoconsumo en los términos contemplados en el proyecto de Real Decreto para la regulación del autoconsumo.

En este último caso, la solución que se propone para la MAEs fotovoltaica de autoconsumo es de utilizar la energía generada por la instalación fotovoltaica «en isla». Esto quiere decir, que en la Sede Central de la E.M.T. crearíamos una isla de circuitos eléctricos alimentados



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

por la producción fotovoltaica únicamente y completamente desconectados de la red eléctrica nacional. En este caso, la instalación fotovoltaica propuesta no entraría dentro del marco de aplicación de la propuesta de Real Decreto para la regulación del autoconsumo, ni podría ser en modo alguno penalizada con los llamados «peajes de respaldo». Además, también se propone la utilización de baterías eléctricas de acumulación para poder garantizar el suministro a los circuitos en isla, como los termos eléctricos ACS, o circuitos iluminación parking (a determinar, incluyendo control y circuitos de respaldo conectados a red, por ejemplo).

La instalación de los módulos fotovoltaicos está prevista tanto en la cubierta del edificio principal como en sus fachadas, según se muestra en la Fig. 4. De esta manera, además de generar electricidad, también se consigue el beneficio de proteger las fachadas acristaladas de la radiación solar con la sombra de los panel fotovoltaicos, obteniendo el consiguiente efecto de ahorro energético en el sistema HVAC del edificio principal.

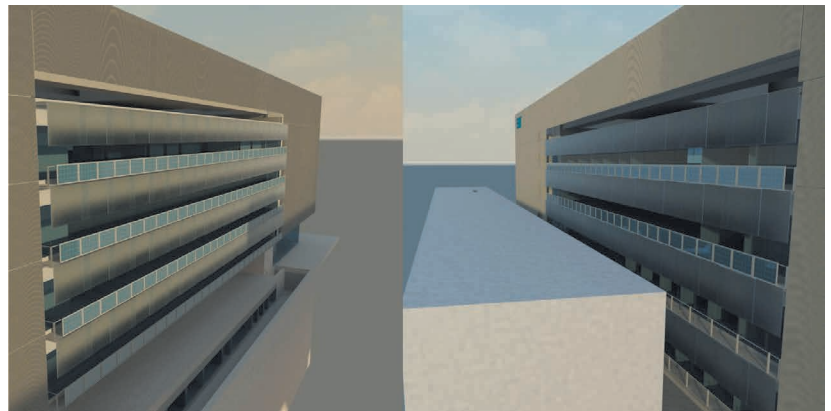


Figura 4. Infografías del proyecto de la instalación fotovoltaica de autoconsumo sobre las fachadas del edificio principal de la Sede Central de la E.M.T. Fuente: Elaboración propia.

8. FORMACIÓN E INFORMACIÓN CONTINUA

Están previstos cursos de formación y charlas informativas anuales de forma continuada durante la duración del proyecto tanto a personal interno de la E.M.T. como a empresas externas colaboradoras/mantenedoras de la E.M.T. para la divulgación, alineación y concienciación de los objetivos del contrato.

INSTALACIÓN DE SISTEMAS EFICIENTES DE CALOR A GAS DE BUDERUS MEDIANTE EQUIPOS AUTÓNOMOS DE GENERACIÓN DE CALOR EN MADRID

Manuel J. Ruiz

Responsable de Formación y Soporte Técnico de BUDERUS
ROBERT BOSCH ESPAÑA (BUDERUS)
www.buderus.es



1. ¿QUÉ SON LOS EQUIPOS AUTÓNOMOS DE GENERACIÓN DE CALOR?

Por equipos autónomos de generación de calor entendemos que son equipos prefabricados y compactos que incluyen los elementos necesarios para cumplir las normativas de seguridad y reglamentos de instalaciones térmicas y además, proporcionar el máximo confort en servicio de calefacción y A.C.S.. Cuando en el equipo autónomo incluye una caldera de condensación aportamos la máxima eficiencia en funcionamiento de estos servicios con una considerable reducción de los costes de mantenimiento y sobre todo de instalación y puesta en marcha.

2. ¿CUÁNDO ELEGIR UN EQUIPO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN DE CALOR?

Espacio

La opción de contar como propuesta a una reforma de una sala de calderas con un equipo autónomo de generación de calor se plantea seriamente en los casos en los que se requiere liberar espacios del edificio, para aprovechar la sala de calderas y poder plantearse la posibilidad de instalar el equipo autónomo en el exterior o en cubierta.

