



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



Docentes

Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Centros

Guía de Ahorro y Eficiencia Energética



en Centros Docentes



Madrid Vive Ahorrando Energía



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

IDAE Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).



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


La Suma de Todos

Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2011



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



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

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. Tanto la Comunidad de Madrid como la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores ni de las posibles consecuencias que se deriven para las personas físicas o jurídicas que actúen o dejen de actuar de determinada forma como resultado de la información contenida en esta publicación.

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

Depósito Legal: M. 9.617-2011

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

Presentación

En la Comunidad de Madrid existe una importante red de centros docentes, constituida por cerca de 4.000 instalaciones de educación infantil, primaria, secundaria, bachilleratos y de enseñanza de ciclos formativos de grado medio y superior, más de diez universidades públicas y privadas, además de numerosas academias y centros y entidades de formación de carácter privado. Todos estos establecimientos, por su finalidad y características, se engloban dentro del grupo de edificios intensivos en el consumo de energía y esto supone un potencial de ahorro económico y energético en su funcionamiento muy importante.

El consumo de energía cada vez mayor y el aumento significativo de los costes de ésta han hecho que la eficiencia energética sea una constante preocupación para los proyectistas de los nuevos centros docentes, pero también para los gestores de los existentes, con el fin de reducir las necesidades energéticas y, en consecuencia, ahorrar en costes de funcionamiento, sin perder en cuotas de confort o calidad. En especial, de confort, debido al tipo de usuario y la finalidad de estas instalaciones, que requieren un ambiente con condiciones óptimas para la concentración y estimulación del aprendizaje, vitales en el caso del alumnado infantil y juvenil, ya que en ausencia de éstas puede llegar a afectar a su desarrollo intelectual.

En este contexto, la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y diversas empresas del sector energético y de servicios, han elaborado esta guía, dirigida a los responsables de la gestión y mantenimiento de los centros docentes de la región como instrumento para conseguir rendimientos energéticos óptimos, sin provocar una disminución en el confort ni en la calidad del servicio prestado.

La guía abarca desde conceptos y criterios de diseño de edificios para docencia eficientes, pasando por nuevas tecnologías de iluminación, climatización, producción de agua caliente sanitaria, etc., hasta la implantación de los sistemas de gestión centralizados y el papel futuro de las denominadas empresas de servicios energéticos en el sector educativo.

Es importante señalar que las medidas citadas en la guía pueden servir además para el entrenamiento del personal y la concienciación ciudadana, tal y como lo

viene haciendo la Comunidad de Madrid con la campaña **Madrid Ahorra con Energía** que, a través de su extensa colección de publicaciones relacionadas con la eficiencia energética, trata de transmitir las ventajas de la reducción de los consumos energéticos.

Esperamos que esta humilde aportación de conocimientos sirva para mantener vivo el espíritu de la campaña Madrid Ahorra con Energía y desde aquí animamos a consultar la serie de Guías de Ahorro y Eficiencia Energética enfocadas a diversos sectores y que pueden descargarse gratuitamente en la web de la Fundación.

D. Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid

Autores

- Capítulo 1. **Auditorías energéticas en centros docentes**
D. Juan Antonio de Isabel, Director Gerente
Carlos Egido, Departamento de Proyectos
Geoter, Geothermal Energy, S.L.
www.geoter.es
- Capítulo 2. **Medidas para la eficiencia energética en centros escolares**
D. Juan Luis Ciudad
Responsable de Servicios de Valor Añadido
Endesa Energía
www.endesa.es
- Capítulo 3. **Empresas de servicios energéticos en centros docentes y contrato de garantía de ahorros**
D. Luis Miguel Barrientos
Director de Desarrollo de Negocio
Ameresco
www.ameresco.com
- Capítulo 4. **Sistemas de ahorro de agua y energía en centros docentes**
D. Vicente Garrido Peral
Director Técnico
Tehsa Tecnología, Ecología e Hidroeficiencia, S.A.
www.AhorrarAgua.com
- Capítulo 5. **Domótica en centros docentes**
Dña. Marisol Fernández
Directora
CEDOM Asociación Española de Domótica
www.cedom.es
- Capítulo 6. **Detectores de presencia y movimiento para control de iluminación y climatización**
D. Víctor Pérez Laso
Jefe de Producto
Theben
www.theben.de

- Capítulo 7. **Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética**
D. José María Durán
Responsable de Grandes Cuentas
Viessmann
www.viessmann.es
- Capítulo 8. **Energía solar térmica: ACS, calefacción y climatización**
Dña. Mónica López
Departamento de Energía Solar
Viessmann
www.viessmann.es
- Capítulo 9. **Geotermia por agua y aire en centros docentes. Calidad ambiental y eficiencia energética en climatización y ventilación**
D. Luis de Pereda Fernández
Socio y Director de proyectos
Eneres
www.eneres.es
- Capítulo 10. **Microgeneración: Comparativa con otras tecnologías en colegios dentro del marco regulatorio actual**
D. José Ignacio Briano
Socio
Eclareon
www.eclareon.com
- Capítulo 11. **Energía solar fotovoltaica en centros docentes**
D. Javier Anta Fernández
Presidente
ASIF Asociación Solar de la Industria Fotovoltaica
www.asif.org
- Capítulo 12. **Comparativa de eficiencia en iluminación fluorescente**
D. Luis Ruiz Moya
Director General
Tehsa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L.
www.tehsa.es
- Capítulo 13. **Ascensores de última generación. Eficiencia energética y accesibilidad**
D. Rafael Macía Aparicio
Director de Calidad, Producto y Normativa de Zardoya OTIS.

Presidente del Comité Nacional de Ascensores, Escaleras Mecánicas y Andenes Móviles de AENOR.

Presidente de la Comisión Nacional de Fabricantes de FEEDA.

www.otis.com

Capítulo 14. **Ayudas de la Comunidad de Madrid**

Dña. Yolanda Izquierdo Mena

D. Pedro Antonio García Fernández

Técnicos de la Subdirección General de Promoción Industrial y Energética

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

www.madrid.org

Capítulo 15. **Casos Prácticos**

- ***Reforma de sala de calderas e introducción del agua caliente en Colegio Montessori School Los Fresnos***

Robert Bosch España, S.A.

www.junkers.es

- ***Actuaciones en eficiencia hídrica y energética en los centros docentes del Ayuntamiento de Torrelaguna***

Tehsa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L.

www.tehsa.es

- ***Detectores de presencia para iluminación en el Colegio San Lorenzo de El Escorial***

Theben

www.theben.de

- ***Domótica para control de iluminación en el Colegio Maristas de Logroño***

ISDE

www.isde-ing.com

- ***Domótica para control de iluminación en el Centro British School de Játiva***

Schneider Electric España

www.schneiderelectric.es

Índice

Capítulo 1. Auditorías energéticas en centros docentes	19
1.1. Introducción	19
1.2. Objetivos	20
1.3. Auditoría energética en centros docentes: conceptos y procedimiento	21
1.3.1. Conceptos generales	21
1.3.2. Procedimiento de actuación	23
1.4. Conclusiones	26
 Capítulo 2. Medidas para la eficiencia energética en centros escolares	29
2.1. Introducción	29
2.2. Optimización Tarifaria	30
2.3. Optimización de instalaciones	32
2.3.1. Estudio del consumo	32
2.3.2. Parámetros de eficiencia energética	32
2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector	33
2.3.4. Gestión y mantenimiento energético	45
2.4. Conclusiones	46
2.5. Bibliografía	46
 Capítulo 3. Empresas de servicios energéticos en centros docentes y contrato de garantía de ahorros	49
3.1. Concepto de empresa de servicios energéticos	49
3.2. ESEs y riesgo económico	51
3.2.1. Garantía de los ahorros	51
3.2.2. Proyectos de Eficiencia Energética	52
3.2.3. Inversión y financiación de las MAEs	55
3.3. Los servicios energéticos como gestión integral de actividades	56
3.4. Conclusiones	58

3.5.	Casos reales	58
3.5.1.	Distrito escolar del condado de Washoe	58
3.5.2.	Distrito escolar de Kawartha Pine Ridge	60
3.5.3.	Distrito escolar de Ottawa-Carleton	60
3.5.4.	Universidad Estatal de Colorado	61
Capítulo 4.	Sistemas de ahorro de agua y energía en centros docentes	63
4.1.	Introducción	63
4.2.	Datos sobre el agua	64
4.3.	Otros conceptos a tener en cuenta	70
4.4.	Acciones generales para ahorrar agua y energía	73
4.5.	Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua	75
4.6.	Clasificación y catálogo de soluciones economizadoras	77
4.6.1.	Grifería monomando tradicional	77
4.6.2.	Soluciones para grifería de volante	80
4.6.3.	Griferías temporizadas	81
4.6.4.	Otras griferías economizadoras de agua y energía	84
4.6.5.	Griferías y equipos optimizadores para duchas	85
4.6.6.	Grifería para cocinas y torres de prelavado	88
4.6.7.	Urinaríos sin agua	89
4.6.8.	Técnicas y sistemas de ahorro en vertederos e inodoros o WC	90
4.7.	Consejos generales para economizar agua y energía	94
4.7.1.	Salas de calderas, calentadores y redes de distribución	94
4.7.2.	Puntos de consumo	94
4.7.3.	Centro docente y puestos de trabajo de personal administrativo	95
4.7.4.	Jardinería y paisajismo	95
4.7.5.	Limpieza de las instalaciones	96
Capítulo 5.	Domótica en centros docentes	97
5.1.	Introducción	97
5.2.	Selección de un sistema inmótico adecuado	98
5.3.	Descripción del sistema inmótico	100
5.3.1.	Descripción del Building Management System (BMS)	100
5.3.2.	Descripción del Room Management System (RMS)	102

5.4.	La implantación de un sistema inmótico en centro escolar	105
5.4.1.	Definición de las necesidades	106
5.4.2.	Realización del proyecto	106
5.4.3.	Ejecución del proyecto	108
5.4.4.	Entrega y postventa	108
Capítulo 6.	Detectores de presencia y movimiento para control de iluminación y climatización	111
6.1.	Tecnologías para detectar la presencia	111
6.1.1.	Infrarrojo pasivo	111
6.1.2.	Radiofrecuencia	113
6.1.3.	Ultrasonidos	113
6.2.	Detectores por infrarrojo pasivo	113
6.2.1.	Componentes de un detector	113
6.2.2.	Instalación de los detectores	114
6.2.3.	Parámetros de un detector	117
6.3.	Detector de movimiento vs de presencia	121
6.3.1.	Diferencia entre el detector de movimiento y de presencia	121
6.3.2.	Aplicaciones del detector de movimiento y de presencia	123
6.4.	Ahorros energéticos	124
6.5.	Bibliografía	125
Capítulo 7.	Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética	127
7.1.	Introducción	127
7.2.	Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética	128
7.3.	Calderas de baja temperatura	129
7.3.1.	Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple	130
7.3.2.	Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura	131
7.4.	Calderas de gas de condensación	132
7.4.1.	Técnica de Condensación	133
7.4.2.	Diseño de las calderas de Condensación	135
7.5.	Comparativa de valores de rendimiento estacional	138
7.6.	Conclusiones	139

Capítulo 8. Energía solar térmica: ACS, calefacción y climatización	141
8.1. Introducción	141
8.2. Posibilidades de ahorro solar de instalaciones en escuelas	142
8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes	143
8.3.1. Subsistema de captación	144
8.3.2. Subsistema de acumulación	147
8.3.3. Subsistema de intercambio	148
8.3.4. Subsistema de regulación y control	149
8.3.5. Subsistema de energía auxiliar o convencional	149
8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	151
8.4.1. Producción de ACS	151
8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas	153
8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción	153
8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	155
8.6. Caso ejemplo: producción de ACS y climatización de piscina en escuelas mediante energía solar	156
8.6.1. Objetivo	156
8.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos	157
8.6.3. Ahorro de emisiones de CO ₂	160
8.7. Resumen de los beneficios de solarizar los centros escolares	161
Capítulo 9. Geotermia por agua y aire en centros docentes. Calidad ambiental y eficiencia energética en climatización y ventilación	163
9.1. Introducción	163
9.2. Calidad del aire en los centros escolares. Necesidad de ventilación y climatización eficientes	165
9.3. El pretratamiento del aire de renovación con intercambiadores geotérmicos tierra/aire. Eficiencia energética en la ventilación y calidad del aire	170
9.3.1. Funcionamiento en invierno	171
9.3.2. Funcionamiento en verano	172
9.3.3. Componentes del intercambiador geotérmico tierra/aire	174
9.3.4. El circuito del intercambiador	175
9.3.5. Ventilación mecánica controlada, VMC, de doble flujo	177

9.4. Climatización con intercambio geotérmico tierra/agua, bomba de calor geotérmica y estructuras termoactivas. Eficiencia energética en la climatización y calidad en la transferencia de energía	179
Capítulo 10. Microgeneración: Comparativa con otras tecnologías en colegios dentro del marco regulatorio actual	187
10.1. Introducción	187
10.2. Curvas de demanda térmicas	188
10.3. Dimensionado de los equipos de microgeneración	190
10.4. Estudio de rentabilidades	192
Capítulo 11. Energía solar fotovoltaica en centros docentes	195
11.1. Los centros escolares	195
11.2. La energía solar fotovoltaica	197
11.2.1. Propiedades generales	197
11.2.2. El efecto fotovoltaico	198
11.2.3. La generación fotovoltaica	198
11.2.4. El generador fotovoltaico	199
11.2.5. Tecnologías fotovoltaicas	200
11.2.6. El Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	200
11.2.7. Mantenimiento	201
11.2.8. Integración en edificios	201
11.2.9. El coste de la energía solar fotovoltaica	202
11.3. Los centros escolares y la energía solar fotovoltaica	202
11.4. Los beneficios medioambientales por tener energía solar fotovoltaica en centros escolares	204
11.5. Conclusión	204
Capítulo 12. Comparativa de eficiencia en iluminación fluorescente	207
12.1. Antecedentes	207
12.2. Metodología utilizada	209
12.2.1. Ejemplo de referencia comparativa	210
12.2.2. Ejemplo de instalación tipo para cálculos	211
12.2.3. Valoración del tiempo anual de la actividad	212
12.2.4. Criterio de Iluminancia	212
12.2.5. Criterio de soluciones analizadas	213

12.3.	Soluciones y propuestas comparadas	214
12.3.1.	Resumen de tipos, propuestas y soluciones	222
12.4.	Resultados de la comparación realizada	222
12.4.1.	Longevidad de las soluciones	223
12.4.2.	Consumos y costes de energía	223
12.4.3.	Costes de inversión	224
12.4.4.	Costes de propiedad	225
12.4.5.	Consumos energéticos y mejora medioambiental	227
12.5.	Conclusiones	228
Capítulo 13.	Ascensores de última generación. Eficiencia energética y accesibilidad	231
13.1.	Introducción	231
13.1.1.	Algunos datos y consideraciones relativos al ascensor	231
13.2.	Ascensores instalados mas comunes	232
13.2.1.	Ascensores Hidráulicos	233
13.2.2.	Ascensores Eléctricos	233
13.3.	El ascensor de ultima generación	235
13.3.1.	Motores eléctricos de imanes permanentes	235
13.3.2.	Sistemas regenerativos de energía	235
13.3.3.	Nuevos elementos de suspensión y tracción	237
13.3.4.	Ascensor sin cuarto de máquinas	238
13.3.5.	Apagado automático de luces de cabina	239
13.3.6.	Otras mejoras	239
13.4.	El paquete energéticamente eficiente para la modernización de los ascensores	240
13.5.	Ahorros energéticos	240
13.6.	Accesibilidad	241
13.7.	Conclusiones	243
Capítulo 14.	Ayudas de la Comunidad de Madrid	247
14.1.	Fomento del ahorro y la eficiencia energética	247
14.2.	Fomento de las energías renovables	249
14.3.	Plan Renove de Ascensores	250
14.4.	Plan Renove de Salas de Calderas	251

Capítulo 15. Casos Prácticos	253
• Reforma de sala de calderas e introducción del agua caliente en Colegio «Montessori School Los Fresnos»	253
1. Introducción	253
2. Reforma y ampliación de sala de calderas e introducción de ACS	254
2.1. Antigua instalación	254
2.2. Eficiencia energética y reducción de emisiones	258
• Actuaciones en eficiencia hídrica y energética en los centros docentes del Ayuntamiento de Torrelaguna	261
• Detectores de presencia para iluminación en el Colegio San Lorenzo de El Escorial	267
1. Descripción	267
2. Resultados	269
• Domótica para control de iluminación en el Colegio Maristas de Logroño	271
1. Introducción	271
2. Descripción del sistema	272
• Domótica para control de iluminación en el Centro British School de Játiva	275
1. Centro	275
2. Requerimientos del proyecto	276
3. Descripción del proyecto. Solución adoptada	276
3.1. Aulas y oficinas	278
3.2. Exteriores	278

Auditorías energéticas en centros docentes

1.1. Introducción

En la actualidad el desarrollo de un país se evalúa y va unido a una serie de factores económicos, técnicos y sociales, en los cuales la educación juega un papel absolutamente clave, siendo uno de los pilares en los que se fundamenta la sociedad. De ahí la necesidad de dedicar todos los medios, esfuerzos y acciones posibles para su mejora continua.

Por tanto se ha incrementado en todos los países el nivel de concienciación hacia el sector educativo, con objeto de dotar a los centros docentes, y en especial a las condiciones en las que se realiza el proceso formativo, de los mejores medios posibles para que este derecho fundamental de las personas se desarrolle dentro de unos parámetros correctos.

Es evidente que es necesario conseguir una atmósfera adecuada tanto para la realización de actividades profesionales como de ocio o recreativas, una constante y una realidad en la sociedad actual, con numerosas normativas y leyes en este sentido, si bien en el ámbito de la educación este objetivo alcanza, aún si cabe, una mayor importancia puesto que en él se incluyen niños y adolescentes y entran en juego variables inherentes al propio desarrollo personal y fisiológico de estas personas.

Es preciso destacar la heterogeneidad de las instalaciones que se albergan bajo el concepto de centro docente, puesto que en él se incluyen desde centros de educación superior como universidades y escuelas politécnicas, hasta guarderías infantiles pasando por institutos y colegios, contemplando no solo la existencia de aulas y zonas de trabajo, sino también la presencia de otro tipo de espacios como pueden ser zonas comunes, aseos, vestuarios, cafeterías, instalaciones deportivas, etc.

Esta diversidad existente en los centros docentes hace que, aunque en todos ellos tendremos como idea principal el ahorro energético y la consecución de condiciones de confort, se deba distinguir, por el tipo de actividades y usuarios, ciertos factores diferenciadores que serán determinantes a la hora de enfocar y

analizar los distintos proyectos energéticos, dentro de unas condiciones exhaustivas de salubridad e higiene.

En la Comunidad de Madrid se contabilizan más de 3.800 centros de educación infantil, primaria, secundaria, bachilleratos, así como para la enseñanza de ciclos formativos, ya sean de grado medio o superior. Adicionalmente hay que contabilizar la presencia de 14 universidades, 7 de tipo público y el mismo número de carácter privado, además de numerosas academias y centros y entidades de formación de carácter privado. Esto se traduce en un tejido docente muy importante dentro de la comunidad con un potencial de ahorro económico y energético en su funcionamiento ciertamente importante y de total relevancia.

1.2. Objetivos

Como ha sido descrito las condiciones en las que se debe desarrollar el proceso formativo han de ser las adecuadas en cuanto a los parámetros térmicos, ambientales y lumínicos para un correcto desarrollo del proceso formativo, si bien esta consecución de objetivos de confort ha de ir acompañada de una correcta gestión energética de la misma, para no incurrir en un gran dispendio difícilmente asumible.

En multitud de complejos educativos estos umbrales de confort no están siendo satisfechos, de modo que se deberá actuar de manera correctiva para alcanzar la consecución de las mismas. Análogamente en centros de nueva edificación se deberán tener en cuenta estas variables y proceder en consecuencia, realizando una auditoría de carácter preventivo para que la instalación docente inicie su funcionamiento de manera eficiente.

Es por ello que la optimización energética de las instalaciones en las que se alberguen edificios docentes ha de basarse, en los preceptos de la eficiencia energética, la inclusión de energías renovables, el respeto medioambiental y la sostenibilidad, incluyendo además labores de información y formación tanto del personal docente como de los alumnos y el resto de usuarios.

De esta forma las auditorías energéticas en centros docentes mejorarán, a través de estos preceptos expuestos, los límites de confort existentes, consiguiendo un ahorro en términos tanto energéticos como económicos y siempre bajo la perspectiva del mayor respeto medioambiental.

Finalmente no debe dejarse de mencionar que, dada la gran envergadura del sector, toda acción relativa con la sostenibilidad dentro de los centros docentes existentes, mediante la mejora de la eficiencia energética, permitirá un incremento de la competitividad de cada uno de los centros educativos y por ende de la Comunidad de Madrid en su conjunto.

1.3. Auditoría energética en centros docentes: conceptos y procedimiento

1.3.1. Conceptos generales

Las auditorías energéticas deben entenderse como estudios integrales mediante los cuales se analiza la situación energética en el conjunto arquitectónico del edificio y las instalaciones que el mismo contiene y, que a través del análisis y comparación de diferentes cambios, acciones y modificaciones realizables, busca y obtiene la consecución de un conjunto armónico y óptimo de soluciones que desemboquen en un gasto energético menor consiguiendo además una mejora de los servicios prestados, una mayor durabilidad de los equipos y un aumento en la sensación de confort de los usuarios. Este último punto es fundamental ya que si las soluciones técnicas y económicas pudieran parecer la causa fundamental de este tipo de trabajos, no hay que olvidar que existen seres humanos como usuarios finales de los edificios en que se desarrollan y estas personas han de ser el motivo principal de toda acción que se emprenda.