Tiempo

También cuando no se cuenta con el espacio suficiente para incorporar todos los accesorios de instalación y seguridad de la sala y se prefiera montar en la instalación el equipo completo en el mí-



nimo tiempo de instalación, se puede optar por la solución de un equipo autónomo. No requiere dejar sin servicio al edificio durante los tiempos de instalación y montaje en el caso de una nueva instalación de conexión en una reforma de salas de calderas o en obra nueva.

Mantenimiento

Cuando se valore una reducción en los costes de mantenimiento y de puesta en marcha de la instalación en conjunto, pudiendo aprovechar la accesibilidad a todos los componentes dentro del equipo autónomo al desmontarse todas sus puertas y la proximidad de todos estos elementos de instalación dentro del equipo compacto.

Ruido

Otro punto importante a valorar es el índice sonoro. Un equipo compacto, reduce notablemente el índice sonoro debido a que las calderas se montan en su interior y cuentan con un envolvente prefabricado con puertas que amortigua el sonido de forma notable. Por eso los equipos pueden ser recomendados para su montaje en el exterior.

Las **dimensiones reducidas** de estos equipos son el factor determinante para decidirse por la propuesta en una renovación de una sala de calderas antigua. Estas dimensiones dependerán de la caldera incorporada en el equipo autónomo. Por ejemplo la gama Logablok plus MODUL puede variar en tamaños que van desde 700x1190x2144 mm, hasta 2500x5000x2500 mm, en función de la potencia necesaria, entre diferentes modelos de calderas y sus dimensiones disponible.

3. ¿QUÉ ENCONTRAMOS EN EL INTERIOR DE UN EQUIPO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN DE CALOR?

Los equipos autónomos además de la caldera incorporan todos los accesorios hidráulicos necesarios para la conexión en cascada de calderas como colector de impulsión, de retorno, y colector de gas, equipo modulante por caldera con bomba circuladora modulante, termómetros de impulsión y retorno y por supuesto llaves de corte de agua y gas, válvula de seguridad y vaso de expansión.

Además, es posible optar por conexiones hidráulicas a derechas o izquierdas según las tomas en la instalación, también la posibilidad de optar por un intercambiador de placas o compensador hidráulico con filtro de agua incluido, según a la instalación a la que se pretenda dar servicio. Para el llenado del equipo se dispone también de desconector, filtro y contador según normativa. La instalación de gas incluye llave de corte y filtro de gas por caldera y electroválvula de gas conectada a las centralitas de detección. Se equipan adicionalmente con purgadores, puertas con bisagras totalmente desmontables, alumbrado de emergencia y normal, cuadro eléctrico y bridas de conexión hidráulicas.

En definitiva, la opción de la instalación de un equipo autónomo de generación de calor para reformas de salas de calderas ocupa el mínimo espacio, con la máxima eficiencia (al incorporar la tecnología de condensación) y proporciona un confort elevado cumpliendo todas las normativas.

4. CASO PRÁCTICO

Buderus estuvo presente en la renovación de la sala de calderas de una residencia religiosa en Madrid, que da servicio adicional a un colegio y una iglesia. En concreto, la solución habilitada para la renovación energética de dicha residencia se basó en la instalación en la cubierta del edificio de 4 plantas, de un equipo autónomo Logablok plus MODUL GB402 de 1.090 kW, integrado por 2 unidades de las conocidas calderas de condensación a gas natural, Logano plus GB402, compactas y de alta eficiencia energética gracias a su avanzada tecnología y la incorporación de un intercambiador de calor de aluminio – silicio.

Comparativa de Eficiencia Energética

En este caso práctico, el servicio demandado es para A.C.S. y calefacción, con una ocupación máxima todo el año salvo en verano cuando cierra el colegio 3 meses.

El equipo a sustituir era una caldera de gasóleo de 15 años de antigüedad de potencia 1.300 kW un 20 % superior a la solución actual, con un consumo de gasóleo de 60.660 litros en un año completo de funcionamiento (de octubre de 2012 a octubre de 2013).





Tabla 1. Datos de la instalación de caldera anterior y nueva propuesta.
Fuente: Herramienta Logasoft E+.

Datos de Caldera de Partida	
Caldera antigua	
Modelo	Caldera antigua
Tipo de Caldera	Estándar
Potencia Útil de la Caldera	1300 kW
Combustible	Gasóleo
Antigüedad	10 - 15 Años
Curva de Calefacción	NO
Sistema de Ventilación	Presurizada
Rendimiento de Combustión	90%
Tipo de Quemador	3 Etapas
Rango de Modulación	100%
Datos de Caldera a Comparar	
Caldera Buderus	
Modelo	Logablock plus MODUL GB402
Potencia Útil de la Caldera	1090 kW
Combustible	Gas Natural
Curva de Calefacción	NO
Tipo de Quemador	Modulante
Rango de Modulación	20%

El equipo instalado, se presentó como una buena solución de Buderus para la instalación en el exterior, ya que el equipo combina el moderno concepto de las calderas de condensación de alto rendimiento con las ventajas de sus reducidas dimensiones y peso en un equipo completo de fácil ubicación y conexión, permitiendo un fácil transporte a los lugares con difícil acceso, lo que supuso también un ahorro en costes y tiempo de instalación. El equipo funciona a gas natural y el instalador pudo realizar la conexión a la instalación centralizada existente de una manera rápida y sencilla. Además, gracias a que los equipos internos vienen totalmente conexiados, se pudo realizar una puesta en marcha rápida.

El acceso es mediante puertas abisagradas por el frontal, y el resto de los paneles son desmontables si fuera necesario, lo que facilita los futuros trabajos de mantenimiento.

El equipo autónomo esta formado por dos calderas de condensación conectadas en cascada, lo cual al parcializar potencias, permite

ajustar la potencia suministrada en todo momento a la demanda variable de la instalación y conseguir uno mayor ahorro energético, lo que se va a traducir en un gran ahorro económico.

Gracias a esta solución, les permite además liberar para otros usos el espacio que ocupaban los equipos antiguos de calefacción.



Fotografía 1. Fotos de ubicación de las calderas en la azotea del edificio.
Fuente: Buderus.

Detalle de los resultados

En la Fig. 1, se observan los importantes ahorros obtenidos gracias al cambio de la antigua caldera de gasóleo, por el nuevo equipo autónomo de generación de calor con calderas de condensación a gas natural. En concreto dos calderas en cascada de 545 kW cada una, lo que supone un 20 % menos de la caldera sustituida. Esto se traduce de que el consumo actual de gas natural a fecha de agosto de 2014 es de 50.825 m³, lo que supone un ahorro energético anual de un 11,37 % y un ahorro económico anual de un 56,17 % frente a la caldera antigua.

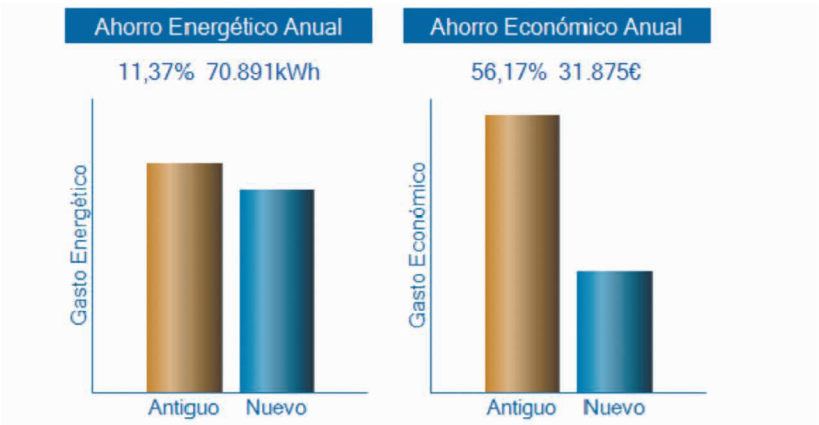


Figura 1. Comparativa de ahorro energético y económico.
Fuente: Herramienta Logasoft E+.

Tabla 2. Comparativa de instalación anterior y solución propuesta.
Fuente: Herramienta Logasoft E+.

	Caldera antigua	Logablock plus MODUL GB402
η Estacional Invierno	84,87 %	95,93 %
η Estacional Verano	0,00 %	0,00 %
Consumo Energético	623.584 kWh	552.693 kWh
Coste Anual	56.746 €	24.871 €
Emisiones CO ₂	161.398 KgCO ₂	109.433 KgCO ₂
Emisiones NOx	115.363 KgNOx	22.108 KgNOx
** Resultados obtenidos mediante estimación energética.		