Por tanto el objetivo básico de la auditoría energética será el de proponer soluciones racionales encaminadas a conseguir un uso lógico y más eficiente de los recursos energéticos disponibles, para mejorar las condiciones de confort de los edificios que albergan centros docentes, con una disminución de los costes operativos y de mantenimiento así como del impacto ambiental. Para ello se entiende que debe considerarse al centro docente como un único gran consumidor, evaluando la realidad de las instalaciones y estudiando las mejores soluciones que puedan implementarse.

Los trabajos de la auditoría energética, desde el punto de vista temporal, pueden llevarse a cabo en tres estadios bien diferenciados. Así es posible realizar labores de optimización energética desde la propia fase de proyecto del edificio docente, durante su etapa de ejecución o bien con el edificio ya en funcionamiento, que será el menos deseable de los tres escenarios pero a la vez el más común de

todos. Cabe destacar, no obstante, que si bien la auditoría de un edificio docente lleva inherente un funcionamiento, en mayor o menor medida, inadecuado también permite clarificar los ahorros y beneficios de las soluciones propuestas en la auditoría energética pues se cuenta con las facturas de suministro correspondientes, así como con las opiniones de los responsables de mantenimiento y demás usuarios del centro docente.

Es evidente que la realización de una auditoría, tanto en su planificación como en su ejecución, variará según se lleve a cabo en cada una de las fases expuestas. Igualmente las soluciones, perspectivas y posibilidades de ahorro al igual que los costes de su realización serán diferentes en cada uno de los escenarios planteados, si bien el fin último de la auditoría permanecerá invariable, es decir, conseguir elevar la calidad de la instalación y sus condiciones de confort, consiguiendo la optimización de su funcionamiento, minimizando el coste operativo y el impacto ambiental.

De esta forma se entiende que los principales fundamentos o pilares sobre los que debe basarse y sustentarse una auditoría energética en centros educativos y docentes son:

- ✱ Introducción y/o aumento en la utilización de fuentes de energía renovables.
- ✱ Sustitución de fuentes de energía obsoletas o sistemas de funcionamiento con baja eficiencia.
- ✱ Estudio detallado de la edificación, prestando especial atención a su envolvente y aislamiento térmico.
- ✱ Estudio de las instalaciones y equipos existentes, realizando mediciones y registros de sus parámetros principales de funcionamiento.
- ✱ Evaluación de los parámetros térmicos y eléctricos.
- ✱ Análisis del entorno ambiental, introduciendo soluciones de arquitectura e ingeniería bioclimática.
- ✱ Estudio de técnicas alternativas a las utilizadas en producción de energía.
- ✱ Análisis económico de las soluciones propuestas así como del ahorro energético y monetario conseguido.

La auditoría energética conseguirá, a través de una serie de acciones previamente definidas, obtener de manera fiel la realidad energética del centro docente pudiendo entonces proponer las mejores soluciones en los campos objeto de estudio, que serán, principalmente:

- * Análisis constructivo del edificio o edificios que alberga el centro docente, de forma general y de la envolvente térmica en particular.
- * Estudio de zonas verdes o comunes para su potencial aprovechamiento energético.
- * Horario de ocupación del centro docente.
- * Sistemas térmicos, mecánicos y eléctricos (productores y consumidores).
- * Sistemas de climatización (calefacción, refrigeración).
- * Sistemas de producción, gestión y suministro de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.).
- * Sistemas de Ventilación.
- * Sistemas de Iluminación.
- * Situación Medioambiental.

1.3.2. Procedimiento de actuación

Como se ha comentado con anterioridad, la organización previa de las tareas que engloba una auditoría energética y la realización ordenada de las mismas es la primera de las premisas para el éxito de ésta.

En esta línea se va a exponer un ejemplo de protocolo operativo para la realización de auditorías energéticas en centros docentes mediante el cual se abarcan todas las actividades que un trabajo de optimización energética en este campo precisa.

- * *Trabajos iniciales y preparatorios:* En esta fase de la auditoría se hace referencia a los trabajos gestionados en oficina mediante los cuales se dispondrá de planos, facturas e información de interés sobre el centro docente. Igualmente se incluye aquí toda la realización de trámites y concesión de autorizaciones de acceso para realizar con celeridad los trabajos a emprender en el propio centro docente.

En esta fase de la auditoría energética también es preceptivo que se realice un estudio global del entorno del centro docente, analizando ubicación, infraestructuras, climatología, legislación aplicable, posibilidades de suministro energético, etc. con el propósito de ubicar convenientemente el mismo desde todo punto de vista.

- ✱ *Análisis previo del centro docente:* Una vez conocida la realidad del centro docente y en esta primera visita se definirá el tipo de auditoría a emprender, junto con su alcance y una primera estimación de los potenciales ahorros factibles de ser conseguidos.

Se realizarán observaciones de carácter general sobre las características constructivas y térmicas del centro, el sistema eléctrico, los generadores térmicos existentes, los elementos terminales de climatización, el sistema hídrico, el tipo de iluminación y alumbrado empleado y el estado general de conservación del mismo junto con la presencia de elementos obsoletos.

- ✱ *Diagnóstico inicial y esbozo de soluciones:* Con la información obtenida hasta este momento el equipo auditor es capaz de tener una idea global del estado y funcionamiento de la instalación, pudiendo cuantificar la eficiencia energética del centro docente en términos de kWh/m_2 , que es un ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida. Análogamente es posible evaluar el consumo de energía en términos de iluminación mediante kW/m_2 , es decir, mediante la potencia instalada por unidad de superficie.

Ambos parámetros pueden ser particularizados de muy diversas formas, por ejemplo atendiendo al tipo de fuente energética, clase de luminaria, zona de estudio, etc. con el fin de obtener los valores más significativos para el estudio global.

- ✱ *Toma de datos in situ:* Esta fase de la auditoría energética comprende el registro, y posterior evaluación, de los datos reales de funcionamiento de la instalación del centro docente estudiado, conformando una «radiografía» de su estado actual para poder establecer las acciones necesarias y precisas para su optimización.

Para realizar esta toma de datos el equipo auditor necesitará disponer de un equipo completo de aparatos de medida, de entre los cuales se explicitan algunos a modo demostrativo: termohigrómetro (para medir las condiciones ambientales de temperatura y humedad), analizador de redes (para evaluar la instalación eléctrica), luxómetro (para las instalaciones de ilumina-

ción), opacímetro (para calderas) o cámaras termométricas (para evaluar la envolvente térmica del edificio).

En esta fase de la auditoría energética será preciso caracterizar totalmente el centro docente en todos los campos susceptibles de ser mejorados energéticamente, es decir:

- *Envolvente térmica:* Estudiando la epidermis del edificio, prestando especial atención a los cerramientos y superficies acristaladas del centro docente, así como a todos los accesos que puedan dar lugar a pérdidas o ganancias térmicas (en invierno y verano respectivamente) que se traduzcan en un aumento innecesario del coste de climatización.
- *Instalaciones mecánicas:* Identificando el estado de conservación de todos los elementos y su modo de funcionamiento, realizando controles sobre sus consumos en funcionamiento así como las posibles anomalías existentes.
- *Instalaciones de calefacción:* Se evaluará el estado general de los generadores térmicos de calefacción así como sus parámetros de funcionamiento y la calidad del mantenimiento realizado. Igualmente se evaluará el estado de la sala técnica incluyendo todos los elementos auxiliares de la instalación y las tuberías de distribución de calor. Asimismo se procederá a estudiar el estado y adecuación de los elementos terminales de la instalación de calefacción del centro docente a las necesidades térmicas requeridas.
- *Instalación de refrigeración:* Se procederá de manera análoga a lo expuesto para las instalaciones de calefacción, intentando dar una respuesta conjunta a ambas, englobándolas bajo el concepto de instalación de climatización, lo cual redundará en un funcionamiento más eficiente del centro docente.

Cabe destacar que será preciso prestar especial atención a los conceptos de zonificación y simultaneidad en la instalación de climatización, pues la correcta gestión de ambos llevará aparejada una mejora importante de la instalación.

- *Instalación de iluminación:* Se evaluará la adecuación de los niveles lumínicos de aulas, zonas comunes, áreas deportivas, prestando atención a las posibilidades de inclusión de luz natural (sin que ello afecte a la componente térmica del centro). Este aspecto ha de compaginar

aspectos técnicos, económicos y también ergonómicos puesto que el proceso educativo va ligado a actividades cognitivas y fundamentalmente en la etapa de crecimiento de niños y jóvenes.

En este punto es importante adecuar los niveles de iluminación del centro docente a las distintas zonas en las que se produzca la iluminación, adaptándolas a los valores fijados por la normativa vigente. Igualmente se deberán evaluar las posibilidades de gestión y control de las instalaciones de iluminación con el fin de optimizar su funcionamiento.

- *Sistemas especiales:* Se trata de identificar en este apartado sistemas que por sus consumos puedan ser relevantes en el global de la instalación del centro docente. Así pues dentro de este punto se pueden incluir las cafeterías que puedan existir en el complejo educativo así como los equipos informáticos y de multimedia, cuya correcta gestión puede conseguir ahorros económicos y energéticos importantes.

- ✱ *Análisis de datos y propuesta de soluciones:* Una vez recabada toda la información sobre las instalaciones del centro docente auditado se está en disposición de tener un conocimiento pleno del funcionamiento de las mismas y es posible ya emitir un juicio y unas acciones que lo mejoren y fomenten la eficiencia energética del complejo educativo en su conjunto, siempre dentro de unos parámetros de viabilidad técnico-económica racionales.

1.4. CONCLUSIONES

Es absolutamente necesario que los centros docentes presenten un elevado nivel de confort debido a la naturaleza e importancia de las actividades que en ellos tienen lugar y a los largos periodos de tiempo que tanto el profesorado como el alumnado invierten en este tipo de instalaciones.

El propio proceso de aprendizaje se verá condicionado con las condiciones en que éste se produzca, de modo que será labor de la auditoría energética diagnosticar el funcionamiento del centro docente en uso y buscar las soluciones más eficientes energéticamente, conjugadas con los conceptos ergonómicos precisos y necesarios para asegurar la correcta ejecución del citado proceso cognitivo.

Teniendo en cuenta que son estos alumnos la base en la que se fundamenta la sociedad del futuro, sería recomendable y positivo que estas labores de auditorías sean transmitidas y comentadas entre los alumnos, con objeto de concienciar y educar sobre la necesidad de un planteamiento sostenible del planeta en el que vivimos.

Medidas para la eficiencia energética en centros escolares

2.1. Introducción

Para una correcta gestión energética de los locales dedicados al sector de los centros escolares, es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que nos permitirá un mejor aprovechamiento de nuestros recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

De la diversidad de instalaciones que pueden acoger los centros escolares, así como del catálogo de servicios concretos que en ellas se ofrecen, depende el suministro de energía.



Fotos 1, 2 y 3. Tipología de instalaciones en centros escolares.

Como norma general podemos decir que las aplicaciones que más consumo de energía concentran, alrededor de un 70% del total, son: calefacción, climatización e iluminación.

Consumos Eléctricos

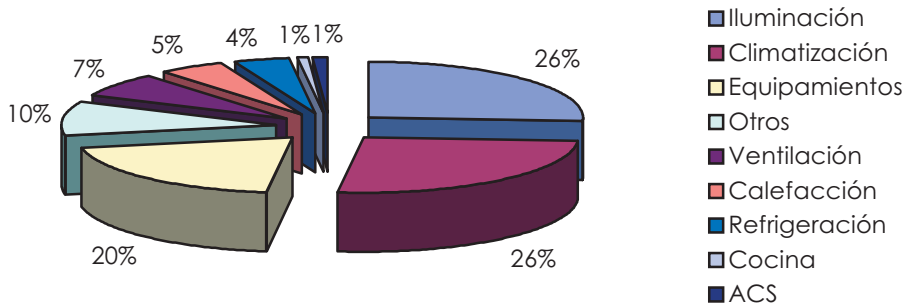


Figura 1. Consumo energético eléctrico medio en centros escolares.

Consumos de Gas Natural

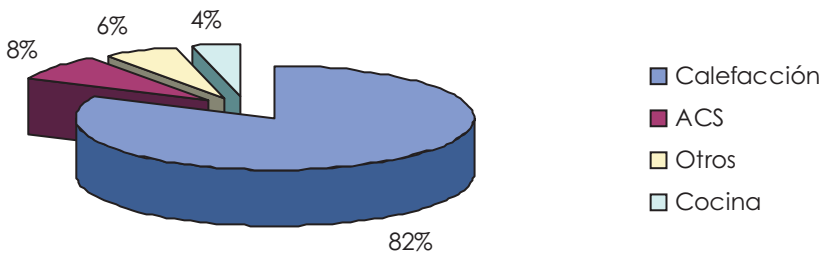


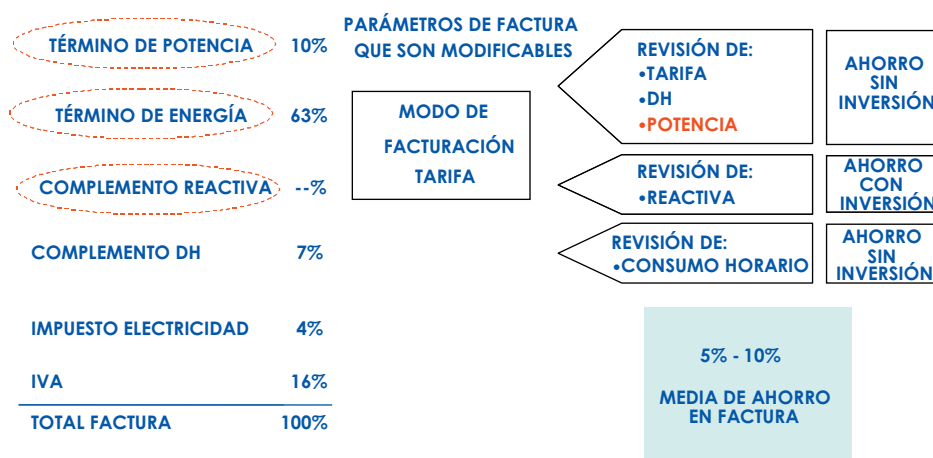
Figura 2. Consumo energético de gas natural medio en centros escolares.

Se han de contemplar dos aspectos fundamentales que permiten optimizar el gasto en energía y, por lo tanto, maximizar el beneficio:

- * Optimización tarifaria.
- * Optimización de las instalaciones.

2.2. Optimización Tarifaria

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura eléctrica, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso de la energía eléctrica:



Media en Segmento PYMEs.

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura del gas, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso del gas:

TÉRMINOS EN FACTURA:

- ☐ TÉRMINO FIJO: EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN Y EL GRUPO TARIFARIO.
- ☐ TÉRMINO VARIABLE: EN FUNCIÓN DEL CONSUMO Y EL GRUPO TARIFARIO.
- ☐ IVA: 16%

$$\text{TARIFA} = \text{TÉRMINO FIJO} + \left[\text{PRECIO ENERGÍA} \times \text{CONSUMO DE GAS} \right]$$

- !!
- ☐ LA TARIFA DEPENDE DEL CONSUMO.
 - ☐ A MAYOR CONSUMO, MEJOR TARIFA.

2.3. Optimización de instalaciones

2.3.1. Estudio del consumo

En este apartado, se pretende establecer la estructura de consumo energético de los locales del sector, analizando las fuentes de energía utilizadas, y los usos finales a los que se destina.

2.3.1.1. Consumo de energía en el sector de los centros escolares

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por un centro escolar depende de varios factores: del tipo de servicio que ofrezca, su situación, categoría, tamaño, características de sus instalaciones y equipos, etc.

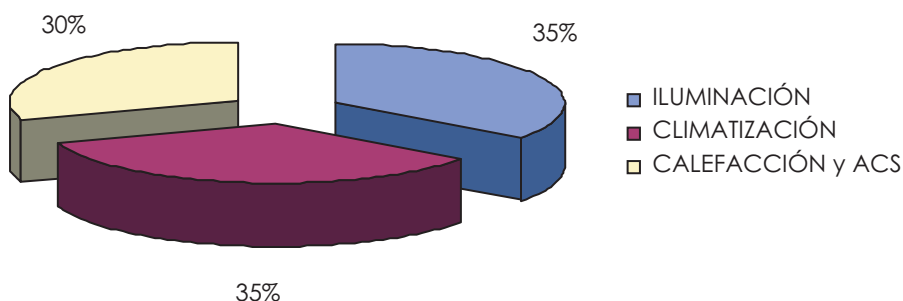
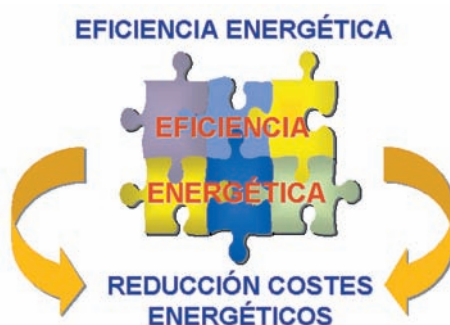


Figura 3. Media en centros escolares.

2.3.2. Parámetros de eficiencia energética

Aunque el consumo energético de un centro escolar no supone el gasto principal del mismo, la maquinaria de calefacción y climatización, así como la constante iluminación, son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética.



Desde este punto de vista, mediante una pequeña contabilidad energética a partir de los consumos anuales de energía eléctrica así como de combustible y agua, se pueden obtener los ratios de consumo energético del negocio.

2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector



Foto 4. Salón de Actos.



Foto 5. Aula de Informática.

Para reducir el coste de los consumos de energía se puede:

- * Optimizar el contrato.
- * Optimizar las instalaciones.

A continuación se presentan algunas posibilidades de optimización de las instalaciones.

Tabla 1. Optimización energética de las instalaciones de centros escolares.

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Calderas (Gas/Gas-Oil)	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro en combustible. Reducción de la factura.	15
	Aprovechamiento calores residuales.		Utilización del calor para ACS/Calefacción.	25
Climatización (bombas de calor)	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	Mediante balance energético (energía entrante = saliente).	Reducción en el consumo eléctrico. Producción de ACS para consumo.	40
Motores eléctricos	Disminución de la potencia de arranque (Mediante curva de arranque controlado por rampa).	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste de la factura.	15
Bombas agua climatización	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	Funcionamiento variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura eléctrica.	15
Motores general	Motores de alto rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento.	Disminución del consumo eléctrico.	20
Compresores de aire	Utilización del calor sobrante de la refrigeración de los compresores.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico /gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica.	30

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Iluminación: zonas auxiliares	Pasillos, lavabos, sótanos, etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores / detectores de presencia.		60
Lámparas dicroicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia, o lámparas LED.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	80
Iluminación exterior	Optimización del consumo.	Lámparas compactas de bajo consumo o LED. Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.		40
Iluminación interior (fluorescentes)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio de las reactancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.	20
Iluminación interior (incandescencia)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio a lámparas de bajo consumo o a LED.		85
Sistema de control de climatización	Control de máximo y mínimo de temperatura demandada en cada estancia.	Implantando sistemas de control que monitoricen parámetros y actúen sobre el sistema.	Disminución de consumo eléctrico y de gas natural.	25

2.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico dentro de una instalación del sector, dependiendo este porcentaje de varios factores: tamaño, fachada, aportación de iluminación natural, de la zona donde esté ubicada y del uso que se le dé a cada estancia dentro de la instalación.

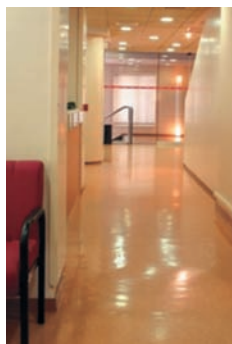


Foto 6 y 7. Iluminación en pasillos de centros escolares.

Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá una repercusión importante en los costes.

Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20% y el 85% en el consumo eléctrico de alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficientes, al empleo de sistemas de control y al aprovechamiento de la aportación de la luz natural.

Además, se puede conseguir un ahorro adicional en el aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor.

Para una instalación de alumbrado existe un amplio rango de medidas para reducir el consumo energético, entre las que destacan las siguientes:

Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos (On/Off y Regulables)

Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas en centros escolares. Este tipo de lámpara necesita de un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la corriente, que es la reactancia o balasto.

Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

En la siguiente tabla se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto electrónico.

Tabla 2. Variación del consumo energético en tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto electrónico.

COMPARACIÓN ENTRE BALASTO CONVENCIONAL Y BALASTO ELECTRÓNICO			
Luminaria con tubos fluorescentes 2 x 58 W con balasto convencional		Luminaria con tubos fluorescentes 2 x 51 W con balasto electrónico	
POTENCIA ABSORBIDA		POTENCIA ABSORBIDA	
Lámparas (2 x 58 W)	116 W	Lámparas (2 x 51 W)	102 W
Balasto convencional	30 W	Balasto electrónico	11 W
TOTAL	146 W	TOTAL	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO		22,60%	

BALASTOS ELECTRÓNICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema. • Mejoran el confort y reducción de la fatiga visual al evitar el efecto estroboscópico. • Optimizan el factor de potencia. • Proporcionan un arranque instantáneo. • Incrementan la vida de la lámpara. • Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara. • No producen zumbido ni otros ruidos.

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80%, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

Sustitución de luminarias

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente en la forma más adecuada a las necesidades.

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de viejos centros escolares, utilizando luminarias de elevado rendimiento, generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

Iluminación LED

Otra opción para reducir el gasto energético en instalaciones de iluminación es reemplazar las lámparas y luminarias de mayor número de horas de iluminación por equivalencias en LED. Con esta solución se reduce notablemente el consumo de los circuitos de alumbrado, y se hace casi nulo el gasto en mantenimiento por el incremento de la vida útil del nuevo alumbrado.

Aprovechamiento de la luz natural, control y regulación

Hay que tener en cuenta que para un máximo aprovechamiento de la utilización de la luz natural es importante asegurar que la iluminación artificial se apague cuando el aporte de luz natural alcance una iluminación adecuada. Esto se consigue mediante el uso de sistemas de control apropiados, y puede requerir un cierto nivel de automatización.

Un buen sistema de control de alumbrado (horarios, presencia...) asegura una iluminación adecuada mientras sea necesario y durante el tiempo que sea preciso. Con un sistema de control apropiado pueden obtenerse sustanciales mejoras en la eficiencia energética de la iluminación de un edificio, además de mantenerse los niveles óptimos de luz en función de los usos de los espacios, momento del día, ocupación, etc.

2.3.3.2 Climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación sanitaria. Como hemos visto,

podemos encontrar ahorros de entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

Tabla 3. Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción.

AHORROS DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN		
MEJORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES:		
✱ Aislamiento caldera no calorifugada	3	Inferior a 1,5 años
✱ Mejora calorifugado insuficiente	2	Inferior a 3 años
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE:		
✱ Aislamiento tuberías	5	Inferior a 1,5 años
✱ Descalcificación tuberías	5 - 7	Inferior a 3 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN DEFECTUOSOS	3 - 5	Inferior a 4,5 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN OBSOLETOS O DEFECTUOSOS		
✱ Quemador	9	Inferior a 3 años
✱ Caldera	7	Inferior a 6 años
✱ Caldera y quemador	16	Inferior a 6 años

Se pueden obtener ahorros del 20-30% de la energía utilizada en este apartado mediante: la **zonificación de la climatización**, la **limitación de las temperaturas** demandadas, el uso de **sistemas de medición y control** para la temperatura en cada zona, la **regulación de las velocidades** de los ventiladores o la **regulación de las bombas** de agua. Además, es recomendable el uso de un **sistema de gestión central** de la climatización para fijar límites y horarios de uso.



Foto 10. Control de extracción.



Foto 11. Control de regulación eléctrica.



Foto 12. Control zonificado.

Los sistemas de gestión centralizada permiten un control de la temperatura en función de que la sala se encuentre desocupada o sin actividad. De este modo, el sistema permite controlar los parámetros de temperatura y humedad, que son los que influyen en la sensación de confort, desde un tiempo antes del inicio de la jornada laboral, manteniendo mientras los equipos en modo de pre-funcionamiento. Esta temperatura de espera se determina de modo que la temperatura de la habitación pueda llegar a la temperatura de confort en pocos minutos desde el inicio de la jornada.

Con este sistema se obtiene un importante ahorro energético, ya que por cada grado que se disminuye la temperatura ambiental, el consumo energético disminuye en un 5-7%, por lo que el ahorro de energía que se consigue con el empleo de estos controles es del 20-30% del consumo de climatización durante esas horas.

Free-cooling

Es conveniente también que la instalación vaya provista de un sistema de free-cooling, para poder aprovechar, de forma gratuita, la capacidad de refrigeración del aire exterior para refrigerar el edificio cuando las condiciones así lo permitan.

Esta medida requiere, en las instalaciones, de un sistema de control del aire introducido, en función de la entalpía del aire exterior y del aire interior, consiguiendo de esta forma importantes ahorros energéticos. En nuestro caso puede ser una manera de contrarrestar el calor emitido por la maquinaria.

Aprovechamiento del calor de los grupos de frío

En los aparatos de aire acondicionado, el calor del condensador que extraen los equipos frigoríficos puede ser utilizado, mediante intercambiadores de calor, para la producción de agua caliente que puede ser requerida en otra parte de las instalaciones.

Este aprovechamiento puede suponer, por un lado, un ahorro importante de energía para la producción de ACS y por otro, un ahorro por menor consumo eléctrico del condensador.

En nuestro caso, si el centro escolar es de gran tamaño, los equipos para la climatización serán importantes. Por ello, este ahorro puede llegar a suponer un coste 0 en la producción de ACS.

Recuperación de calor del aire de ventilación

Esta mejora consiste en la instalación de recuperadores de calor del aire de ventilación. En el recuperador se produce un intercambio de calor entre el aire extraído del edificio y el aire exterior que se introduce para la renovación del aire interior.

De esta manera se consigue disminuir el consumo de calefacción, durante los meses de invierno, ya que el aire exterior de renovación se precalienta en el recuperador, y en verano se disminuye el consumo eléctrico asociado al aire acondicionado.

Bombas de calor

La bomba de calor es un sistema reversible que puede suministrar calor o frío, a partir de una fuente externa cuya temperatura es inferior o superior a la del local a calentar o refrigerar, utilizando para ello una cantidad de trabajo comparativamente pequeña.

El rendimiento de las bombas de calor (COP) es del orden de entre 2,5 y 4, rendimiento que está muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos en muchos casos representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción del calor, dependiendo del coste del combustible utilizado.

La utilización de bombas de calor puede resultar especialmente interesante en instalaciones industriales de nueva construcción emplazadas en zonas con inviernos suaves, ya que suponen una inversión menor que en un sistema mixto de refrigeración y calefacción, y permiten además, un ahorro de espacio y una simplificación de las operaciones de mantenimiento.

Optimización del rendimiento de las calderas

El primer paso para obtener un buen rendimiento de estos sistemas es un buen dimensionamiento de las calderas, adecuando su potencia a la demanda y evitando sobredimensionamientos innecesarios.

Es también conveniente un buen sistema de control de la instalación para evitar excesivas pérdidas de calor cuando la caldera está en posición de espera, y también la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, las pérdidas en posición de espera y el bajo rendimiento resultan un 35% inferior al de las calderas nuevas correctamente dimensionadas e instaladas.

Calderas de baja temperatura y calderas de condensación

Las calderas convencionales trabajan con temperaturas de agua caliente entre 70 °C y 90 °C y con temperaturas de retorno del agua superiores a 55 °C, en condiciones normales de funcionamiento.

Una caldera de baja temperatura, en cambio, está diseñada para aceptar una entrada de agua a temperaturas menores a 40 °C. Por ello, los sistemas de calefacción a baja temperatura tienen menos pérdidas de calor en las tuberías de distribución que las calderas convencionales.

La caldera de condensación está diseñada para recuperar más calor del combustible quemado que una caldera convencional, y en particular, recupera el calor del vapor de agua que se produce durante la combustión de los combustibles fósiles.

La diferencia estriba en la mayor inversión de este tipo de calderas, que suele ser entre un 25-30% más alta para las bajas temperaturas y hasta duplicar la inversión en el caso de las calderas de condensación.

Sustitución de gasóleo por gas natural

Aunque el gas natural es un combustible cada vez más utilizado en este sector, hay multitud de centros escolares, sobre todo en zonas rurales, con caldera de gasóleo.

Hoy por hoy, a medida que van extendiéndose las redes de distribución de gas natural, este combustible va adquiriendo una mayor implantación, debido a las claras ventajas de su aplicación, tanto a nivel energético y económico, como a nivel medioambiental.

2.3.3.3. Agua caliente sanitaria (ACS)

La producción de ACS se realiza generalmente mediante calderas de agua caliente, por lo que en este apartado son de aplicación las mejoras mencionadas para las calderas de calefacción. También es conveniente que la temperatura de almacenamiento no sea muy alta para minimizar las pérdidas, sin que en ningún caso sea inferior a 60 °C.

RECOMENDACIONES DE AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE ACS

- Minimizar todas las fugas de agua caliente con un mantenimiento apropiado de las conducciones y los grifos de duchas y lavabos.
- Evitar temperatura de almacenamiento muy alta, con el fin de limitar pérdidas.
- Aislar adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento.
- Instalar grifos temporizados en lavabos y servicios de las zonas de servicios generales.
- Instalación de sistema de bajo consumo en duchas y baños, sin reducción de la calidad de suministro.
- Instalar contadores del consumo de agua caliente para tener un seguimiento adecuado de las condiciones de la instalación.

Ahorro de agua

La disminución del consumo de agua no solamente redonda en una distribución del gasto por este concepto, sino que además conlleva un ahorro energético importante debido a la disminución del consumo del combustible necesario para su calentamiento.

MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

- Trabajar con presiones de servicio moderadas: 15 mm c.a. en el punto de consumo son suficientes.
- La instalación de grifos con sistemas de reducción de caudal sin merma del servicio ofrecido al cliente, los cuales permiten reducciones de caudal de entre el 30% y el 65%. Existe en el mercado una gran variedad de modelos, para todos los puntos de utilización (lavabos, duchas, fregaderos, fuentes, etc.).
- El empleo del sistema WC Stop para cisternas, el cual economiza hasta un 70% de agua, pudiendo el usuario utilizar toda la descarga de la cisterna si fuera necesario.

Ahorro en bombeo

Para que una instalación de bombeo funcione satisfactoriamente desde el punto de vista energético, es necesario que haya sido dimensionada correctamente.

Mediante la aplicación de reguladores de velocidad a los motores que accionan las bombas, se pueden conseguir ahorros de hasta el 40-50% del consumo eléctrico de los mismos.

2.3.4. Gestión y mantenimiento energético

2.3.4.1. Mantenimiento

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo bueno, disminuirá la necesidad de un mantenimiento correctivo y como resultado se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad de servicio.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

- Sustituir los filtros según las recomendaciones del fabricante, mantener limpias las superficies de los intercambiadores, así como rejillas y venteos en las conducciones de aire.
- Verificar los controles de funcionamiento de forma regular.
- Verificar que todas las electroválvulas y compuertas abren y cierran completamente sin atascos.
- Verificar que termostatos y humidostatos trabajan adecuadamente.
- Verificar el calibrado de los controles.
- Revisar la planta de calderas y los equipos de combustión regularmente.
- Detectar fugas de agua en conducciones, grifos y duchas y repararlas inmediatamente.
- Limpiar las ventanas para obtener la máxima luz natural.
- Limpiar lámparas y luminarias regularmente, y reemplazar según los intervalos recomendados por el fabricante.

2.3.4.2. Sistemas de gestión

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados como los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

- Gestión racional de las instalaciones.
- Aumento de confort.
- Ahorro energético.
- Reducción de averías.
- Prolongación de la vida útil de los equipos.
- Ahorro en mantenimiento.

2.4. Conclusiones

La calefacción, iluminación y climatización constituyen alrededor del 70% de toda la energía consumida en los centros escolares. Esto supone millones de euros que se gastan cada año en mantener la temperatura correcta e iluminar los centros. El recorte de costes, en particular los de componente fijo o semifijo, se convierte en un arma estratégica para aumentar la competitividad y el éxito del centro escolar a medio y largo plazo.

El ahorro energético que podemos conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad del centro, permitiendo una optimización de recursos y un aumento del rendimiento, así como a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por nuestra actividad.

Las actuaciones recomendadas en este documento se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones, y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y se propone un Plan de Gestión de la Demanda.

2.5. Bibliografía

- Federación Navarra de Municipios y Concejos. «Guía de Medio Ambiente para Entidades Locales». ISBN 84-870080-22-7. 2005.
- Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra (CRANA). «Planes Energéticos en Centros Escolares». Abril 2009.

- Departamento de Medio Ambiente del Reino Unido. «Guía Focus. Guía de eficiencia energética ambiental para la empresa». 2001.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. «Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable». ISBN 84-8476-137-1. 2003
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. «Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: centros docentes». 2003.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Resolución de 23 de septiembre de 2010, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se publica la tarifa de último recurso de gas natural. BOE n.º 237, 30 de septiembre de 2010.
- Resolución de 29 de septiembre de 2010, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el coste de producción de energía eléctrica y las tarifas de último recurso a aplicar en el cuarto trimestre de 2010. BOE n.º 237, 30 de septiembre de 2010.

Empresas de Servicios Energéticos y el Contrato de Garantía de Ahorros

3.1. Concepto de Empresa de Servicios Energéticos

Se podría decir que el último año ha sido el año de las Empresas de Servicios Energéticos, ESEs (o ESCOs en su traducción inglesa).

En un momento en que las empresas del sector de las instalaciones y el mercado de la construcción en general precisa de nuevas líneas hacia las que dirigir su estrategia, los Servicios Energéticos parecen ser la opción elegida por muchas de ellas.

Muchas empresas quieren ser una ESE. Últimamente no hay un grupo empresarial que se precie dentro del sector de construcción que no haya creado su Empresa de Servicios Energéticos.

Fabricantes, constructores, comercializadores de energía, instaladores, mantenedores, ingenierías, consultores, todos quieren ser ESEs.

Pero, ¿qué es una Empresa de Servicios Energéticos?, ¿qué servicios ofrece a sus clientes?, ¿qué aporta de diferencial frente al modelo de negocio tradicional? y ¿qué necesita una empresa para cumplir estas características?

A continuación se realiza una aclaración de estos aspectos tomando como referencia las instrucciones y tendencias marcadas por la Unión Europea, la Administración Española y la experiencia de los mercados internacionales más desarrollados de Servicios Energéticos.

La Directiva UE 2006/32, define la Empresa de Servicios Energéticos como:

Persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo.

El pago de los servicios prestados se basará (en parte o totalmente) en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos.

Por otro lado el RDL 6/2010 de 6 de Abril, define la Empresa de Servicios Energéticos como:

Persona física o jurídica que pueda proporcionar Servicios Energéticos, en la forma definida en el párrafo siguiente, en las instalaciones o locales de un usuario y afronte cierto grado de riesgo económico al hacerlo.

Todo ello, siempre que el pago de los servicios prestados se base, ya sea en parte o totalmente, en la obtención de ahorros de energía por introducción de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenido.

El mismo RDL 6/2010 nos dice que los Servicios Energéticos son:

Conjunto de prestaciones incluyendo la realización de inversiones inmateriales, de obras o de suministros necesarios para optimizar la calidad y la reducción de los costes energéticos. Esta actuación podrá comprender además de la construcción, instalación o transformación de obras, equipos y sistemas, su mantenimiento, actualización o renovación, su explotación o su gestión derivados de la incorporación de tecnologías eficientes. El servicio energético así definido deberá prestarse basándose en un contrato que deberá llevar asociado un ahorro de energía verificable, medible o estimable.

Ambas definiciones dicen que las ESEs proporcionan servicios cuyo objetivo es la reducción del consumo energético mediante la mejora de la Eficiencia Energética, con tres características clave:

1. Deben asumir cierto riesgo económico al hacerlo.
2. El pago del servicio dependerá (total o parcialmente) de la obtención de los ahorros y de los rendimientos.
3. Lo hacen integrando todas las actividades necesarias para la implementación de los proyectos.

Se debe analizar cada uno de estos aspectos que debe cumplir la ESE.

3.2. ESEs y riesgo económico

3.2.1. Garantía de los ahorros

El primero de los riesgos económicos que debe asumir la ESE sale de la propia naturaleza del servicio y su forma de remuneración. Las definiciones expuestas dicen que la ESE cobrará su servicio en función de los rendimientos obtenidos en la instalación después de implementar las medidas de ahorro de energía (MAEs).

Esto supone que la ESE debe asumir lo que se denomina una **Garantía de Rendimiento** ya que cobrará su servicio en función de la eficiencia obtenida.

La razón por la que esta garantía es necesaria y forma parte fundamental del servicio es que es la única forma que el cliente se asegura el retorno de la inversión que realiza en las condiciones de proyecto.

Se habla de una garantía de rendimientos y no de ahorros ya que el rendimiento es lo que la ESE es capaz de mejorar y los ahorros dependerán de la propia actividad del cliente y de factores que la ESE no puede controlar ni predecir (la climatología, es el más evidente).

El compromiso de garantía con el cliente se adquiere mediante el **Contrato de Garantía de Rendimiento** o *Energy Savings Performance Contract (ESPC)*.

La Fig. 1 resume cómo funciona un Contrato de Garantía de Rendimientos.

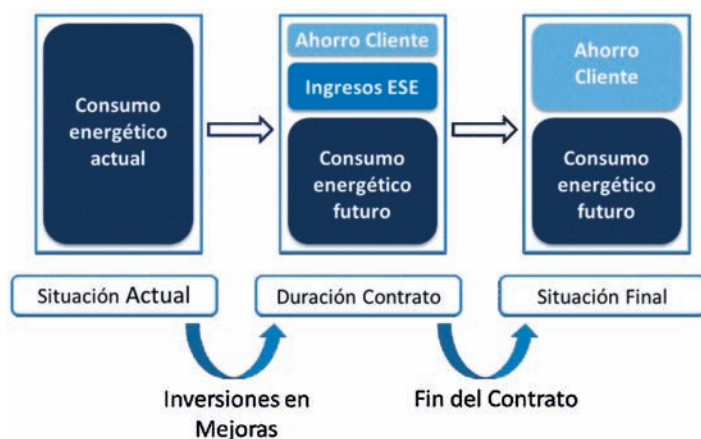


Figura 1. Modelo de Contrato de Garantía de Rendimientos (ESPC).

En el primero de los bloques se encuentra reflejada la situación del edificio o instalación antes de implementar el Proyecto de Eficiencia Energética.

El segundo bloque refleja la situación durante el periodo de vigencia del Contrato de Garantía de Rendimientos. Los ahorros producidos gracias a la implementación de las medidas cubren primeramente los pagos a la ESE por implementación y costes de financiación, quedando un porcentaje del ahorro energético corriente para el cliente desde el primer momento.

El tercer bloque refleja lo que sucede cuando finaliza el contrato. Todo el ahorro se lo queda el cliente.

En realidad, este es principal valor añadido de una ESE: Promover proyectos de ahorro y aportar la garantía sobre los ahorros que aseguran el retorno de la inversión en las condiciones fijadas en proyecto.

3.2.2. Proyectos de Eficiencia Energética

La implementación de un proyecto mediante un Contrato de Garantía de Rendimientos requiere dar una serie de pasos que se resumen en la Fig. 2.



Figura 2. Fases en el desarrollo de un Proyecto de Eficiencia Energética.

3.2.2.1. Auditoría Energética Previa

A partir de un inventario completo de las distintas instalaciones, histórico de consumos energéticos e inspección visual se identifican los principales consumos.

3.2.2.2. Auditoría Energética de Inversión

Cuyos objetivos serán:

- * Caracterizar los Centros Consumidores de Energía.
- * Determinación de la Línea Base de Consumo.
- * Identificar y proponer MAEs.
- * Determinar de la forma más precisa posible los ahorros.
- * Modelizar los sistemas.
- * Dimensionar la inversión y su viabilidad.

3.2.2.3. Contrato de Garantía de Rendimientos

Además de los términos generales, los resultados de la Auditoría, las condiciones de definición de la línea base y el rendimiento que se garantiza, el contrato debe incorporar la forma en que se van a realizar la Medición y Verificación de los Ahorros.

3.2.2.4. Implementación de las MAEs. Puesta en servicio

- * Elaboración del proyecto de ingeniería.
- * Ejecución de las MAEs - Construcción.
- * Puesta en marcha de las instalaciones.

3.2.2.5. Operación y mantenimiento

- * Gestión de los suministros energéticos.
- * Operación de las instalaciones.
- * Mantenimiento preventivo y correctivo.
- * Medición y Verificación Periódica de los Ahorros.

Se debe profundizar en dos detalles que, a todas luces, resultan vitales en lo descrito anteriormente, la determinación de la Línea Base de consumo y el Protocolo de Medición y Verificación.

En una relación contractual donde se va a remunerar en base al rendimiento resultante de la implementación de unas propuestas de mejora, la forma de verificar dichos resultados es un punto clave.

Existen **Protocolos de Medición y Verificación** de uso extendido y resultados contrastados en diversos mercados. Los más conocidos son los de la Agencia de la Energía de Estados Unidos (Department of Energy – DOE) y los de la Efficiency Valuation Organization (EVO).

Todos suelen funcionar de una manera similar. Durante el proceso de Auditoria se establece en función de unas condiciones de proyecto definidas con el cliente (uso, ocupación, climatología, etc.) la **Línea Base de Consumo**. Esta línea resultará de una gran utilidad para determinar un modelo de la instalación.

Periódicamente, según se establezca en el contrato, se realizará la **medición** de los consumos reales de energía después de la implementación de las medidas y se **verificará** (mediante el modelo establecido) qué consumo habría tenido la instalación si no se hubiese realizado dicha implementación. La diferencia entre el valor medido y el verificado es el **ahorro real**. El cálculo del **rendimiento real** es inmediato.

En el contrato se debe establecer cómo se modifica la línea base de consumo y el modelo si se producen cambios en las condiciones de proyecto definidas.

En el gráfico de la Fig. 3 se representa cómo se miden y verifican los ahorros, según lo descrito.

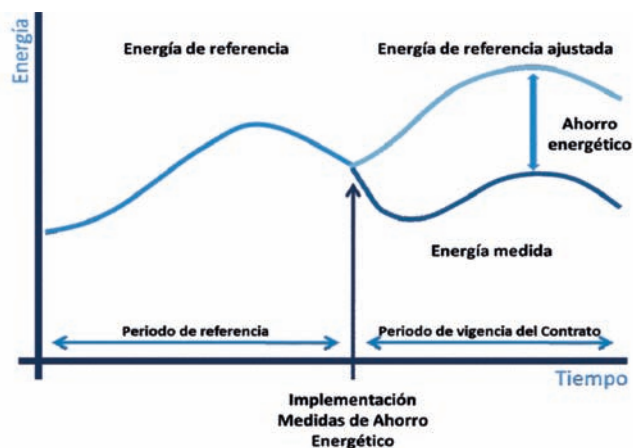


Figura 3. Medición y Verificación de los Ahorros (fuente EVO).