Se puede observar también que gracias a la tecnología de condensación y al uso de gas natural como combustible, se ha logrado reducir 51.965 kg de CO₂, lo que equivale a un 32,2 % así como una reducción de NOx de 93.255 kg es decir un 80,84 % menos que con la instalación antigua.

Con estos datos el Periodo de retorno de la inversión se estima en 1,78 años, valor que incitó a la propiedad a realizar dicho cambio de caldera.

Gracias a esta solución se ha logrado reducir también los niveles sonoros a menos de 60 dB[A] y se ha eliminado la salida de gases desde la sala de calderas antigua hasta la cubierta, eliminando así también los posibles ruidos generados en el recorrido de los humos.

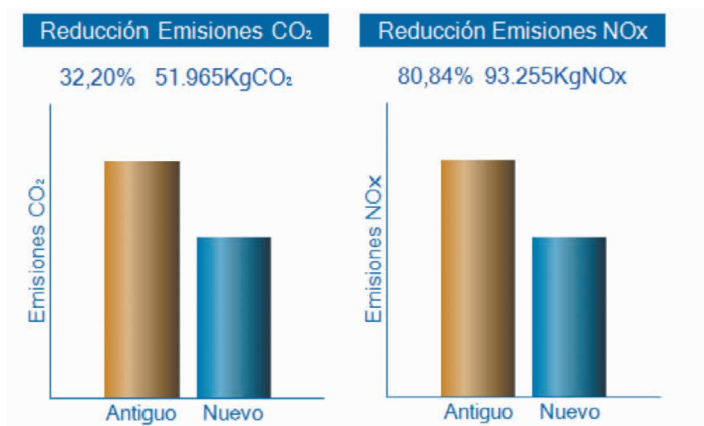


Figura 2. Comparativa de reducción emisiones CO₂ y NO_x.
Fuente: Herramienta Logasoft E+.

Tabla 3. Resultados económicos y emisiones de CO₂.
Fuente: Herramienta Logasoft E+.

Ahorro Económico Actual	31.875 €
Periodo de Retorno de la Inversión	1,78 años
Equivalencia reducción KgCO ₂ **	3.846,41 Árboles (Pinos Pinea)
** Fuente: Informe Cambio Climático y Planteamiento Territorial y Urbanístico en la CAPV	

5. SOLUCIONES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

Buderus ofrece distintas configuraciones de equipos exteriores de producción de calefacción y agua caliente sanitaria de distintas potencias y características, siempre con tecnologías punteras y eficientes, como la de condensación, que se adecuan a las necesidades de cualquier instalación manteniendo las premisas de durabilidad de los productos y eficiencia energética.

Como marca perteneciente al grupo Bosch, con más de 280 años de experiencia Buderus ofrece una amplia gama de sistemas de calefacción, A.C.S., geotermia, aerotermia y energía solar térmica, con soluciones innovadoras para cada proyecto cubriendo cualquier necesidad.





Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

Los resultados obtenidos en el caso práctico, se han realizado mediante estimación energética a través de la herramienta Logasoft E+ desarrollada por Buderus, para dar solución a la realización de cálculos en las tareas de renovación de salas de caldera. La herramienta simula el ahorro que se obtiene al realizar la renovación de la sala, mostrando los resultados de ahorro energético y económico que ayudan a decidirse con el cambio de la caldera actual por otra más eficiente.

REPARTIDORES DE COSTES DE CALEFACCIÓN CENTRAL Y VÁLVULAS CON CABEZAL TERMOSTÁTICO

Pedro Pablo Seoane
Jefe de Departamento de Energía
INSTALADORA CASTILLA
www.contadorescastilla.com



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, cientos de miles de usuarios de calefacción no pueden instalar contadores para medir el consumo de su vivienda debido a la tipología de las instalaciones. En estos casos, el gasto en calefacción de todos los vecinos es asumido por cada usuario mediante cuotas iguales o coeficientes de participación.

La instalación de repartidores de costes de calefacción y válvulas con cabezal termostático en los radiadores, hace que cada usuario:

- Regule su propio confort y gasto.
- Conozca su consumo de calefacción.
- Adopte las medidas de ahorro energético que necesita.
- Pague solo por el consumo de su vivienda.

Con una inversión baja en la instalación de repartidores de costes, son posibles ahorros hasta un 30 % en la factura de calefacción.

La instalación de sistemas de medición individual de los consumos de calefacción, para el posterior reparto de los costes en base a los consumos reales de instalaciones centralizadas en edificios de viviendas, es una medida de eficiencia, que permite ahorrar dinero y energía.