3.2.3. Inversión y financiación de las MAEs

Al contrario de lo que ocurre en el resto del Mundo, en España el RDL 6/2010 incluye como uno de las prestaciones que integran los Servicios Energéticos la realización de las Inversiones Materiales.

Esto supone que en nuestro mercado, al menos en los proyectos del sector público, el segundo riesgo económico que asumiría la ESE es el de la Inversión.

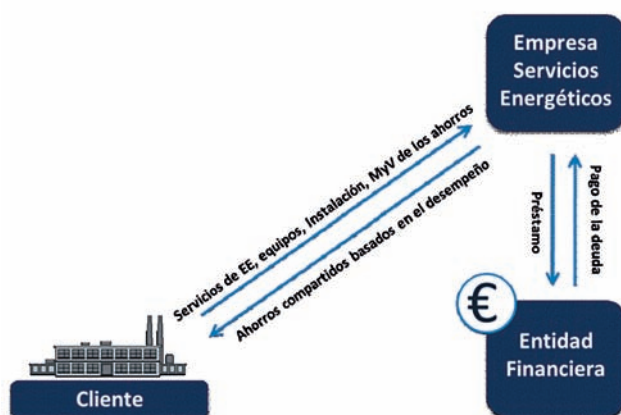


Figura 4. Esquema de financiación en el modelo de Ahorros compartidos.

Este modelo de financiación, como se ha mencionado, adoptado en España por el RDL 6/2010 y en los concursos con la Administración General del Estado, se denomina modelo de **Ahorros Compartidos** y supone que la ESE soporte la carga de financiación de los proyectos.

En realidad, existen diversos modelos de financiación de las inversiones y no siempre (más bien prácticamente nunca) esta recae en las espaldas de la ESE.

El modelo más habitual sería aquel en el que la entidad financiera mantiene una relación directa con el cliente-propietario del proyecto. En este caso la ESE realiza la búsqueda del financiador, implementación de las medidas, su operación y mantenimiento así como la Medida y Verificación de los ahorros. El valor añadido de la ESE se encontraría en la garantía del rendimiento que la entidad financiera consideraría como garantía del retorno de la inversión en las condiciones de proyecto. Este modelo se denomina de **Ahorros Garantizados**.



Figura 5. Esquema de financiación en el modelo de Ahorros Garantizados.

Entre estos dos modelos extremos existe gran diversidad de modelos intermedios en los que normalmente la ESE asume la inversión durante un tiempo hasta que se cumplen una serie de condiciones prefijadas y, posteriormente, el cliente se subroga en la financiación.

Seguramente este sea uno de los aspectos más diferenciadores en lo que debe ser una ESE, no solo por su capacidad financiera o capacidad de inversión, sino por la experiencia y credibilidad que debe aportar para que la garantía de los rendimientos sean aceptados por las entidades financieras.

3.3. Los Servicios Energéticos como gestión integral de actividades (servicios)

La definición del RDL 6/2010 transcrita al principio habla de un conjunto complejo y diverso de prestaciones integrados dentro de una actividad única, los Servicios Energéticos.

Esta concepción de los Servicios Energéticos tiene toda la lógica y coincide plenamente con la forma de actuar en otros países.

Las ESEs realizan proyectos complejos (Proyectos de Eficiencia Energética) y para ello asumen el riesgo de la garantía del rendimiento y, en ocasiones, la financiación.

Esto requerirá la participación de una gran diversidad de profesionales que participarán en cada una de las fases del proyecto realizando tareas concretas y definidas.

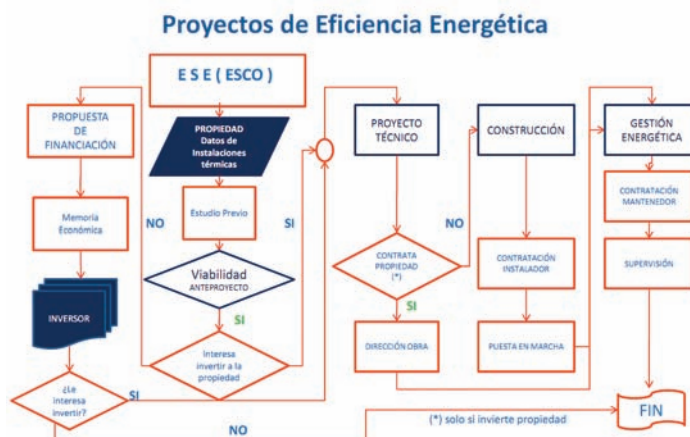


Figura 6. Diagrama de Flujo de los Proyectos de Eficiencia Energética.
Fuente: Ameresco.

La ESE aglutinará todos esas prestaciones constituyendo un interlocutor único ante el cliente tal y como se muestra en la figura 7.

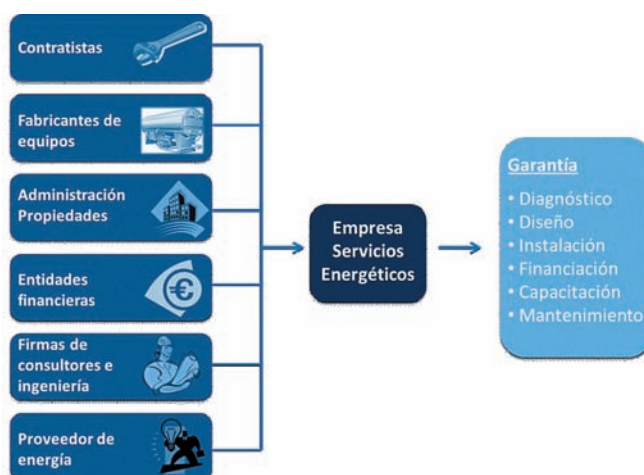


Figura 7. Integración de actividades por parte de la ESE.

El Valor añadido de la ESE se encuentra en la integración de todas esas actividades aportando al tradicional enfoque funcional el objetivo de la mejora de la Eficiencia Energética.

3.4. Conclusiones

Tras todo lo expuesto se puede concluir lo siguiente:

1. Las ESEs son empresas que suministran a sus clientes un conjunto integrado de prestaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de sus instalaciones.
2. El valor añadido de las ESEs se encuentra en la Garantía de los Rendimientos.
3. La financiación es una prestación que puede estar integrada en el servicio.

El sector público español ha incluido la financiación como una prestación obligatoria lo que añade al perfil de las ESEs como expertos energéticos el de solvencia financiera.

El sector público tiene un gran potencial. En España las distintas Administraciones están creando un marco adecuado para su desarrollo.

3.5. Casos reales

3.5.1. Distrito escolar del condado de Washoe (EE. UU.)



El proyecto realizado por Ameresco incluye trabajos de reforma en 87 edificios del distrito escolar, mediante el modelo de Contrato de Garantía de Rendimientos (ESPC), incluyendo las siguientes medidas de ahorro energético (MAEs):

Iluminación: Sustitución de los sistemas de iluminación en la práctica totalidad de los edificios con actuaciones tales como:

- * Sustitución de balastos electromagnéticos T-12 por balastos T-8 de tecnología electrónica.
- * Sustitución de lámparas incandescentes por lámparas compactas fluorescentes.
- * Instalación de señalizaciones luminosas con tecnología LED.

Reposición de trampas de vapor: Cambio de las antiguas e ineficientes trampas de vapor mecánicas por trampas de vapor de placa de orificios, sin partes móviles y con menor índice de fallos lo que se traduce en menores consumos en las calderas.

Sistemas de Automatización y Control: Incorporación de sistemas totalmente nuevos en dos colegios y actualización o ampliación vinculada a muchas otras sustituciones de equipos.

Ahorros en el consumo de agua: Incorporación de dispositivos ahorradores: Perli-zadores, economizadores, pulsadores, temporizadores,...

Máquinas «vending»: Instalación de tecnología «Vending Misen» en 168 máquinas de vending refrigeradas distribuidas por todo el distrito. Estos dispositivos de control paran los equipos en ausencia de gente mediante detectores de presencia, reduciendo la carga significativamente.

Compactadores de basura: Instalados en más de 16 colegios.

Calefacción: Sustitución de calderas de gasoil por gas natural en 4 colegios (con sus correspondientes quemadores) eliminando los depósitos de almacenamiento de combustible.

Equipos de climatización «rooftop»: Sustitución de equipos de climatización rooftop ineficientes.

Variadores de velocidad: Sustitución de regulación de compuertas por variadores de velocidad en el ventilador de varios climatizadores para regular sistemas de caudal de aire variable (VAV).

Ventilación: Mejoras en los sistemas de renovación de aire exterior para minimizar las pérdidas energéticas en invierno.

El proyecto consigue unos ahorros anuales globales de más de 600.000 € en los costes energéticos.

3.5.2. Distrito escolar de Kawartha Pine Ridge (Canadá)



Kawartha Pine Ridge District School Board (KPRDSB) en la provincia canadiense de Ontario tiene un parque de edificios donde el 60% de ellos tiene más de 30 años de antigüedad. Para implementar un proyecto global de eficiencia energética decidió darle un enfoque estratégico, estableciendo un contrato con Ameresco.

El alcance de los proyectos abarcaba:

- ✱ Instalación de balastos electrónicos y luminarias T8 en 45 edificios.
- ✱ Dispositivos de ahorro de agua en lavabos, inodoros y urinarios de 48 colegios.
- ✱ Sustitución de calderas antiguas en cinco escuelas secundarias y conversión de gasoil a gas natural en otras cinco escuelas.
- ✱ Sistemas de renovación de aire exterior con recuperación de calor.
- ✱ Modificaciones en los sistemas de climatización, sistemas de automatización y control y medidores.

Los costes de inversión han sido de 4.150.000 € resultando en unos ahorros anuales de 363.000 €.

3.5.3. Distrito escolar de Ottawa-Carleton (Canadá)



En otoño de 1998, la Dirección del Distrito Escolar de Ottawa-Carleton se enfrentaba al siguiente dilema: cómo podía modernizar y mejorar los activos físicos de sus viejas escuelas, con presupuestos cada vez más ajustados y escasez de recursos que hacían inabordable cualquier pro-

yecto que exigiese una mínima inversión de capital. La Dirección contrató a Ameresco para implementar medidas de eficiencia energética en sus instalaciones que permitieran reducir su factura energética anual de más de 8,5 millones de €.

La primera fase del Proyecto de Eficiencia Energética comenzó en el verano de 1998 sobre un conjunto de 76 colegios. Las medidas incluyeron:

- * Sistemas de control y automatización de edificios.
- * Alumbrado.
- * Aislamiento de la envolvente de los edificios.
- * Dispositivos de ahorro de agua.
- * Sustitución de calderas: Reposición de calderas de gasoil o eléctricas o de gas de baja eficiencia por calderas de gas natural de alta eficiencia.

Los datos económicos principales del proyecto son:

- * Costes de inversión de 10,3 millones de €.
- * Ahorros anuales de 1,35 millones de € en costes energéticos.
- * Reducción de los consumos energéticos y emisiones de CO₂ en un 30%.

3.5.4. Universidad Estatal de Colorado (Pueblo, CO) (EE. UU.)



El campus de la Universidad Estatal de Colorado en Pueblo acoge a más de 4.000 estudiantes en una superficie de más de 1 km². En Julio de 2004 la Universidad firmó un Contrato de Garantía de Rendimientos (ESPC) con Ameresco por un importe de 4,35 millones de €. Los ahorros totales obtenidos fueron 330.000 € anuales (por encima del plan).

Los servicios suministrados abarcaron el diseño, ejecución, financiación, formación, medición y verificación.

Las medidas de ahorro energético implementadas incluyeron:

- * Descentralización de la Central Térmica.
- * Tres nuevas enfriadoras.

- * Cuatro nuevas torres de enfriamiento con ionización.
- * Mejoras en la iluminación y el sistema de automatización y control.
- * Cubrimiento y climatización de las piscinas.
- * Controladores para las máquinas «vending».
- * Dispositivos de ahorro de agua.

Se consiguió una gran reducción en la necesidad de trabajos de mantenimiento correctivo pudiendo invertirse los recursos humanos en mantenimiento predictivo.

Sistemas de ahorro de agua y energía en centros docentes

4.1. Introducción

Por desgracia, sólo nos acordamos del agua cuando nos la cortan o se realizan medidas de urgencia o sensibilización por la grave situación por la que se atraviesa; como en la última sequía de los años 2004-2005, donde incluso se llegó a legislar sobre las actuaciones en la materia y acometer medidas de urgencia por valor de más de 321 millones de euros por parte del gobierno central e ininidad de actuaciones por parte de los gobiernos autonómicos y municipales.

Por el artículo 45 de la Constitución Española, se atribuye a las Administraciones Públicas la función de velar por una utilización más racional de los recursos naturales, como lo es el agua, patrimonio natural.

Por otra parte y debido a los elevados precios de la energía, cada vez más, nos vamos dando cuenta de que realmente ésta escasea y los costes de los recursos energéticos, son cada vez más altos y más difíciles de conseguir.

Sin embargo, no somos conscientes que el agua también escasea, y que tanto directivas internacionales como leyes y ordenanzas municipales cada vez hacen más hincapié en la necesidad de proteger, cuidar y mimar este recurso natural.

También es obvio, que a base de insistir y de realizar programas publicitarios o informativos sobre el tema, está creciendo mucho la sensibilidad en materia de eficiencia hídrica y energética. Pero en cuanto llueve o llega el invierno se nos olvida que los recursos son limitados y las ciudades no son capaces de ser abastecidas por el elevado y desmesurado consumo que éstas demandan.

El agua es un elemento vital para nuestra vida y la lucha contra todo esto, parte de una buena base educativa, por lo que habría que aprovechar el potencial que tienen los centros educativos (*Agenda 21 Escolar*), no sólo para ser un espejo de centros eficientes (*pues están pagados con dinero público*), sino también

como punto referencial para sensibilizar, educar, adiestrar a nuestros jóvenes, es vital para el futuro y el crecimiento sostenible de nuestra sociedad.

Por lo que contar con edificios, instalaciones y centros docentes, donde el respeto al «uso y disfrute racional del agua y la energía», sea una de las prioridades de sus direcciones o gerencias, posibilitará, no sólo, una reducción de costes para el heraldo público, sino también una garantía para la sociedad, donde sus nuevas generaciones habrán observado, aprendido o asumido roles de respeto para hacer el mejor uso posible de los recursos naturales, entre los que el agua y la energía representarán, el mayor reto de la sociedad universal para el futuro de la humanidad.

Por último y antes de ahondar en la materia sobre lo que se puede hacer para reducir y optimizar los consumos de agua y energía en estos centros educativos, hay que ser conscientes de que la vinculación existente entre el consumo del agua y la demanda de energía, está demostrada desde hace mucho tiempo, pero hoy en día, todavía muchas personas no terminan de comprender la relación existente entre una y otra. Un simple ejemplo de cuando nos lavamos, duchamos, etc. lo hacemos con agua caliente, o cuando nos la presurizan para llegar a cualquier vivienda o edificio, necesitamos la energía para poder disfrutarla, por lo que si ahorramos agua, estaremos paralelamente disminuyendo el consumo de energía, casi en la misma proporción.

4.2. Datos sobre el agua

Por desgracia, de las aparentemente inagotables reservas de agua de la Tierra, solamente se pueden emplear, de forma eficiente, pequeñas partes para la producción de agua potable.

El 97% de las existencias de agua de la Tierra, corresponde al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares. De manera que, sólo queda aproximadamente el 0,5% de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Si bien es cierto que disponemos de tecnologías para desalar dicha agua, el elevado coste y la demanda energética necesaria para realizar dicha acción hace que resolviendo un problema se esté generando otro.

Los expertos calculan que en un futuro, el coste que acarreará el despliegue técnico para la producción de agua potable, aumentará el precio considerablemente.

Según el último estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), respecto al consumo realizado en España en el pasado 2008, publicado el 20 de julio de 2010, se obtiene que, durante ese año en España se dispuso de 4.941 Hm³ de agua de abastecimiento público urbano *(un 5,77% más que el año anterior)*.

Durante el año 2008 en España se suministraron a la redes públicas de abastecimiento urbano 4.941 hectómetros cúbicos (Hm³) de agua. Tres cuartas partes de esta cantidad (3.732 Hm³) se registró como agua distribuida para el consumo de los hogares, de los diversos sectores económicos *(industria, servicios y ganadería)*¹, así como para los consumos municipales, con una disminución del 1,2% respecto al año 2007.

En el caso de los hogares, el consumo de agua potable ascendió a 2.540 Hm³, con un descenso del 0,2% respecto al año 2007.

Las pérdidas reales de agua en las redes públicas de abastecimiento urbano por fugas, roturas y averías se estimaron en 820 Hm³, lo que supuso el 16,6% del total de agua suministrada a dichas redes.

La Comunidad de Madrid viene disminuyendo su consumo desde el año 2004 por debajo de la media nacional, situándose en la actualidad en 144 litros por habitante y día, un 6,49% menos que la media nacional y el año 2008 ha sido el más bajo de su historia *(un 4% menos que el año anterior)*.

En la siguiente tabla podemos ver la evolución del consumo por comunidades autónomas en los 7 últimos años *(con los últimos datos oficiales del INE)*.

¹ Se excluye del ámbito de esta encuesta el agua usada en la agricultura de regadío, que según la encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario 2008 ascendió a 15.313 Hm³.

Tabla 1. Consumo medio en los 7 últimos años por habitante y día en España, en Litros/minuto.

Región	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
C. F. de Navarra	131	126	128	134	144	152	148
Ceuta y Melilla	133	135	140	139	142	139	146
Islas Baleares	139	136	150	139	142	130	127
Cataluña	139	151	150	162	174	183	182
País Vasco	139	125	129	140	150	149	147
C. de Madrid	144	150	148	159	171	166	166
Galicia	146	142	159	152	155	143	131
Aragón	150	143	150	153	162	169	170
La Rioja	151	152	148	145	141	136	140
Castilla y León	153	154	147	160	172	168	155
España	154	157	160	166	171	167	164
Castilla-La Mancha	155	163	166	174	179	184	185
Andalucía	157	158	176	195	189	184	184
Canarias	157	154	141	145	147	135	134
Extremadura	158	187	183	173	178	163	165
R. de Murcia	159	166	166	162	161	149	146
P. de Asturias	177	185	184	180	172	161	158
Cantabria	188	189	201	191	187	185	182
C. Valenciana	189	186	185	171	178	163	158

A continuación podemos ver gráficamente los datos anteriores, respecto al último año, según datos oficiales del INE, publicados en julio de 2010:

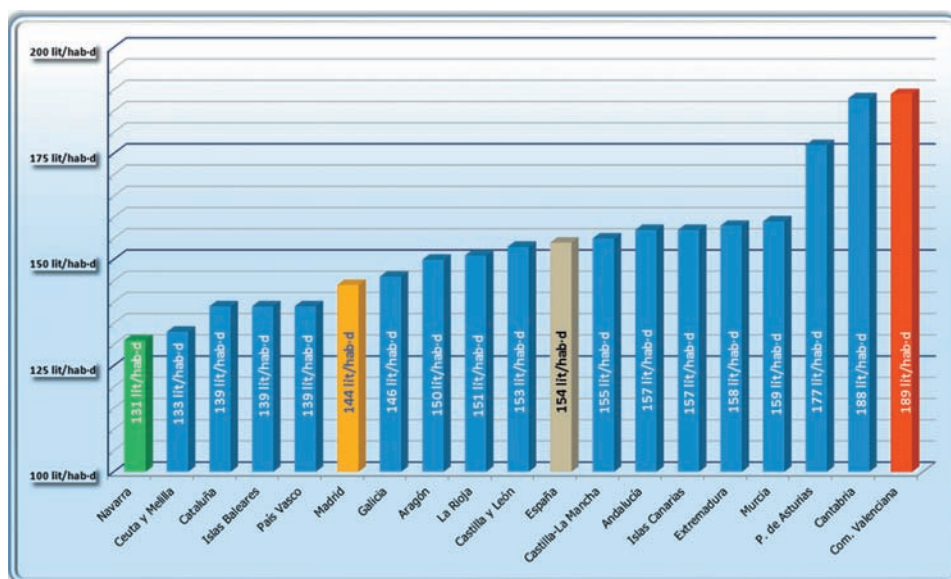


Figura 1. Consumo medio por persona y día, por Comunidad Autónoma, en el año 2008.

En cuanto a los costes del agua en España, en la siguiente gráfica, se puede apreciar las diferentes formas de gestión y diversas políticas en cuanto al coste de la misma, ya que si bien algunas zonas tendrían justificación por la existencia de reservas debido al índice pluviométrico, esto no es así.

Son los ayuntamientos los que marcan la forma de tarificar el coste del agua, lo que provoca que en algunas ciudades, respecto a otras con tan sólo unos kilómetros de separación, tengan desproporciones en el coste de hasta un 300% de diferencia.

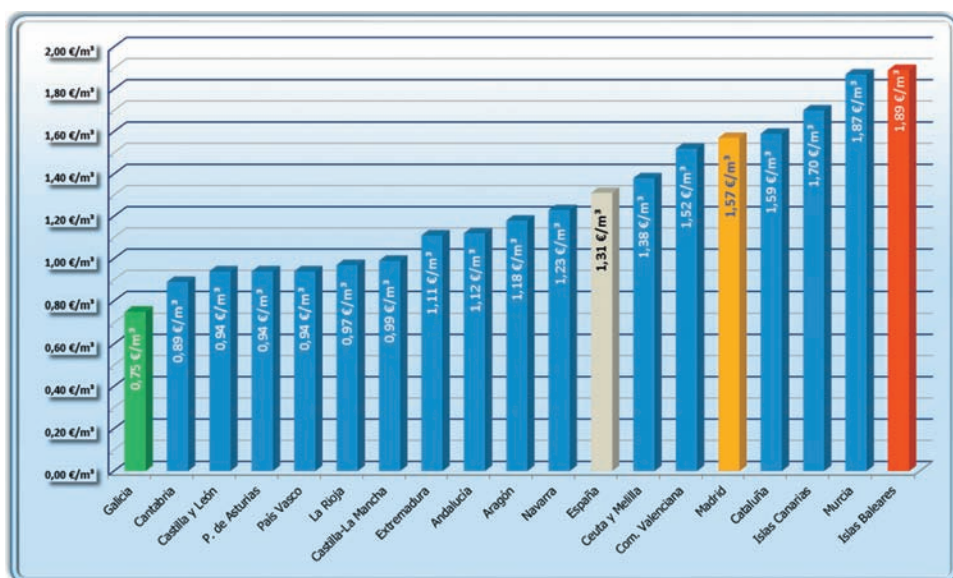


Figura 2. Precio medio del agua en España, año 2008, según última estadística publicada del INE.

En cuanto al consumo energético del agua, si se consideran las últimas tesis planteadas por distintos especialistas, profesionales y profesores de universidades, podemos hacernos una idea del vasto desconocimiento de la sociedad, respecto al consumo energético de la demanda del agua.

El autor, colaborador en uno de los primeros análisis de cálculo para establecer un método que cuantificara las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, derivados del consumo de agua (*Proyecto AECO₂*), plantea y formula a continuación, con un ánimo de simple propuesta para el debate un ratio de demanda de energía por metro cúbico de agua, basado en el ciclo integral del agua.

En éste, se considera la energía utilizada para producir, bombear, tratar y distribuir el agua por la red, así como el posterior calentamiento, acumulación y bombeo del circuito de ACS, valorando la energía implicada en el transporte y bombeo del agua residual para, como última etapa, depurar y volver a cauce un metro cúbico de agua.

Al final, se obtiene que por metro cúbico de agua, la energía demandada es del orden de **14,42 kWh**. Si lo traducimos a datos de CO₂, tendríamos unos **7,06 Kg de CO₂²**.

² CO₂: Valor que sale de utilizar un valor medio de las posibles energías disponibles en el calentamiento del agua en caldera, más el porcentaje de electricidad utilizada = 490 gr/kWh.

Esta tesis es más conservadora que otras, como la del Ente Público del Agua de la Región de Murcia, que cifra las emisiones de CO₂ en 14 Kg de CO₂ por m³ de agua.

La demanda de energía en el ciclo integral del agua, es realmente alta. Por lo tanto, si ahorramos agua, estaremos ahorrando energía en la misma medida y disminuirémos las emisiones de gases de efecto invernadero, medidos en función del CO₂, como gas predominante en la protección del efecto invernadero.

Tabla 2. Estimación de la demanda energética por metro cúbico de agua en su ciclo integral.

Consumo energético medio en la producción de agua¹:		1,17 kWh/m³
Aguas Superficiales		
1,10 kWh/m ³	80,0%	de la producción
Aguas Desaladas:		
4,00 kWh/m ³	0,0%	de la producción
Aguas Trasvasadas:		
3,50 kWh/m ³	0,0%	de la producción
Aguas de acuíferos subterráneos :		
1,45 kWh/m ³	20,0%	de la producción
Consumo energético medio en la distribución de agua²:		0,93 kWh/m³
Agua adicional por pérdidas en la red de distribución	<i>(% medio estadístico nacional, INE 2008)</i>	
0,80 kWh/m ³	16,5%	
Consumo energético (distribución y consumo)³:		9,41 kWh/m³
0,00 kWh/m ³	5,0%	Agua consumida sin esfuerzo energético <i>(conexiones directas)</i>
0,04 kWh/m ³	95,0%	Agua consumida mediante acumulación y posterior bombeo
Distribución de la demanda		
0,00 kWh/m ³	54%	Consumos técnicos sin consumo energético <i>(riego, baldeo,...)</i>
0,00 kWh/m ³	0%	Consumos en climatización <i>(torres de refrigeración, p.ej⁴)</i>
		0,04 kWh/m ³ Esfuerzo en bombeo, distribución, recirc.
9,37 kWh/m ³	46%	Consumo sanitario
0,00 kWh/m ³	65%	Consumo de AFCH <i>(Agua Fría de Consumo Humano)</i>
20,37 kWh/m ³	35%	Consumo de ACS <i>(Agua Caliente Sanitaria)</i>
20,35 kWh/m ³		58,15 kWh/m ³ Esfuerzo de calentamiento <i>(1,163x ΔT; ΔT=50⁵)</i>
0,00 kWh/m ³		0,00 kWh/m ³ Esfuerzo energético en intercambio
0,00 kWh/m ³		0,00 kWh/m ³ Esfuerzo energético en acumulación
0,01 kWh/m ³		0,04 kWh/m ³ Esfuerzo en bombeo, distribución, recirc.
Consumo energético medio en el transporte de aguas residuales (redes de saneamiento)⁴:		1,11 kWh/m³
1,30 kWh/m ³	15,0%	Agua consumida a descontar del proceso global
Consumo energético medio en el proceso de depuración⁵:		1,80 kWh/m³
1,80 kWh/m ³	Según tratamientos convencionales	
Energía total consumida por metro cúbico de agua		14,42 kWh/m³
por kilo de CO₂		7,06 Kg. CO₂/m³

¹ Fuente: Ente Público del Agua (Murcia); Asignación Aguas, CYII.

² Fuente: Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos de la UPV.

³ Fuente: Estudios de D. Luis Ruiz Moya, Director Gerente del Grupo TEHSA.

⁴ Fuente: Ente Público del Agua (Murcia).

⁵ Fuente: Ente Público del Agua (Murcia).

4.3. Otros conceptos a tener en cuenta

En los centros de educación, ya sea infantil, primaria o secundaria, hay muchos y variados enfoques importantes a la hora de plantearse la eficiencia de las instalaciones, desde los de acotar los consumos de agua: agua de aporte como materia prima en procesos alimenticios, agua técnica de refrigeración, humectación o climatización, limpiezas, ACS (*en adelante, agua caliente sanitaria*) y AFCH (*en adelante, agua fría de consumo humano*), o incluso riegos eficientes, etc., hasta la recuperación y reutilización de aguas pluviales, o aumento de la superficie de xerojardinería.

De entre los mencionados, este capítulo se centrará especialmente en el consumo de ACS y AFCH, pues son los comunes a cualquier tipo de centro educativo, e incluyen un componente importante, que es el consumo energético para su calentamiento, que aunque pueda parecer porcentualmente bajo, su coste puede quintuplicar el coste del agua, resultando un gasto importante en este sector.

Una guía, como esta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de centros públicos o privados, escuelas, etc., nos fuerza a enfocar el tema desde una perspectiva reducida, pero generalista, con consejos generales y con actuaciones concretas y polivalentes para el sector, no pudiendo profundizar por la cantidad y variedad de posibilidades, técnicas y equipos.

Adicionalmente y desde el mes de julio del año 2006, está en vigor en el municipio de Madrid, una ordenanza que obliga a cualquier establecimiento industrial, comercial o de servicios cuyo consumo sea igual superior a 10.000 m³ anuales, a disponer de un Plan de Gestión Sostenible del Agua que contenga las proyecciones de uso, la identificación de áreas para la reducción, reciclado, reutilización de agua o aprovechamiento de aguas pluviales y las medidas de eficiencia a aplicar, en el que se especifiquen las metas de conservación y el cronograma de actuaciones previsto.

Además, para cualquier inmueble, cualquiera que sea su uso, será obligatoria la instalación de sistemas de fontanería economizadores de agua o de reducción de caudal en grifos, duchas y cisternas. Además, en edificios de uso público será obligatoria la instalación de temporizadores en los grifos o bien de griferías electrónicas en las que la apertura y cierre se realiza mediante sensores de presencia que permitan limitar el volumen de descarga a un litro.

Las duchas deberán disponer de griferías termostáticas de funcionamiento temporizado. Asimismo, los inodoros deberán estar dotados de grifería de tiempo de descarga temporizado de tipo fluxor o similar y los urinarios de grifería automática con

accionamiento a través de sensor de presencia. En cualquier caso, los volúmenes de descarga se ajustarán a valores mínimos, garantizando el correcto funcionamiento.

No sólo la localidad de Madrid dispone de normativas de uso y gestión sostenible del agua, infinidad de ayuntamientos como el de Alcobendas (pionero en España), Alcalá de Henares, Collado Villalba, Torreldones, etc. disponen de normativas similares, y en estos últimos días se están realizando acciones y actuaciones para animar al ciudadano a cuidar y hacer un uso racional del agua.

Cada vez más, la sociedad, las autoridades e instituciones, van acotando los excesos de consumo, pues el hecho que el agua resulte barata, no quiere decir que dispongamos de ella sin ninguna limitación y cada día iremos viendo cómo el estado, las comunidades autónomas y sobre todo las corporaciones locales, legislan a favor del crecimiento sostenible y el mantenimiento de los recursos naturales para garantizar las futuras generaciones.

Se dispone de muchas opciones cuando se habla de ahorrar agua y energía, y esto ha de hacerse considerando infinidad de factores, desde la formación del personal y/o considerando los proyectos en su fase de diseño, a la realización de auditorías de hidroeficiencia, predominando un mantenimiento preventivo en vez de correctivo y la implementación de medidas correctoras en aquellos puntos que son significativos.

Pero la primera decisión de «hacer algo» suele venir precedido de haber tenido algún problema, avería, incremento de costes en la facturación, toma de conciencia de algún responsable del centro o por exigencia de la administración. La decisión de realizar un plan o un programa de reducción del consumo, conlleva el planteamiento de distintos objetivos, entre los que se podrían destacar los siguientes:

- ✱ Disminuir el agua requerida en procesos, optimizando la utilización de la misma.
- ✱ Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo la energía utilizada para calentarla, etc. y disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la sostenibilidad.
- ✱ Cumplir la legislación medioambiental en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- ✱ Obtener una mejor imagen pública del centro docente, lo que lo posiciona y diferencia del resto de la oferta del gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores, como signo de calidad y responsabilidad.
- ✱ Y por último, la reducción de costes, permitiendo un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas más necesitadas.

Si nos lo exige la normativa, deberemos realizar un Plan de Gestión, los puntos mínimos a desarrollar se muestran a continuación:

«Plan de Gestión Sostenible del Agua»

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

- * Antecedentes y datos del edificio.
- * Distribución de la demanda por usos.
- * Estudio de dotaciones por unidad de consumo y día.
- * Compromiso de la dirección.

DESCRIPCIÓN DE REDES Y ZONAS CONSUMIDORAS DE AGUA

- * Acometidas y redes de distribución.
- * Uso sanitario.
- * Zonas verdes.
- * Piscinas.
- * Baldeo.
- * Instalaciones contra incendios.
- * Otros consumos de agua.

RECUPERACIÓN DE PLUVIALES

VERTIDOS

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

- * Estructura, responsabilidades y organigrama.

PLANIFICACIÓN

- * Puntos de control de la demanda.
- * Red de saneamiento.
- * Programación.

IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

- * Estructura y responsabilidades.
- * Formación, sensibilización y compromiso profesional en el uso responsable del agua.
- * Comunicación.
- * Gestión del proceso y evaluación de proveedores.
- * Control operacional y plan de emergencia.
- * Control de la documentación.

COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

- * Control, gestión y seguimiento de los recursos y vertidos.
- * No conformidades y acciones correctivas y preventivas.
- * Registros, auditorías y revisiones.

CRONOGRAMA DE ACTUACIONES y CUADRO DE INVERSIONES

ANEXOS, PLANOS, CERTIFICADOS,...

Este documento sentará las bases de actuación, planificará los recursos y posibilitará lograr los objetivos planteados en eficiencia y ahorro, estableciendo los controles adecuados y las posibles desviaciones, en los plazos marcados, recomendándose marcar la vigencia del mismo, que podría ser de unos 4 años.

4.4. Acciones generales para ahorrar agua y energía

Dentro de la infinidad de posibles acciones y temas a considerar, a continuación, se detallan algunos de los más importantes:

- * En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como AFCH, a la hora de plantear reformar o modificaciones en zonas húmedas, se considerará la eficiencia como el parámetro vinculante, además de su diseño o la ergonomía de uso, utilizando los avances técnicos que en ese momento existan (*tecnologías BAT*), pues una instalación una vez construida, será para muchos años.

- * Debemos de concienciarnos que es vital la instalación de contadores internos, que permitirán la segregación y control de consumos y detección de fugas, adecuando los diámetros de éstos a las demandas reales y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.
- * Considerar la adecuación paisajística del entorno y/o de las plantas de interior, dotando a la xerojardinería un peso importante, dando vistosidad a ciertas zonas dónde inicialmente había césped. Uso de plantas autóctonas y sistemas de riego eficientes con programadores y sensor de lluvia, para que no arranque el riego en días de lluvia.
- * El aprovechamiento de pluviales para riego, ya que si no se considera en la fase de diseño o en una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni la canalización de la misma. El agua se puede utilizar en huertos educativos.
- * Selección de equipos electrodomésticos eficientes, y con etiquetaje clase «A, A+, A++», pues está demostrado que la inversión en este tipo de equipos se amortiza rápidamente *(existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60 % menos de agua y un 50 % menos de energía en la categoría «A»)*.
- * Utilizar jabones y productos biodegradables que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y emplear la dosis correcta propuesta por los fabricantes.
- * Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una detección inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías, cada seis meses y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.
- * Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada *(es ilógico disponer de agua caliente en el fin de semana si se cierra el centro, ajustarlas de tal forma que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que el lunes esté preparada para su consumo)*.
- * Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del centro o establecimiento, formando al personal y claustro, para que resuelvan los problemas más habituales que puedan encontrarse, demostrando a los alumnos y visitantes su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.

- ✳ Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.
- ✳ Realizar un plan interno de gestión y uso eficiente del agua y la energía.

4.5. Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua

Este capítulo pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar y de una rápida amortización, en cuanto a ACS y AFCH, se refiere.

Uno de los primeros equipos en los que se piensa es en los **perlizadores**. Los grifos desde hace aproximadamente unos 15 - 20 años, suelen incorporar un filtro para evitar las salpicaduras (*denominados rompeaguas o aireadores*), los cuales se alojan roscados sobre el punto o extremo del grifo por el cual sale el agua.

El perlizador está basado en el «Efecto Venturi» y lo que hace es coger aire apoyándose en la presión del agua, para mezclarlo con ésta y sustituir una parte de la misma por aire. Lo que al practicarlo justamente en el punto de salida hace que el agua contenga unas gotas de aire en su interior (*parecidas a las perlas, de ahí su nombre*), aparentando salir más agua de la que realmente sale.



Foto 1. Distintos tipos de perlizadores «Long Life», machos, hembras y versiones anti-robo.

No todo lo que encontramos en el mercado bajo la denominación de perlizadores lo son. De hecho, la OCU hace una comparativa con los distintos sistemas existentes en el mercado, encontrando equipos que ni siquiera ahorran, por lo que es vital buscar una marca que garantice y certifique tanto los ahorros, como la no pérdida de confort o la merma en detrimento del servicio (Fuente: OCU, reportaje revista Compra Maestra N° 327).

Las ventajas adicionales de los perlizadores son que, no sólo ahorran agua sin merma de confort, sino que además aportan una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-calcáreos, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente, al estar disponibles en casi todos los tipos de rosca.

Estas tecnologías existentes permiten acelerar el agua y ofrecer prestaciones higiénicas adicionales, muy ajustadas a la necesidad y ergonomía de utilización, economizando desde un 50% a un 85% según el caso, aunque en estos casos de ahorros superiores al 65%, se detecta a simple vista, para muchas de las funciones necesarias o sanitarias es más que suficiente o incluso funcionan mucho mejor, pues no salpican y concentran el chorro allá donde se necesita.

En el siguiente gráfico, se puede apreciar las diferencias de caudal según el modelo seleccionado, pudiendo obtener caudales muy razonables desde 2 a 6 litros por minuto, y también podemos ver la diferencia de un aireador o limitador a 8 litros por minuto.

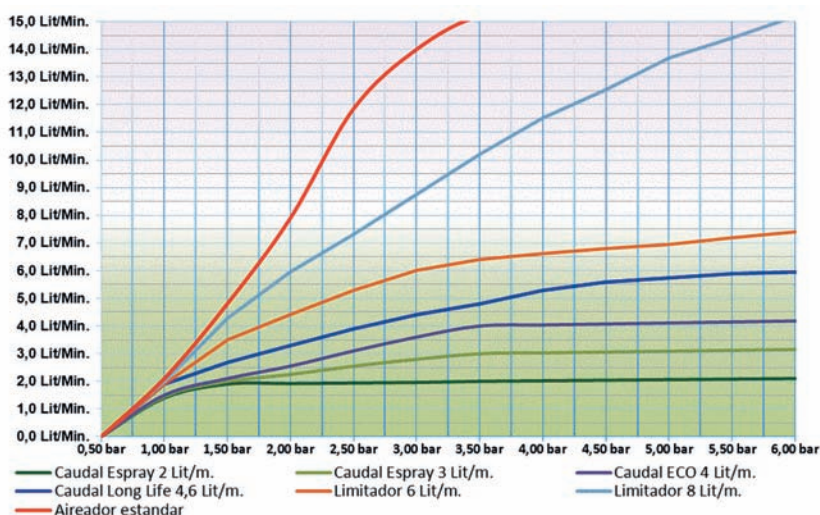


Figura 3. Consumos de aireadores, limitadores y perlizadores economizadores de agua.

Hay que romper una lanza en beneficio de esta tecnología respecto a los rumores que corren en relación a la propagación de la bacteria *legionella pneumophila*, cosa que no sucede. La bacteria viaja y se propaga en micro gotas de agua de 0,50 micras de tamaño, y las burbujas que este tipo de equipos genera son 4-5 veces más grandes por lo que es inviable su propagación.

Respecto a la tecnología temporizada, ésta ha evolucionado bastante, aunque la gran mayoría de los grifos existentes en colegios, institutos y academias, suelen ser grifos temporizados que, si bien sus consumos son razonables, hoy en día podríamos hablar de poder disminuir sus consumos entre un 30 y 70% sobre estos, mediante modificaciones, implementaciones o sustitución del grifo, pudiendo incorporarse los perlizadores.

Otras de las técnicas utilizadas, es la utilización de **reductores o limitadores de caudal**, que ajustan, reducen o limitan el caudal en función de la presión de trabajo, o la taran a un caudal concreto según la presión, utilizándose principalmente en duchas.

4.6. Clasificación y catálogo de soluciones economizadoras

En primer lugar hay que agrupar los distintos tipos de equipos sanitarios más utilizados a nivel de suministro de agua, en dos grandes grupos:

- * Equipos completos, y
- * Accesorios o adaptadores para equipos ya existentes.

Estos últimos, aportan tecnología economizadora al implementarlos sobre grifos ya en uso, teniendo un menor coste y aprovechando el equipo al que se le aplica; mientras que los primeros están pensados para obra nueva o remodelación.

4.6.1. Grifería monomando tradicional

Siendo hoy en día el tipo de grifería más utilizada a nivel global y en especial en los hogares, no suele darse excesivamente en centros públicos, y resulta paradójico, que sea sobre la que más ahorro pueda generarse estadísticamente, ya que es raro no obtener ahorros superiores al 55-60% sobre los consumos existentes.

Este problema está contrastado y demostrado, indicando que más del 60% de los usuarios que utiliza un lavabo en un centro público, lo hace abriendo en su posición central y durante un tiempo medio inferior a 30 segundos, no agarrando la maneta, sino empujándola desde abajo hacia arriba, hasta el final del recorrido, dándole golpecitos hacia abajo, para ajustar el caudal.

4.6.1.1. Maneta de apertura de caudal en dos tiempos o etapas

Está demostrado que más del 90% de las veces que se va utilizar un grifo mono-mando, levantamos la maneta verticalmente hasta su tope, consumiendo el 100% de su caudal, con independencia de la temperatura, la cual siempre se regula tras iniciar el lavado.

Un grifo con un cartucho ecológico, ofrece, a mitad de su recorrido, una resistencia algo superior (*«tope psicológico»*), aunque si se fuerza o vence esa pequeña resistencia ofrece el 100% de su caudal máximo. Esta función hace que ahorremos sin darnos cuenta mucha agua, pues en la gran mayoría de los casos con el 50% de caudal es más que suficiente para lavarnos las manos, la cara, los dientes, etc.

4.6.1.2. Apertura en frío en su posición central

También está demostrado que, por estética, se suele dejar el grifo en su posición central y, por costumbre, abrimos el grifo desde esta posición, demandando un 50% de agua fría y un 50% de caliente, lavándonos en muchas ocasiones con agua fría o templada, no porque así lo queramos sino porque ésta aún no ha llegado a la boca del grifo.

Con los cartuchos ecológicos o termostáticos, el recorrido de la maneta, es de centro a izquierda, por lo que siempre abrimos en agua fría y para templar el agua, o utilizar sólo agua caliente, debemos realizar el giro hacia la izquierda.

Es posible encontrar en el mercado griferías que reúnen todas las características enumeradas anteriormente y a un coste muy razonable, pasando de ser un gasto en una instalación a ser una inversión por los ahorros que puede generar. La inversión media en este tipo de accesorios oscila en torno a los 12 € y existen equipos o griferías que ya lo incorporan con precios por debajo de los 70 €, los cuales incluyen ya los perlizadores, certificando ahorros superiores al 65% del agua.