Son unos equipos electrónicos que se colocan en cada radiador y recogen ciertos parámetros que cada cierto tiempo transforma en consumos reales, en términos de energía o económicos. Al complementar al radiador con regulación de válvulas termostáticas, el ahorro puede ser según estudios realizados del orden del 30 %.

Según el Real Decreto 1027/2007, por el que se prueba el reglamento RITE y la Directiva 93/76, entre otras disposiciones, los repartidores



Guía sobre Gestión de la Demanda Energética del Edificio

de coste de calefacción, contadores individuales y otros aparatos con similar cometido, en instalaciones comunitarias de calefacción o A.C.S., son considerados medidas de ahorro y eficiencia energética a los efectos del artículo 17.3 de la Ley de Propiedad Horizontal.

Muy sencillos de instalar, no requieren obras, se instalan sobre el radiador. Son pequeños y estéticamente agradables, sin cables ni elementos que puedan afectar a la decoración de la vivienda. Son económicos, la inversión en repartidores de costes en una vivienda media es hasta cuatro veces más económica que instalar un contador de energía. Son electrónicos y su lectura de consumo se recoge por radio, no es necesario volver a entrar en la vivienda hasta que se agote la batería con una duración aproximada de 10 años.

Según estudios realizados por la Asociación Europea de Repartidores de Costes de Calefacción (EVVE), la Asociación Española de Repartidores de Costes de Calefacción (AERCCA), y según recomendaciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético), el ahorro potencial que se obtiene en una instalación de calefacción central en un edificio de viviendas, tan sólo por la instalación de un sistema que permita la contabilización individual de la calefacción puede llegar a ser de hasta un 30 %. Si al sistema de contabilización se le complementa a su vez con la posibilidad de regulación mediante válvulas termostáticas el ahorro puede ser incluso mayor.

La ERCCA recomienda la instalación de algún dispositivo de control por radiador que permita al usuario de la instalación regular de forma sencilla y rápida las temperaturas de sus habitaciones. Los sistemas de control actuales van desde una sencilla válvula con cabezal termostático que permite la regulación de la temperatura individualmente en cada radiador, cerrando el paso del agua cuando se alcanza dicha temperatura, consumiendo así la energía justa, hasta sistemas radiofrecuencia que permiten la programación individual por horarios de las temperaturas deseadas desde una pantalla táctil para toda la vivienda.

En España, datos concretos de ahorros obtenidos en edificios de viviendas en las que se ha instalado este sistema de reparto de costes de calefacción, según estudios realizados por la empresa gestora del sistema en cinco edificios, la media de ahorro energético obtenido, ha alcanzado un 23 %.

2. CASO PRÁCTICO

Como caso práctico realizado y que actualmente está instalado en un edificio de 8 alturas y dos locales, más portería en Madrid, se utilizó:

- 131 repartidores de costes por.
- Válvulas termostáticas por cada radiador, Danfoss modelos Living Eco (electrónico) y Living Design (manual), según necesidad.



Figura 1. Modelos de Válvulas y Repartidor de Costes.
Fuente: Contadores Castilla.

El primer paso es realizar un estudio de la caldera del edificio para evaluar parámetros importantes que se deben tener en cuenta a la hora de calcular el reparto de costes entre los inquilinos del inmueble, como; fabricante, modelo, potencia calorífica, acumulado de agua caliente, ..., se evalúa el reparto de costes como son el combustible gas o gasóleo, electricidad, costes de mantenimiento de la caldera, ..., de esta forma se repercuten los costes reales con fórmulas complejas, que hace que el reparto sea preciso para todos los propietarios. En este caso, la caldera evaluada fue de gas natural.





Fotografía 1. Estudio y recogida de datos de caldera comunitaria.
Fuente: Contadores Castilla.

En segundo lugar, una vez realizado el estudio, se instalaron los repartidores de costes de calefacción, junto a las válvulas con cabezal termostático, manuales y electrónicas, en los radiadores de las viviendas.

Los repartidores de costes son, de fabricación alemana, son repartidores muy precisos que con fórmulas complejas en su programación, garantizan la recogida de datos de lecturas reales del consumo para el propietario/inquilino de la vivienda. Estos se instalaron y programaron por el personal técnico con los parámetros necesarios para realizar de forma precisa el reparto de costes de calefacción.