Foto 2. Explicación gráfica de los cartuchos cerámicos ecológicos, tipo ECOTEL.

4.6.1.3. Implementación de perlizadores

Los perlizadores existen de distintos tipos de rosca y caudal, siendo lo lógico aprovechar la presión de la instalación, para ahorrar lo más posible, ya que a mayor presión mayor ahorro. Los modelos más habituales, son los siguientes:

Tabla 3. Tipos de perlizador, roscas y paso de las mismas.

Minimalista			Standar	
Macho	Hembra	Macho	Macho	Hembra
Escamoteado				
16x100	16x100	18x100	24x100	22x100

4.6.1.4. Eyectores para fregaderos y grifos de vertederos

Aparte de los perlizadores, existe también los eyectores, equipos muy útiles en equipos de fregaderos y vertederos, los cuales poseen dos funciones: *chorro* y *lluvia*, lo que además de mejorar la ergonomía de uso, posibilita llegar con el chorro a cualquier parte del seno o vertedero y además ahorrar agua y energía.

Los costes de estos equipos oscilan entre los 10 y 12 € y garantizan ahorros superiores al 40-50%.



Foto 3. Distintos modelos de eyectores perlizadores.

4.6.2. Soluciones para grifería de volante

Este tipo de equipos está en desuso en obra nueva (*salvo en equipos de diseño minimalista*), aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 18 - 20 años y, aún, se suelen montar en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

Los problemas clásicos de estos equipos, son los cierres inadecuados, por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre, teniendo que apretarlos mucho para que no goteen.



Foto 4. Distintos modelos de monturas cerámicas.

Hoy en día, existen técnicas para reconvertirlos en «ecológicos», siendo mucho más eficaces y economizadores que un monomando tradicional, ya que desde el punto de vista energético, es imposible demandar agua caliente de forma inconsciente.

Esto se puede lograr con la simple sustitución de la montura clásica de zapatas, por otra montura cerámica que permite la apertura y cierre del agua en un sólo cuarto de vuelta, evitando los problemas de apriete y cierre inadecuados y las fugas y goteos constantes.

El ahorro está cifrado en un 10 % del consumo previo, sólo por esta medida, a la vez que se evitan los derroches por cierres inadecuados y goteos.

Lógicamente, si la boca del grifo es roscada, se podrá optimizar adicionalmente con un perлизador y generar buenos ahorros sin necesidad de haber cambiado el grifo.

4.6.3. Griferías temporizadas

La sustitución de una grifería tradicional, ya sea monomando o de volante, por una temporizada es muy habitual en este sector, y si bien es cierto que merecen la pena, no siempre es práctico el cambio, si no se realiza adecuadamente.

Un ejemplo de *mala utilización*, en este tipo de centros, es encontrar lavabos con dos grifos temporizados, uno para el agua caliente y otro para la fría, los cuales sustituyen a grifos de volante antiguos, que generaban problemas de cierre y goteaban o no cerraban.

Esta medida, que a priori parece buena, tiene diversos inconvenientes, ya que su uso no es ergonómico, además de ser derrochadora a la hora de intentar lavarse con agua templada. Al final se sacrifica el confort, haciendo incómoda la utilización e incluso peligrosa, pues una persona abre el grifo de agua caliente y espera a que llegue y pudiéndose quemar si de un calentador eléctrico mal regulado habláramos.

En el mercado hay disponibles grifos temporizados neumáticos con mezclador de aguas, para evitar el problema antes comentado, que garantizan más del 80% de ahorro sobre un grifo tradicional de volante o monomando y que además está diseñado específicamente para aseos públicos, donde aparte de ahorrar, se busque el confort del usuario y la máxima eficiencia, con un diseño moderno y

atractivo, que rompa con el tópico de que todo lo público, ha de ser robusto y por lo tanto que la estética no importa.

Estas griferías se caracterizan por ser de las más eficientes hoy en día, pudiendo seleccionar el caudal de agua suministrado por ciclo a la hora de la compra. Las distintas normativas marcan un caudal de corte a partir del cual podríamos denominar que ya no es ecológico, y, actualmente, este volumen es de 1 litro por ciclo.



Foto 5. Distintos modelos de griferías temporizadas de alta eficiencia.

El 80% del parque existente de grifos temporizados está, cómo mínimo, en 1,75-2,5 litros por ciclo, con temporizaciones de unos 12-15 segundos por ciclo. En la actualidad estos tiempos se han reducido, pues se ha demostrado que un ciclo de lavado es preferible que se interrumpa y se accione el grifo 2 veces, a ofrecer tiempos de 12 - 15 segundos seguidos de suministro de agua, cuando hay un tiempo que no se aprovecha el agua, como mientras nos enjabonamos, por lo que ciclos superiores a 6 - 8 segundos de actuación, no son recomendables, tanto por ergonomía como por eficiencia.

Por otra parte, el caudal de suministro de las nuevas griferías y las tecnologías existentes, nos permiten ajustar o cambiar el perlizador que incorporan, y ofrecer caudales máximos de hasta 0,62 litros por ciclo, un 40% inferiores a lo demandado en las normas y ordenanzas, pero los productos estrella que más se están vendiendo son las versiones ECO y Spray de este tipo de griferías, que ofrecen 0,22 litros por ciclo, nada más y nada menos que un ahorro del 86% del consumo de los equipos más habituales (*un 78% menos de legislado por las normas actuales*).

A la hora de su elección, habrá que tener en cuenta ciertos aspectos:

- ✱ Caudal regulable o pre-ajutable.
- ✱ Incorporación del perlizador en la boca de salida.
- ✱ Temporización ajustada a demanda ($\pm 6''$ en lavabos y $\pm 20 - 25''$ en duchas).

- * Cabezales intercambiables, anti-calcáreos.
- * Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con problemas de vandalismo.

No obstante las griferías temporizadas existentes, también se pueden optimizar sin necesidad de cambiar la grifería, hay un alto volumen de equipos que sustituyendo el mecanismo interior, generan ahorros superiores al 30% de media, con un menor coste, lo que unido a la posibilidad de implementarles los perlizadores antes mencionados, nos pueden ofrecer ahorros muy interesantes como veremos a continuación.

4.6.3.1. Posibilidades de optimización en grifos temporizados

Sobre este equipamiento, y a través de su personal de mantenimiento o de profesionales específicos, se puede optimizar y regular los consumos, minimizando éstos entre un 20 y 40%, pues la gran mayoría de los fabricantes ponen tiempos excesivamente largos a sus equipos, generando hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18 segundos cada una, cuando con una pulsación de 6 segundos sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados y frotado.



Foto 6. Mejoras posibles en griferías temporizadas: cambio del eje de rubí y del aireador.

Si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose simplemente, siendo frecuente ver como el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

En muchos de estos equipos bajar el tiempo de cierre es imposible, salvo que se cambie el eje de rubí (*la pieza que ofrece la temporización al grifo*), existiendo en el mercado compañías especializadas en suministrar este tipo de equipos, bien como piezas sueltas o cabezales completos.

A muchos de estos grifos, se les puede implementar un perlizador en la boca de salida de agua, generando unos mayores niveles de ahorro.

Otra opción que tenemos en el mercado, la cual es de reciente aparición, es convertir un grifo temporizado en uno electrónico mediante la sustitución de su cabezal, con un coste muy inferior a un grifo electrónico.

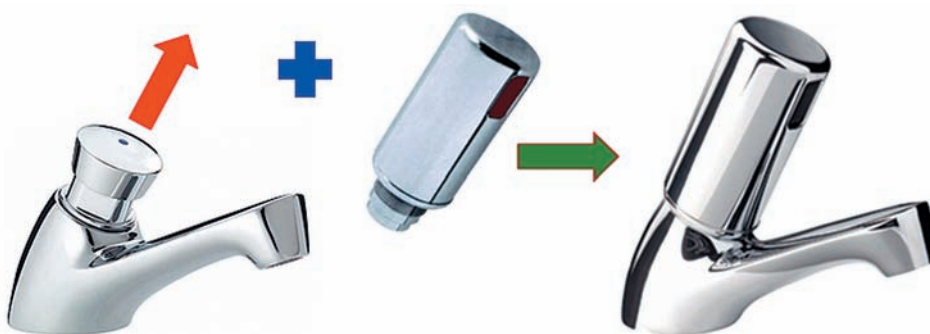


Foto 7. Conversión de un grifo temporizado tradicional en electrónico.

4.6.4. Otras griferías economizadoras de agua y energía

Dentro de las distintas alternativas economizadoras de agua a través de la utilización de grifos específicos diseñados para tal efecto, podríamos destacar:

- a) Los **grifos de detección por infrarrojos**, los cuales basan su ahorro en la detección de las manos o el cuerpo mediante la emisión y detección por el rebote de rayos infrarrojos.
- b) Los **grifos electrónicos temporizados táctiles**. Lo último y más novedoso del mercado, pues aporta características de robustez, anti-vandalismo, temporización, etc. con nuevas funciones como la activación y desactivación

a voluntad, disponiendo de una función temporizada que hace un cierre automático.

- c) **Grifos termostáticos**, los cuales nos aportan, principalmente, ahorro en energía, ya que adecuan y mezclan el agua en las proporciones adecuadas de forma automática, ofreciendo agua a la temperatura demandada por el usuario. El ahorro medio de energía suele ser superior al 18% de media y un 10% de agua adicional, al desaprovechar la mínima posible para obtener las mezclas a la temperatura deseada. Por coste sólo suelen utilizarse en duchas, aunque están disponibles en lavabos, fregaderos, etc.
- d) Mezcla de estas tecnologías. Los más utilizados suelen ser los grifos de infrarrojos termostáticos, donde con un mando seleccionamos la temperatura y él solo activa y desactiva el suministro en función de la presencia del demandante.

4.6.5. Griferías y equipos optimizadores para duchas

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua que sobre la propia grifería. A continuación se detalla ambas opciones.

4.6.5.1. Regaderas, alcachofas y cabezales de duchas

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula, pudiendo dividirse en dos: a) cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y, b) mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo. Las alternativas que se nos pueden presentar son las siguientes, para el caso de cabezales de ducha:

- * Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra eficiente de hidromasaje por turbulencias, que posibilita ahorros de hasta el 60% sobre los equipos tradicionales; siendo menor este ahorro, del orden del 35%, cuando el equipo a sustituir es un equipo pensado para sitios públicos, accionados por un grifo temporizado.
- * Desmontaje del equipo, sobre todo cuando tiene múltiples chorros o tipos de suministro de agua, intercalándole en la toma, un regulador o limitador de caudal, que tara el volumen de agua que deja pasar por minuto, sin sacrificar el confort de la ducha. Los ahorros suelen ser menores del orden del 25%.


En el caso de los mangos de ducha, lo más habitual es sustituirlos por otros, aunque también hay otras opciones:

- ✱ Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35% del agua.
- ✱ Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado; posibilita ahorros del 25% aproximadamente.
- ✱ En grifos de volante, incorporar un interruptor de caudal. Disminuirá el agua durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar una parte ínfima de agua, evitando el enfriamiento de tuberías.
- ✱ Cambiar el mango de ducha por otro ecológico o eficiente, existiendo tres tipos:
 - Los que llevan incorporado un limitador de caudal.
 - Los que la técnica de suministro de agua se basa en acelerar el agua y realizar el suministro con múltiples chorros más finitos y a mayor presión.
 - Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua de hidromasaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60% aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido.

No hay que olvidar que estos componentes son el 50% del equipo, y una buena selección de la alcachofa o mango de ducha, generará muchos ahorros, pero si se combina con un buen grifo, la mezcla será perfecta. Por lo que en función de a qué tipo de servicio va dirigido el equipo, habrá que valorar si se monta en combinación con un monomando, un pulsador temporizado, un termostático, o un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente.

Realizando un repaso y a modo de resumen, tendríamos:


Tabla 4. Soluciones economizadoras para mangos de ducha.



Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados	Imagen del Equipo
Cambio del mango de ducha.	50-60%	

Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados	Imagen del Equipo
Intercalar un limitador giratorio auto-vaciable, entre el grifo y el flexo de ducha. Ahorra agua y energía, vacía el agua contenida en el flexo y la ducha, evitando la <i>legionella</i> .	35-55%	
Intercalar un reductor volumétrico o limitador giratorio entre el grifo y el flexo.	25-45%	
Intercalar un regulador de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15-25%	
Intercalar un interruptor de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15-20%	
Intercalar a la entrada del mango un limitador de caudal (<i>sólo válido para algunos modelos</i>).	15-20%	

Todos estos equipos o accesorios economizadores, son de fácil instalación y de bajo coste, pudiendo el personal de mantenimiento instalarlos sin requerir herramientas especiales (*salvo las versiones antirrobo*).

Tabla 5. Soluciones economizadoras para duchas fijas.

Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados	Imagen del Equipo
Cambio de alcachofa o regadera. Para brazo o fija a la pared.	35-65%	

Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados	Imagen del Equipo
Intercalar un reductor volumétrico o limitador fijo a la entrada.	20-35%	
Intercalar un limitador volumétrico en el tubo o cuerpo de entrada.	15-20%	

Todas estas soluciones pueden combinarse como en el caso anterior con distintos tipos de griferías, aumentando la eficiencia, el ahorro y el confort del usuario.

4.6.6. Grifería para cocinas y torres de prelavado

Además de la utilización de perlizadores en grifería de lavabos y fregaderos, hay que ser conscientes que uno de los puntos de mayor demanda de agua, son las torretas de prelavado o fregaderos de vajilla, donde suele ser muy habitual montar grifos de ducha de alta presión, para retirar los restos sólidos de la comida antes de su pase al lavavajillas o trenes de lavado.

Si bien es cierto que los nuevos lavavajillas reciclan el agua del aclarado anterior para el prelavado del siguiente ciclo, ahorrando mucho agua y energía, no lo es menos, que el parque de este tipo de lavavajillas es muy antiguo y que la retirada de sólidos y prelimpieza de la loza o vajilla, sigue realizándose a mano, con un consumo excesivo, principalmente porque los trabajadores tienen otras preocupaciones mayores que las de ahorrar agua y energía.



Foto 8. Ejemplo de ducha ecológica de prelavado para cocinas.

En primer lugar, es muy habitual encontrar los flexos de las torres de prelavado en muy mal estado, cuando un cambio o mantenimiento de las mismas y de los flexos de conexión, rentabilizan el trabajo, ahorrando agua por fugas o usos inadecuados por parte de los trabajadores. Es muy normal, por parte de los empleados, dejar fija la salida de agua de la pistola o regadera de la torre de prelavado y marcharse a realizar otra tarea, dejando correr el agua hasta que vuelven de nuevo, dejando los utensilios a limpiar debajo de la ducha, acto que hay que evitar por el descontrol de consumos.

Esta actitud está provocada por el exceso de trabajo o la creencia de que mientras los platos se remojan, se puede hacer otra cosa, pero al final se demuestra que no es válida. Por ello se recomienda, eliminar las anillas de retención de este tipo de griferías, con lo que se le obliga al empleado a tener pulsado el gatillo o palanca, para que salga agua y se evita la salida continuada si no se tiene empuñada la ducha. Esto puede llegar a ahorrar más del 40% del agua que se utiliza en esta zona, que por cierto suelen ser grifos que consumen entre 16 y 30 litros por minuto.

Otra opción, muy simple y eficiente, es sustituir el cabezal de la ducha por otro regulable en caudal y ecológico, el cual permite ajustar el consumo del mismo, entre 8 y 12 litros minuto, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.

4.6.7. Urinarios sin agua

Los urinarios públicos son posiblemente uno de los equipos sanitarios más utilizados por los hombres; utilizándose principalmente grifería neumática temporizada, estando prácticamente extendido este uso casi en más del 95% de los casos. Exceptuándose en instalaciones antiguas, donde una cisterna automática, cada cierto tiempo (10'-20'), suministra su contenido para varios urinarios a la vez.

Si disponen de este último caso, han de saber que no existe ningún sanitario que consuma más (*más de 250 m³ anuales*), por lo que su sustitución permitirá reducir en más del 85% sus consumos por mucho que se utilicen.

Hoy en día ya se dispone de urinarios sin agua y estas tecnologías que están basadas en la trampa de olores, permiten utilizar urinarios secos, ya que los orines y los amoníacos que lo componen, quedan atrapados en su mecanismo o sifón, debiendo única y exclusivamente, realizar una limpieza diaria de la loza del mismo, por el personal de limpieza y utilizar un limpiador específico para tal fin.



Foto 9. Urinario sin agua, cartucho y explicación de la trampa de olores.

4.6.8. Técnicas y sistemas de ahorro en vertederos e inodoros o WC

En los inodoros, al igual que en algunos vertederos, es muy habitual encontrar fluxores temporizados, que suministran el agua o la descarga temporizada de ésta para retirar o eliminar los restos aportados a la loza de la misma. El inodoro es el sanitario que más agua consume, aunque por el valor del consumo energético, estén todos los demás por delante de él. Su descarga media estadística suele estar entre los 9-10 litros.

Los inodoros de los aseos de señoras se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, lo que hace que si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto para retirar sólidos, como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 o 25% del agua, del contenido del tanque.

Esta circunstancia hace que toda medida que permita seleccionar si se desea retirar sólidos o líquidos, en función de la utilización realizada, permitirá ahorrar más de 60-70% del contenido del tanque o descarga.

4.6.8.1. Fluxores para inodoros y vertederos

Los fluxores vienen a ser como los grifos temporizados para los inodoros, aunque también suelen montarse en vertederos y tazas turcas. Estos equipos utilizan

el mismo principio de funcionamiento que los grifos temporizados, estando pensados para sitios públicos de alto tránsito.

El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir dados por factores muy concretos; diseño inadecuado de la instalación o variación de la presión de suministro y falta de mantenimiento del propio elemento.

El diseño de una red de fluxores exige líneas de diámetros concretos y cálculos para evitar las pérdidas de carga de las líneas, siendo muy frecuente ampliar o variar éstas, o realizar tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los consumos o presiones sean inestables; en otros casos la presión de suministro aumenta, encontrándonos que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 12-14 litros.



Foto 10. Fluxor tipo y pistón ecológico de optimización.

Otro de los problemas más habituales en estas instalaciones es la ausencia de mantenimiento de los equipos, cuando con un simple desmontaje, limpieza y engrase con glicerinas específicas, quitando posibles obstrucciones de las tomas, puede hacer que el equipo esté como el primer día, ahorrando más del 20% y evitando que el eje o pistón se quede agarrotado y/o por sedimentación que tarde mucho en cerrar el suministro.

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos eco-pistones especiales (*Foto 10*), a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite eco-

nomizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas aumenta.

En la actualidad hay fluxores de doble pulsador, permitiendo la descarga parcial o completa dependiendo de la zona del pulsador que se accione, siendo la solución ideal para obras nuevas o de reforma, y sobre todo en los aseos de mujeres.

4.6.8.2. Tanques o cisternas con pulsador interrumpible

Suelen ser de instalaciones recientes, de unos 8-10 años atrás. Exteriormente no se diferencian de los pulsadores normales, por lo que la única forma de diferenciarlos, sin desmontar la tapa, es pulsando sobre el botón de accionamiento, y nada más iniciarse la descarga y empiece a salir el agua, pulsar hasta el fondo de nuevo.

Si así fuera, la simple instalación de pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto del sanitario, a la vez que se aprovecha para realizar campaña de sensibilización y del interés del centro hacia el medioambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30% del agua que actualmente se utiliza.

4.6.8.3. Tanques o cisternas con tirador

Al igual que el anterior y desde la misma época, algunos de los fabricantes más famosos empezaron a incorporar la posibilidad de que sus mecanismos de tirador pudieran interrumpirse para ahorrar agua, siendo esto muy fácil de reconocer: al tirar de ellos se quedan levantados y para interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo; mientras que si se bajan ellos solos, es señal que el mecanismo no es interrumpible.

Tanto a los que son interrumpibles como a los que no lo son, puede acoplárseles un contrapeso que rearma el sistema automáticamente, provocando el cierre apresurado del mecanismo, engañando al mismo y aparentando haber salido todo el agua del tanque, posibilitando ahorros de más del 60% del consumo habitual.

En cualquier caso siempre es recomendable incorporar pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto, a la vez que se sensibiliza a los usuarios y se mejora la imagen del centro, tanto para explicar los interrumpibles, como si se instalan contrapesos de acero inoxidable para automatizarlos.

4.6.8.4. Tanques o cisternas con doble pulsador

Sin lugar a dudas, la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Aunque por desgracia algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga; hay otros que es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra; incluso existen unos mecanismos, que hay que pulsar los dos botones a la vez.

En resumen, a la hora de seleccionar el mecanismo para un inodoro, habrá que valorar:

- * Que esté diseñado para lugares públicos.
- * La garantía sea larga (*a poder ser, 10 años*), siendo como mínimo de 5.
- * Que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, siendo fácil su uso.

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento, comprueben posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena de más el tanque (*una simple regulación lo resuelve*), bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento (*cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo*).

También será recomendable colocar pegatinas con independencia del modelo que sea por lo anteriormente comentado.



Foto 11. Ejemplo de pegatina para mecanismos de inodoro de pulsador interrumpible.

4.7. Consejos generales para economizar agua y energía

4.7.1. Salas de calderas, calentadores y redes de distribución

- ✱ Las calderas y quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente.
- ✱ Inspeccionar los siguientes puntos de la caldera periódicamente:
 - Luces de alarma.
 - Signos de fugas en las tuberías, válvulas, acoples y caldera.
 - Daños y marcas de quemado en la caldera o chimenea.
 - Ruidos anormales en las bombas o quemadores.
 - Bloqueos de los conductos de aire.
- ✱ La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.
- ✱ Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera, presentando la hoja de ensayos y resultados. El coste puede oscilar entre los 150 y 250 € por caldera.
- ✱ Ajustar las temperaturas para suministrar agua en función de la época del año.
- ✱ Aislar las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.
- ✱ Si se dispone de anillos de recirculación de ACS, medir, verificar y ajustar las proporciones de agua recirculada en los distintos horarios de demanda, garantizando el servicio con el mínimo esfuerzo (*si las puntas son exageradas, implementar un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura*).

4.7.2. Puntos de consumo

- ✱ Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.

- * Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evita olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.
- * Instalar o implementar medidas correctoras del consumo: perlizadores, alcahofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc.

4.7.3. Centro docente y puestos de trabajo de personal administrativo

- * Realizar campañas de sensibilización, transmitiendo tanto a padres o tutores, empleados y al claustro, la preocupación por el medioambiente, lo que les ayudará a mejorar la imagen del centro y disminuirá las facturas de los suministros.
- * Promover una mayor participación en la conservación del medio ambiente por medio de actividades de educación ambiental: Agenda 21 Escolar.
- * Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos.
- * Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas para que los empleados tengan presente cómo actuar ante distintas situaciones.
- * No utilizar el inodoro como «papelera» de cualquier tipo de residuo.

4.7.4. Jardinería y paisajismo

- * El exceso de agua en el césped produce incremento de enfermedades, raíces poco profundas y grandes facturas.
- * No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.
- * La hora ideal para regar debería ser entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana, a esta hora el viento no interfiere en el riego y no hay, prácticamente, evaporación de agua.
- * Diseñar sistemas de riego eficientes: goteo, difusores de corto alcance,...
- * Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma, zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, cactus, crasas y flora autóctona estarían en un grupo con necesidades bajas.

- * Elegir especies autóctonas o alóctonas aclimatadas a la climatología de la zona.
- * La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90%.
- * Uso de hidrogeles que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y a la vez acumulan agua, liberándola hacia las raíces más lentamente.
- * Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

4.7.5. Limpieza de las instalaciones

- * No utilizar las mangueras para refrescar zonas asfaltadas o de cemento, pues si están muy calientes se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura pueden crear problemas de dilatación.
- * Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo. Y promover medidas para ahorrar en el lavado de trapos y uniformes de personal.
- * Realizar la limpieza en seco mediante aspiración, barrido con cepillos amplios, máquinas barredoras automáticas, etc.
- * Si se necesita agua a presión para realizar la limpieza de determinada área será preferible utilizar equipos presurizados de alta presión, que ofrecen más de 140 y 190 bares de presión, con un caudal de agua de menos de 7 a 10 litros por minuto (*sería el equivalente a un grifo*), mientras que una manguera consumirá más de 30 litros por minuto (*más de un 75% de ahorro*).

En resumen, **no hay mejor medida economizadora o medioambiental más respetuosa que aquella que no consume**; limitemos las demandas a lo estrictamente necesario (*no habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume*).

5.1. Introducción

La domótica permite el control de todas las variables presentes en las diferentes partes de una vivienda para su gestión energética, la mejora del confort, la seguridad y las comunicaciones. Esta tecnología, recibe el nombre de inmótica cuando se instala en un edificio del sector terciario, como puede ser un centro escolar, guarderías, institutos o universidades. Los sistemas inmóticos son instalables tanto en edificios nuevos como en existentes.

Los edificios inteligentes son inmuebles que disponen de un mecanismo capaz de interconectar los diferentes sistemas automatizados existentes y garantizar el funcionamiento de éstos de acuerdo con las necesidades del edificio.

Los objetivos básicos de la Inmótica aplicada a centros docentes están dirigidos principalmente al ahorro energético, la seguridad y protección de los alumnos, además de humanizar el trabajo del personal, prolongar la vida útil de los equipos, y aumentar la eficacia y la eficiencia de la gestión del edificio. Sin olvidar que la inmótica facilita la integración en las aulas de escolares con discapacidad.

Una de las grandes ventajas de la instalación de un sistema inmótico es la optimización del ahorro energético. Existen diversos estudios que demuestran que un sistema inmótico adecuado, permite ahorrar entre un 20 % y un 40 % de la energía consumida. Estos datos reflejan que la inversión puede amortizarse en un periodo medio de 3 años.

Además, mediante un sistema inmótico se puede realizar un mantenimiento predictivo, aumentando la eficacia del personal y ahorrando tanto en material como en horas de trabajo. Todas las incidencias técnicas (fallo en un cuadro eléctrico, avería en la sala de máquinas, avería en calderas, ascensores, cámaras frigoríficas y piscinas, inundación en baños, alarma de incendios, de seguridad, etc.) son comunicadas en tiempo real por el sistema, al personal de mantenimiento.

La monitorización de las horas de funcionamiento de máquinas, aire acondicionado y luminarias permiten el mantenimiento predictivo de las mismas.

Los cambios de filtros del aire acondicionado, los cambios de luminarias o las revisiones de las máquinas se realizarán en el instante adecuado, aumentando la eficacia del servicio de mantenimiento. En centros docentes sin sistemas de automatización y control el mantenimiento se hace por periodos de tiempo naturales, no por tiempos de funcionamiento, traspasando esta idea a un automóvil, sería como si un coche fuese revisado por tiempo transcurrido y no por kilómetros realizados. Esta circunstancia supondría que ciertas revisiones se realizarían sin ser necesarias, aumentando el coste del mantenimiento y por el contrario, otras se realizarían demasiado tarde lo que daría lugar a averías.

La inmótica permite que los alumnos crezcan en entornos educativos que transmiten sensibilidad hacia el cuidado del medio ambiente, y que incorporan las soluciones que las nuevas tecnologías ofrecen para mejorar la calidad de vida de las personas.

5.2. Selección de un sistema inmótico adecuado

En un centro escolar es básica la integración de las diferentes instalaciones, de modo que sean controladas por un único sistema. Otro pilar básico de los sistemas de control es que sea un sistema online. Un sistema online consiste en que todos los dispositivos puedan ser supervisados en tiempo real, característica normalmente realizada mediante un Bus de control. Si se instalan equipos de control de accesos o de climatización autónomos se pierden todas las posibilidades de gestión y mantenimiento del centro. Especialmente problemáticos son los sistemas de control de acceso autónomo, que deben ser reprogramados físicamente uno a uno cuando se quiere realizar cualquier cambio. Además se suelen alimentar con baterías autónomas que deben ser cambiadas y revisadas cada cierto tiempo variable.

El sistema inmótico se divide en dos subsistemas, el BMS (Building Management System) y el RMS (Room Management System). El BMS controla la infraestructura y las zonas comunes del edificio, mientras que el RMS controla el funcionamiento de cada una de las aulas o estancias.

Un error típico es instalar sistemas de control únicamente en las aulas (RMS). Es muy importante que también se realice un sistema de control del edificio (BMS) para conseguir un sistema de control completo. Además el coste del BMS es muy inferior al coste del RMS.

Un sistema inmótico para centros docentes debe ser distribuido de manera que cada aula disponga de uno o varios dispositivos que se encarguen del control local de la estancia. Estos nodos se unen por un solo Bus o cable de comunicaciones.

Cada una de las plantas debe ser aislada con un router para controlar el tráfico de red, dotar de mayor robustez al sistema y facilitar las tareas de mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA INMÓTICO

- Gestión en tiempo real.
- Integración total de las instalaciones:
 - Building Management System (BMS):
 - Control de cuadros eléctricos.
 - Control de los sistemas de ventilación.
 - Control de las plantas de producción.
 - Integración del sistema de incendios.
 - Integración del sistema de ascensores.
 - Supervisión de alarmas técnicas.
 - Medición de consumos.
 - Comunicación con Internet.
 - Room Management System (RMS):
 - Control de accesos.
 - Control de presencia.
 - Control de la climatización.
 - Control de la iluminación.
 - Control de toldos y persianas.
 - Control de la televisión.
 - Sistema de seguridad.
 - Sistemas de alarmas.
 - Control de consumos.

Figura 1. Características del Sistema Inmótico.

5.3. Descripción del sistema inmótico

5.3.1. Descripción del Building Management System (BMS)

Las instalaciones comunes del edificio, como por ejemplo ascensores, producción de frío y calor, tratamiento de piscinas, sistema de incendios, etc., deben ser realizadas por fabricantes especializados. La clave es que todos los fabricantes especializados se comuniquen con el sistema inmótico mediante pasarelas compatibles con el sistema BMS o puertos serie (RS-232).

5.3.1.1. Control de cuadros eléctricos

Se deben monitorizar todos los circuitos que se consideren importantes para el buen funcionamiento del centro escolar. En el momento en que a cualquiera de esos circuitos le falte tensión, el sistema inmótico informará al servicio de mantenimiento de la ubicación del fallo eléctrico. Este sistema disminuye drásticamente el tiempo de reacción ante un fallo eléctrico.

Ciertos encendidos de luz, como por ejemplo las luces de la recepción, se pueden controlar directamente desde el cuadro eléctrico. Este tipo de circuitos deben ser controlados mediante programación horaria y en función del nivel de luz exterior. Suele ser conveniente programar macros (configuraciones especiales) para el encendido de luces, como por ejemplo la macro para una celebración de un evento que encenderá las distintas estancias necesarias.

Desde los cuadros eléctricos también se deben controlar servicios como las luces exteriores o el riego automático en función de la humedad y luz exterior.

5.3.1.2. Control de la iluminación

El control de la iluminación de las zonas comunes (baños, pasillos, escaleras descansillos, etc.) se puede realizar en función del nivel de luz exterior y de los sensores de detección de movimiento. Esta aplicación se contempla en el nuevo Código de la Edificación (CTE). Además, se deben monitorizar las horas de funcionamiento de las luminarias para realizar un mantenimiento predictivo.

La técnica de secuenciación de escenas consiste en la configuración de varias escenas de regulación de iluminación, en función del uso del aula, sin perder de vista el objetivo fundamental del sistema de ahorro de energía.

5.3.1.3. Control de los sistemas de ventilación

La ventilación de todas las zonas comunes se regula en función de sensores de CO₂ y de calidad del aire. Aún es muy común ventilar por tramos horarios, sin tener en cuenta el CO₂, esta técnica malgasta energía de climatización al ventilar en ciertos momentos que no sea necesario y no aporta la cantidad necesaria de ventilación cuando están todos los alumnos en el centro.

Además, se supervisan las alarmas de los equipos y se monitorizan las horas de funcionamiento para realizar un mantenimiento predictivo.

5.3.1.4. Control de las plantas de producción (frío/calor)

Normalmente, el control interno lo realiza un fabricante especializado en plantas de producción. El sistema BMS debe comunicarse con la planta de producción para controlar y monitorizar los parámetros básicos de la instalación (temperaturas de consigna, apertura y cierre de válvulas, activación y desactivación de bombas, etc.).

Se supervisan las alarmas de los equipos y se monitorizan las horas de funcionamiento para realizar un mantenimiento predictivo.

5.3.1.5. Integración del sistema de incendios

El sistema de incendios por ley debe ser completamente independiente al sistema inmótico. Mediante un puerto RS-232 o por contactos libres de tensión, la central de incendios informa al BMS de las alarmas de incendios producidas. En el momento que se produzca una alarma de incendios, se desconecta la climatización de todo el centro escolar para no avivar las llamas. Asimismo, se pueden ventilar las vías de evacuación de manera que el incremento de presión en la vía, evite la entrada del humo. Todos los ascensores bajan a la planta baja y son deshabilitados, las diferentes intensidades de iluminación dirigen a las personas hacia las vías de escape. La gestión de las puertas de incendios y de escape debe realizarlas el propio sistema de incendios.

5.3.1.6. Integración del sistema de ascensores

En ascensores de personal, se puede instalar un control de accesos para gestionar el uso de los mismos. En caso de incendios son deshabilitados y bajados a la planta baja.

Se supervisan las alarmas de los equipos y se monitorizan las horas de funcionamiento para realizar un mantenimiento predictivo.

5.3.1.7. Alarmas técnicas

El sistema inmótico monitoriza todas las posibles alarmas que puedan darse en un centro escolar. En las piscinas se supervisan alarmas por pH, nivel de cloro, nivel del agua, funcionamiento de la depuradora, etc.

Las alarmas de las cámaras frigoríficas evitan la pérdida de comida, se supervisan alarmas de fallo de SAI, de escape de gas, de bombas fecales y pluviales, etc.

5.3.1.8. Medición de consumos

El sistema inmótico realiza una medición de consumos de electricidad que permite evitar la sanción de las compañías eléctricas por sobreconsumo. En el caso de que se esté llegando al límite de consumo contratado por el centro, se actúa sobre el sistema de climatización y de iluminación para reducir en lo posible el consumo. Esta gestión evita un importante gasto económico. El sistema puede controlar también la conexión de las baterías de condensadores.

Además, permite medir el consumo de agua y gas a nivel informativo para ayudar a la gestión del edificio.

5.3.1.9. Comunicación con internet

A nivel de comunicaciones, es importante introducir un dispositivo de comunicación con internet para que el encargado de la instalación pueda realizar mantenimiento, reparaciones y actualizaciones a distancia.

5.3.2. Descripción del Room Management System (RMS)

La filosofía de este sistema es el control autónomo de cada estancia, supervisando y controlando los parámetros generales desde el centro de control. Para dar mayor robustez al sistema se debe realizar una instalación, que no dependa

de la comunicación de red para el funcionamiento de las aulas. En caso de fallo de red se pierde la comunicación entre el centro de control y las aulas, pero todas ellas siguen funcionando en modo autónomo sin causar molestias. Cuando se produce una avería no es necesario analizar la red, es localizada fácilmente debido a que se encontrará en los dispositivos de la sala problemática.

5.3.2.1. Control de accesos

El control de accesos a una estancia se suele realizar por medio de tarjetas magnéticas o de proximidad personalizadas, en función de los privilegios asignados por la Dirección.

En caso de producirse robos o fallos de seguridad se puede proceder a un «cambio de bombín electrónico». Consiste en cambiar una de las claves de la tarjeta de acceso, anulando todas las tarjetas anteriores y equivale a cambiar todos los bombines convencionales de un centro escolar. Esta operación se puede realizar con un solo «clic» desde el ordenador, mientras que en sistemas offline, en el caso de que sea posible, hay que realizar el cambio puerta por puerta.

5.3.2.2. Control de presencia

Cuando los alumnos no se encuentran en el aula, los servicios que se deseen, se pueden apagar mediante un contactor. De este modo se evita que las luces o aparatos eléctricos queden conectados consumiendo energía sin control.

Así mismo en las zonas comunes del edificio, como los pasillos o los cuartos de baño, se controla la luz, en función de la presencia.

5.3.2.3. Control de la climatización

El control de climatización integrado es el mejor método para ahorrar energía, dado que se ahorra entre un 20% y un 40%. La climatización es controlada por el gestor desde el centro de control. Éste puede imponer un rango de temperaturas de actuación, para evitar abusos de uso por parte del usuario.

Se calcula que por cada grado térmico restringido, se ahorra un 7% de energía. Un caso típico son los días de verano que alcanzan los 40 °C y los alumnos

piden al sistema una temperatura de 18 °C. En este caso el uso de la climatización es abusivo y obliga a las máquinas a funcionar continuamente a máxima potencia. Un continuo exceso de potencia puede saturar el sistema de climatización del centro e impedir que ciertas salas se refrigeren correctamente. Un uso responsable de este sistema conlleva que el gestor del centro imponga un límite más que aceptable de 24 grados de temperatura.

La climatización de la sala se apaga automáticamente en el caso de que la ventana se encuentre abierta.

Cuando los alumnos abandonan el aula, la climatización pasa a modo stand-by. El gestor del centro puede configurar la temperatura del modo stand-by.

Las horas de funcionamiento de los fan-coils se contabilizan de manera que cuando sea necesario cambiar el filtro, se genere un listado de mantenimiento en el centro de mantenimiento. Con el mantenimiento convencional algunos filtros se saturan disminuyendo la eficacia del sistema de climatización y otros son limpiados antes de tiempo, aumentando los costes de mantenimiento.

5.3.2.4. Control de la iluminación

Normalmente la luz del cuarto de baño se controla a partir de un detector de presencia. Este control tiene por objeto dos finalidades: el ahorro de energía, evitando que se olvide la luz encendida y la sensación de confort que se transmite.

5.3.2.5. Control de toldos y persianas

La integración de persianas y toldos en el sistema de control, tiene por objeto mejorar el confort, ahorrar energía y alargar la vida útil de los toldos.

En verano persianas y toldos, se bajan por el día si la temperatura exterior es mayor que la de stand-by. De este modo se protegen las salas del sol y se disminuyen las necesidades de climatización del centro.

La lluvia y el viento son registrados por distintos sensores, de manera que, los toldos se recogen en caso de que llueva para que no se pudran o en caso de que el viento sea excesivo para que no se rompan.

5.3.2.6. Sistema de seguridad

Se introduce un sistema de alarma silenciosa en cada aula, aprovechando los sensores de movimiento instalados para el sistema de climatización y de iluminación.

5.3.2.7. Sistemas de alarmas

- ✱ **Suministro eléctrico:** en caso de fallo eléctrico en el aula, inmediatamente se activa una alarma en el centro de control. Esta alarma tiene por objeto que el fallo eléctrico sea atendido rápidamente, sin esperar a que el cliente llame por teléfono o incluso antes de que se entere.
- ✱ **Alarma de inundación:** en el cuarto de baño se instala una sonda de agua para detectar posibles inundaciones y cortar el suministro de agua en caso de que se instalen actuadores de corte. Esta medida ha salvado a muchos centros de remodelar una planta entera por inundación.
- ✱ **Alarma médica:** la incorporación de un mecanismo tirador en el baño permite generar en el centro de control una alarma médica que será tratada rápidamente por el personal del centro.

5.3.2.8. Control de consumo

En muchos centros docentes es necesario controlar el gasto de agua, electricidad y climatización.

La medición de consumos de agua cuando la estancia se encuentra desocupada, permite detectar fugas de agua, averías en cisternas o grifos mal cerrados. Este punto además de ahorrar dinero aporta un comportamiento ecológicamente responsable al centro.

5.4. La implantación de un sistema inmótico en centro escolar

Debido a la gran cantidad de tecnologías y al usual desconocimiento de los sistemas, se recomienda que en todas las fases de la implantación una ingenie-

ría, integrador o asesor especializado, ayude al propietario a tomar las decisiones correctas.

5.4.1. Definición de las necesidades

- ✱ **Caracterización del centro:** para implantar un sistema inmótico que sea eficiente, es necesario definir claramente tanto las características del centro como su modo de funcionamiento final. A partir de esta información se deducen las necesidades de control que tendrá el centro.
- ✱ **Realización del planteamiento funcional:** a partir de la caracterización del centro se puede realizar la memoria funcional del sistema de control pero no la definición final del mismo. Únicamente se puede comenzar a realizar el proyecto técnico de control cuando ya estén definidos ciertos aspectos de las demás instalaciones, como por ejemplo el tipo de climatización, la ubicación de los cuadros eléctricos o la disposición de luminarias.
- ✱ **Imposición de requerimientos a las demás instalaciones:** a partir del planteamiento funcional se imponen los requerimientos de comunicación o de funcionamiento de las demás instalaciones. Por ejemplo la necesidad de pasarela de climatización en caso de implantar un sistema VRV, o la necesidad de una central DECT o de incendios con comunicación vía puerto RS-232, o la inclusión de un contactor en los cuadros eléctricos en todas las aulas.

Es habitual que el cliente pida una preoferta para determinar entornos de precio de la instalación. Una vez que el cliente la acepta, se empieza a realizar el proyecto.

5.4.2. Realización del proyecto

- ✱ **Selección del sistema adecuado:** la primera tarea es seleccionar el tipo de sistema a instalar.
- ✱ **Realización de la memoria funcional:** la memoria funcional debe ser una descripción de los requerimientos funcionales del centro y de las posibles ampliaciones.
- ✱ **Realización del pliego de condiciones:** un pliego de condiciones debe plasmar los requerimientos técnicos para poder realizar la memoria funcional.

FASES DE IMPLANTACIÓN

- DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES
 - Caracterización del centro.
 - Realización del planteamiento funcional.
 - Imposición de requerimientos a las demás instalaciones.
- REALIZACIÓN DEL PROYECTO
 - Selección del sistema adecuado.
 - Realización de memoria funcional.
 - Pliego de condiciones.
 - Realización de planos.
 - Elaboración de la medición.
- EJECUCIÓN DEL PROYECTO
 - Realización de preinstalación física.
 - Conectorización de nodos y periféricos.
 - Configuración y puesta en marcha.
 - Dirección de obra.
- ENTREGA Y POSTVENTA
 - Entrega del sistema.
 - Formación del usuario final.
 - Servicio postventa.
 - Contrato de mantenimiento.

Figura 4. Fases de implantación de un Sistema Inmótico.

Todo pliego de condiciones se divide en cinco partes, el sistema, la preinstalación, la instalación, la entrega y la postventa:

- El sistema: en este apartado se deben describir las características técnicas y la arquitectura del sistema de control elegido.
- La preinstalación: la preinstalación consiste en dimensionar las canalizaciones y cuadros eléctricos necesarios, para albergar el sistema de control. Es importante que la preinstalación sea completa de manera que en caso de querer ampliar la instalación en un futuro no se requiera realizar obra. La preinstalación es una partida del sistema de bajo coste que aporta mucha flexibilidad en el futuro.