Se repercuten los costes reales, que hace que el reparto sea preciso para todos los propietarios. Se realizan cálculos distintos de acuerdo a la estancia en la que se miden, de esta forma se obtiene el consumo real. Como ejemplo, los parámetros y consumo de un salón con unos metros determinados, es muy distinto al consumo que se pueda realizar en una cocina.

Los repartidores de costes, disponen de un sistema de vía radio, que permite realizar la lectura de forma remota, no siendo necesario el que el usuario se encuentre en la estancia.

Mediante un complejo software de recogida de datos, se analizan todas las mediciones de los repartidores de costes de calefacción de su

vivienda y se calculan los costes de consumo, además de la verificación constante del estado de los equipos y su correcta configuración.

Las configuraciones fueron múltiples para adaptar los repartidores de costes de calefacción a las características de la vivienda/local y sus estancias. Cada repartidor tiene una configuración personalizada y adaptada a la necesidad del espacio a medir.

Contadores Castilla realiza una facturación adecuada a cada inquilino. En cada factura, se puede ver de forma detallada, los valores reales de gasto de la vivienda/local.

La instalación puede estar en cualquier punto del territorio nacional y es posible acceder por Internet a los consumos reales, desde cualquier parte del mundo.

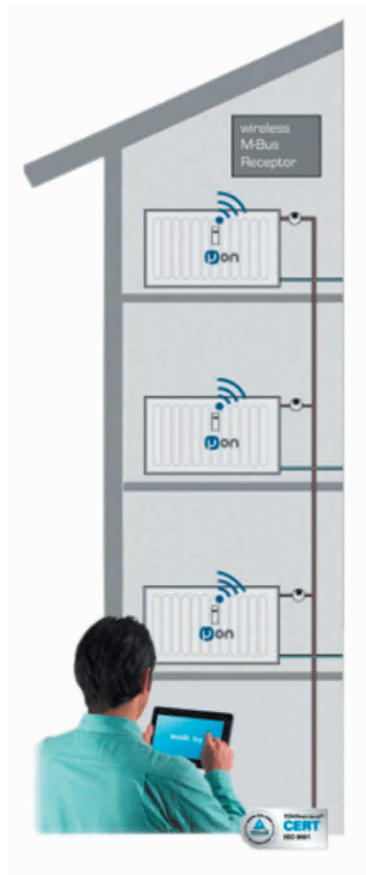


Figura 2. Modo de lectura de equipos. Fuente: Contadores Castilla.



3. ESPECIFICACIONES

Repartidor de Costes de Calefacción µon

Fabricado bajo la normativa EN 834:

- Registra la transmisión de calor del radiador.
- Reconocimiento electrónico de manipulación del dispositivo.
- Se ajusta a todos los radiadores del mercado.
- Posibilidad de cambiar la configuración de OMS a M-Bus.

Información lectura vía radio:

- Número del dispositivo.
- Lectura del consumo en el día fijado.
- Lectura del consumo actual.
- Información del estado del dispositivo.
- Fecha de fabricación.

Duración de la batería: 10 años.

Temperatura de lectura: $T_{min} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 – sensores).

Datos Técnicos

Principio de Medición	1 sensor
	1 sensor y sensor de inicio
	2 sensores
Temperaturas de diseño	$T_{min} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 sensores)
	$T_{min} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ (un sensor)

Temperaturas de disolución	$\leq 0,07\text{ K}$
Inicio de conteo - sobretemperatura (2 sensores)	$\Delta t_z = 2,5\text{ K}$

Rango de potencia del radiador	10 W - 10,00 W
Display	5 ½ - dígitos LCD, display permanente
Duración de la batería	10 años más reserva
Ciclos de medición	4 min
Día fijado	aconsejable el último día del mes (preestablecido 31.12)
Registro de meses	15 meses
Modalidades de radio	radio M-BUS, OMS, radio Walkby
Potencia de transmisión configurable	+5 dBm, 0 dBm, -5 dBm

Frecuencia de radio	868 Mhz
Velocidad de transferencia	100.000 c/s
Interfaz del dispositivo	inducción
Longitud del cable del sensor remoto	3 m
Dimensiones (alto, ancho, profundidad)	95 x 38 x 22 mm
Índice de potencia	IP 41
Testado según la normativa de la CE	DIN EN 834
Homologación	aprobado según §5 der HKVO (reglamento de gastos de calefacción)





Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

www.fenercom.com