- La instalación: debe contemplar la ubicación de los equipos y periféricos del sistema, sus características técnicas y su conexionado para el cumplimiento de los requerimientos funcionales del centro.
- * **La realización de planos:** en este apartado se realizan los planos de preinstalación, instalación y unifilares de conexionado de manera que se cumpla el pliego de condiciones.
- * **La medición:** listado de los materiales necesarios para realizar la obra de acuerdo a lo expuesto en planos.

5.4.3. Ejecución del proyecto

- * **Realización de la preinstalación física:** la persona más adecuada para hacer la preinstalación del sistema es el propio instalador eléctrico de la obra. A partir de los planos de instalación, no es necesaria ninguna formación técnica aunque debe ser supervisado por la dirección de obra.
- * **Conectorización de nodos y periféricos:** el instalador eléctrico sigue siendo el indicado para realizar esta tarea, pero esta vez necesita haber recibido una mínima formación sobre el sistema de control a instalar.
- * **Configuración y puesta en marcha:** esta fase de la obra debe ser realizada por un integrador autorizado por el fabricante o la tecnología. En ocasiones el mismo instalador eléctrico recibe la formación y autorización para realizar esta fase.
- * **Dirección de obra:** debe de haber un encargado de obra que haga de enlace entre el proyecto prescrito y la ejecución de obra. Esta persona debe coordinar a todos los implicados: ingeniero de instalaciones, instalador eléctrico, instalador de climatización, fontanero e instalador domótico.

5.4.4. Entrega y postventa

Se debe tener especial cuidado de incluir esta fase en el pliego de condiciones para que no exista un vacío entre la realización de la obra y el propietario final.

- * **Entrega del sistema:** todo sistema debe tener un manual de usuario y de mantenimiento, que debe ser proporcionado con la entrega del proyecto.

- ✱ **Formación del personal:** un sistema de control no sirve de nada si el que lo va a utilizar no sabe como funciona, por ello es necesario que se forme adecuadamente al director y al personal del centro. Normalmente el integrador autorizado por el fabricante se encarga de realizar este servicio.
- ✱ **Servicio postventa:** se debe informar al cliente de la garantía de los equipos y poner a su disposición un servicio de atención al cliente en caso de dudas. Es aconsejable que se incluya en el pliego de condiciones, que el fabricante debe tener una red de instaladores autorizados, que puedan dar un servicio postventa ágil y adecuado.
- ✱ **Contrato de mantenimiento:** en una instalación de la envergadura de un centro se debe firmar un contrato de mantenimiento, que planifique las revisiones del sistema para garantizar su funcionamiento.

Detectores de presencia y movimiento para control de iluminación y climatización

6.1. Tecnologías para detectar la presencia

La detección de las personas en las diferentes zonas de los edificios nos permite automatizar el control de los sistemas que estén instalados apagando dispositivos cuando las habitaciones estén desocupadas. En los centros escolares tiene especial utilidad en la iluminación y la climatización, ya que por regla general en edificios colectivos, los usuarios no prestan mucha atención al ahorro de energía.

Para la detección de presencia existen varias tecnologías, la más utilizada es el infrarrojo pasivo, aunque existen otras dos tecnologías que también se comentarán, la radiofrecuencia y los ultrasonidos.

Surgen nuevas disposiciones técnicas sobre detectores de presencia, por ejemplo en la sección HE3 del documento básico de ahorro de energía de aplicación en edificios de nueva construcción, así como rehabilitación de edificios existentes de superficie útil superior a 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada y también en reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación indica en su apartado 2.2 sobre sistemas de control y regulación:

«Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. **Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización».**

6.1.1. Infrarrojo pasivo

La radiación infrarroja, también conocida como radiación térmica es una onda electromagnética. Todos los objetos, incluido el cuerpo humano, emiten una radiación térmica según su temperatura. Esta radiación infrarroja es invisible para el ser humano. En el caso del cuerpo humano la energía infrarroja radiada

se encuentra entre 9 y 10 μm , la radiación infrarroja que puede ser detectada mediante sensores de infrarrojos pasivos está entre 8 y 12 μm . Mediante el uso de una cámara termográfica podemos ver las diferentes temperaturas en una habitación y también en un cuerpo humano (Foto 1).

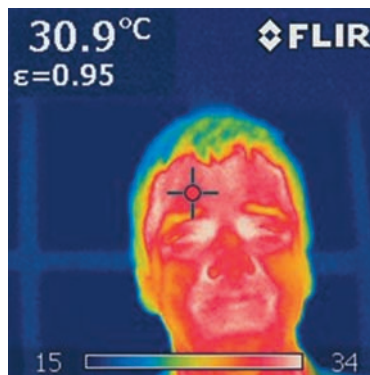


Foto 1. Imagen termográfica.

Se denomina pasivo porque el sensor recibe la radiación infrarroja, esto hace que el consumo de potencia del sensor sea bajo (normalmente inferior a 10VA). Los sensores de infrarrojo activo se utilizan preferentemente para crear barreras de seguridad invisibles. Y emiten una radiación infrarroja que varía al cruzar esas barreras.

El **detector de infrarrojo pasivo (PID, passive infrared detector)** sólo responde a cambios en la radiación térmica. Para hacer esto, se genera una malla mediante un sistema de lentes y/o espejos con zonas donde se detecta el movimiento y otras en que no. Normalmente la imagen térmica en una habitación cambia muy lentamente, los humanos en cambio causamos rápidos cambios en dicha imagen mediante nuestros movimientos. Al pasar de una zona activa a otra pasiva se genera una señal eléctrica que convenientemente procesada nos indica la presencia.

Esta tecnología tiene la desventaja de que pierde sensibilidad cuando sube mucho la temperatura del ambiente, ya que si está cerca de la temperatura humana es más difícil detectar la diferencia entre ambas. Otra desventaja es que los animales al emitir calor también se detectan, puede ser un problema en exteriores (patios y pasillos exteriores del colegio) o animales de compañía. Para evitar esto en algunos detectores se implementa un volumen mínimo de detección en kilogramos, sobretodo en detectores de movimiento para seguridad anti-intrusión (infrarrojo activo), pero esto disminuye lógicamente la sensibilidad de detección.

La mayoría de los detectores utilizan esta tecnología por ser la que proporciona mejor detección y es inocua para el ser humano.

6.1.2. Radiofrecuencia

Los detectores por radiofrecuencia emiten constantemente una señal de radiofrecuencia que permite detectar por efecto Doppler (insensible a variación de temperatura). Es capaz de atravesar paredes y techos al atravesar objetos sólidos no metálicos, con lo que puede montarse oculto. Esto tiene ventajas estéticas y antivandálicas al estar completamente oculto evita su destrucción y manipulación.

Las desventajas son importantes, ya que al atravesar la materia podemos detectar el movimiento en zonas que no nos interesan (como en la habitación de al lado) y al emitir constantemente energía electromagnética de muy alta frecuencia ya no podemos asegurar su inocuidad en los centros escolares.

6.1.3. Ultrasonidos

Los ultrasonidos suelen emplearse junto a la detección por infrarrojo para asegurar un doble sistema de detección para evitar manipulaciones no autorizadas en sistemas de anti-intrusión.

6. 2. Detectores por infrarrojo pasivo

6. 2.1. Componentes de un detector

El PID consiste en un circuito impreso que contiene la electrónica adecuada para interpretar las señales del sensor de infrarrojo pasivo. La energía infrarroja llega al detector a través de una ventana, normalmente hecha de plástico transparente al infrarrojo. Este plástico también protege el interior del detector de la entrada de polvo e insectos. Algunos fabricantes utilizan lentes de fresnel para facilitar la focalización de la energía infrarroja. Otros fabricantes emplean espejos parabólicos para focalizar la energía.

La conmutación de la carga se puede realizar directamente en un relé acoplado al detector o en otros casos se envía una señal por radiofrecuencia para

conmutar un relé a distancia. Este último caso tiene la ventaja de que nos evitamos el cableado hasta el detector pero el inconveniente de que suelen necesitar pilas para su funcionamiento.

6.2.2. Instalación de los detectores

6.2.2.1. Consideraciones importantes previas a la instalación

El detector por infrarrojos pasivos requiere poder «ver» al objeto, por ello es fundamental considerar su lugar de instalación puesto que ello afectará a la calidad y alcance de la detección. La radiación infrarroja no puede atravesar muros ni paredes, tampoco el cristal. De igual modo objetos que estén colgando del techo (por ejemplo carteles) pueden «cegar» parte de la visión del detector.

Los cambios rápidos de temperatura cerca del detector pueden confundirle y provocar falsos encendidos, se debe evitar flujos de aire caliente o frío hacia él. Objetos en movimiento, como maquinaria, robots, póster balanceándose pueden también ser interpretados como movimiento.

Los radiadores, ordenadores y superficies soleadas no afectan al detector.

La conmutación de luces cerca del detector, por ejemplo luz incandescente o halógena a menos de un metro, puede también simular movimiento. Algunos detectores interpretan esa luz como si ya hubiera luz suficiente y pueden mandar apagar, entonces detectarán que hay poca luz y movimiento, de nuevo se enciende y así de una forma intermitente.

6.2.2.2. Montaje en pared

El montaje en pared se utiliza principalmente cuando no podemos montar en el techo (techo de hormigón, consideraciones estéticas, etc.). Muchos instaladores utilizan las cajas de mecanismos que anteriormente se utilizaban para los pulsadores como lugar para instalar los detectores. Esta práctica está totalmente desaconsejada, por dos motivos. El primero es que la altura suele estar en torno al metro, máximo metro y medio. Esto provoca que todos los obstáculos que se encuentren en frente del detector (sillas con respaldo alto, estanterías, etc.) limiten su

alcance de detección. El segundo motivo es que al estar al alcance de la mano, muchos de los usuarios tenderán a tocar cuando no es necesario, esto provoca acumulación de suciedad y desperfectos en el sensor que pueden afectar a su funcionalidad. Esta consideración es muy importante para el caso de centros escolares.

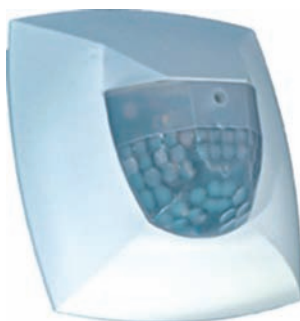


Foto 2. Detector de presencia pra montaje en pared.
Fuente ThebenHTS.

6.2.2.3. Montaje en techo

El montaje en techo permite tener una «visión de águila» con lo que se puede detectar más fácilmente a los usuarios y evitar obstáculos físicos. Se evita bastante, la posible manipulación o vandalismo por parte de los usuarios.

Existen en el mercado multitud de detectores de movimiento y de presencia (ver apartado 3), la mayoría de los detectores tienen un área de detección circular en cambio la mayoría de habitaciones son cuadradas o rectangulares. Con lo que si se intenta hacer una buena detección de una habitación con un detector con área de detección circular siempre quedarán zonas ciegas en las que no se detectará al usuario, esto suele acabar dando problemas, ver foto 3. Por ello se aconseja utilizar detectores con zona de detección cuadrada o que su alcance de detección exceda las dimensiones de la habitación, pero esto último encarecerá la solución.

Otra ventaja del detector con área cuadrada es que permite asegurar la correcta posición de cada detector sin dejar ninguna zona ciega en una zona grande en la que se deba instalar más de un detector. De igual modo si los usuarios cambian su posición en la habitación se puede asegurar que el detector sigue cumpliendo su misión.

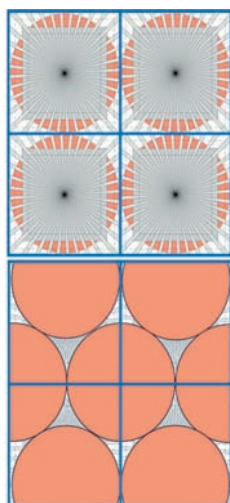


Foto 3. Área de detección cuadrada frente a circular.

6.2.2.4. Formas de conexión del circuito



Foto 4. Detector de presencia ultraplano pra montaje en techo.
Fuente ThebenHTS.

Cuando varios detectores funcionan dentro de una misma zona y/o controlan a la vez el mismo grupo de luces, se pueden tener las siguientes formas de operación del circuito:

- ✱ Circuito convencional en paralelo: si la zona de detección es mucho mayor que el área de detección del detector, utilizaremos varios detectores conectados en paralelo sobre la misma carga a controlar. La ventaja es que cada detector puede ajustarse independientemente, esto también es un inconveniente porque se tendrá que ajustar todos los detectores durante la instalación.

Lo siguiente no es válido para todos los detectores, sólo algunos fabricantes disponen de las siguientes opciones de conexión:

- ✱ Circuito convencional en paralelo maestro-esclavo: El esclavo y el maestro detectan la presencia en sus zonas respectivas. Si el esclavo detecta le informa al maestro, este último decide si ha de conmutar las luces verificando si la iluminación natural en su zona en ese momento es suficiente según el valor que se le haya seleccionado. La ventaja es que sólo hay que ajustar al maestro, y la iluminación en su zona es la que fija el punto de referencia para toda la sala.
- ✱ Circuito convencional en paralelo maestro-maestro: se utiliza en habitaciones muy grandes en las que ha de ser conmutada la iluminación en diferentes zonas con diferentes valores de luminosidad. Todos los detectores comparten la información de presencia entre ellos. Cada maestro conmuta su propio grupo de luces en función de la iluminación detectada en su zona.

6.2.3. Parámetros de un detector

Los ajustes de la mayoría de detectores se realizan mediante potenciómetros o pequeños interruptores, en la parte trasera, lateral o interior del mismo. Cada vez más, surgen mandos a distancia para poder realizar estos ajustes, normalmente existe un mando a distancia para el usuario y otro distinto para el instalador. El mando a distancia del usuario está pensado para forzar encendidos y apagados, e incluso para poder ajustar un nuevo umbral de luminosidad tomado del nivel actual de luminosidad. El del instalador permite ajustar más parámetros, y ofrece la ventaja de un ajuste electrónico y a distancia con el consecuente ahorro de tiempo durante la instalación.

6.2.3.1. Alcance de detección

A mayor altura de instalación obtenemos mayor alcance, pero también peor sensibilidad de detección. Normalmente el alcance viene indicado para una altura de instalación, sino es así, conviene cerciorarse para evitar problemas. Según lo explicado en el apartado 1.1, la forma de la malla de detección hace que el detector sea más sensible al movimiento perpendicular, por lo que cuando la persona se mueve directamente hacia él, la distancia de detección suele ser mucho más pequeña. Muy pocos fabricantes indican esto, y es por ello un problema que suele sorprender a muchos instaladores y usuarios.

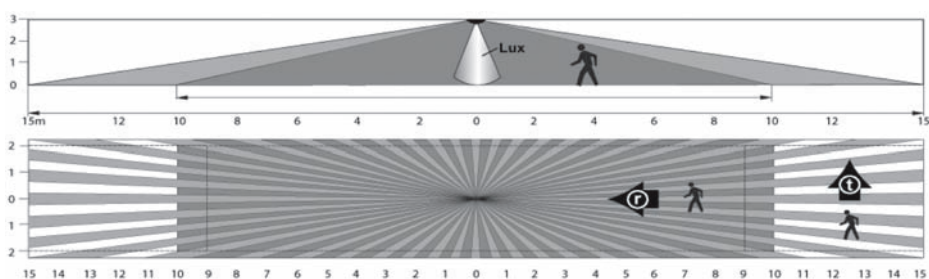


Foto 5. Alcance de detección de un detector especial para pasillos.

Fuente: ThebenHTS.

Algunos detectores permiten reducir o aumentar el alcance de detección mediante un potenciómetro.

6.2.3.2. Retardo al apagado

Una vez detectada una persona, y si la cantidad de luz natural no es suficiente, se enciende la luz artificial. La mayoría de los detectores de movimiento temporizan según el valor ajustado en el potenciómetro correspondiente, transcurrido ese tiempo la luz artificial se desconecta independientemente de que haya habido movimientos en su zona, y hasta que no vuelve a detectar movimiento no se conecta. Este problema se resuelve con los detectores de presencia que detectan constantemente la presencia de personas y reinician su temporización cada vez que detectan presencia, además algunos fabricantes implementan algoritmos que permiten al detector adaptar su retardo al apagado en función del tipo de movimientos que realiza el usuario para evitar dejarle a oscuras, a esto se le denomina retardo al apagado con autoaprendizaje.

6.2.3.3. Retardo al encendido y apagado para sistemas de climatización

Algunos modelos de detector tienen dos salidas diferenciadas, una para el control de la luz y el otro para la climatización. La salida de control de luz depende de la presencia y de cantidad de luz natural insuficiente. En cambio la salida de climatización sólo depende de la presencia.

El retardo al encendido en la salida para sistemas de climatización, se utiliza para prevenir conectar los sistemas de climatización hasta que la persona no está

en la habitación un tiempo prudencial, esto evita arrancar el sistema de climatización, que suele ser bastante costoso e inercial.

En cambio el retardo al apagado se utiliza tanto en la salida para la iluminación como para la climatización con el fin de evitar apagar los sistemas si no hay presencia durante un breve espacio de tiempo en la habitación.

6.2.3.4. Umbrales de iluminación

El lux (símbolo lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Se mide mediante un luxómetro. Equivale a un lumen /m². Para la salida de control de iluminación se define un valor para el umbral de luminosidad en lx, normalmente mediante un potenciómetro, por debajo de dicho valor de luminosidad se considera que la luz natural es insuficiente y si se detecta movimiento se conecta la salida de luz artificial.

En algunos fabricantes de detectores de presencia, la iluminancia se mide constantemente para apagar la luz artificial si la luz natural supera el umbral de iluminación. En este caso el umbral de apagado es superior al de encendido y se espera un tiempo hasta que se confirma este valor para así asegurar que la luz natural es suficiente y evitar apagados y encendidos.

Aunque existen niveles de iluminación para cada tipo de habitación y su uso, en realidad no todos los usuarios tienen iguales sensaciones respecto a la iluminación. Es decir, una persona mayor necesita más luz que un joven, de igual modo una persona con gafas necesita más que una persona con la vista sana, etc. Por eso para el ajuste de umbral de iluminación se debe tener en cuenta las preferencias del usuario de la habitación. De igual modo los lux van cambiando de una posición a otra de la habitación, debido a la reflexión de la luz dada por el mobiliario y el color del mismo. Por lo que definir un nivel exacto de lux en toda la habitación es prácticamente imposible, se ha de referenciar a un punto. Por ejemplo un pupitre o la pizarra.

6.2.3.5. Funcionamiento automático y semi-automático

Los detectores de movimiento más sencillos funcionan de modo automático, se encienden al detectar movimiento y se apagan una vez superado el tiempo de retardo al apagado. Tiene la ventaja de que es un funcionamiento automático

pero también se gasta energía en situaciones que realmente no es necesaria la iluminación artificial.

Algunos detectores ofrecen la posibilidad de poder forzar un cambio de estado mediante un pulsador, interruptor o un mando a distancia de usuario. Esto permite un control manual del usuario para determinadas ocasiones. En el caso de los colegios esta función es muy importante. En un aula el profesor puede en un momento determinado exigir mayor nivel de iluminación, ya que la tarea a su juicio así lo demanda, y en este caso fuerza un encendido independientemente del umbral de luminosidad previamente ajustado en el detector.

El funcionamiento semi-automático permite ahorrar más energía en la iluminación, puesto que la luz no se conecta hasta que el usuario no fuerza el encendido. Con esto se evita encender la iluminación sin necesidad. Volviendo al caso del colegio, los alumnos llegan del recreo y están en la habitación pero no necesitan más luz ya que no se ha empezado aún la clase. Cuando se crea necesario se fuerza el encendido mediante el pulsador o interruptor. Una vez acabada la clase los alumnos salen de ella y si se acuerdan apagan la luz mediante el pulsador, en el caso de que se olviden, el detector una vez pasado el tiempo de retardo al apagado realiza una desconexión de la iluminación.

De igual modo si los alumnos están en clase y se quiere poner una proyección, al forzar el apagado de la iluminación el detector no enciende la luz hasta que la habitación se vacíe y vuelva gente a ella (esto es sólo válido para determinados detectores de presencia).

6.2.3.6. Conmutación y control de luz constante

La mayoría de los detectores están diseñados para la conmutación de la iluminación, con lo cual se aporta toda la luz de las luminarias instaladas o nada.

Una solución cada vez más demandada es la del control de luz constante. El nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), exige que en las reformas de edificios y en las nuevas instalaciones se instale en los 3 primeros metros junto a las ventanas unos sensores de luminosidad que permitan el control de luz constante. Es decir que se aporte la cantidad de luz artificial que sumada a la natural alcanza el nivel de iluminación deseado para una habitación. Esto se debe hacer con una luz regulable.

Si al control de luz constante se añade la detección de presencia se obtiene el sistema que más eficiencia energética puede ofrecer.

6.3. Detector de movimiento versus de presencia

6.3.1. Diferencia entre el detector de movimiento y de presencia

El detector de movimiento es un producto que se ha extendido en el mercado con gran rapidez por su facilidad de instalación y prestaciones.

En el mercado existen dos tipos diferenciados de producto: el detector de presencia y el de movimiento. Aunque en la realidad muchos fabricantes utilizan una u otra denominación para referirse a sus productos con una gran variedad de opciones técnicas. De una forma general el detector de presencia se utiliza en oficinas, hospitales, colegios, etc..., es decir, lugares donde la gente está sentada realizando pequeños movimientos con el cuerpo y las manos. Es en estos sitios donde el ahorro energético es mayor ya que los ocupantes no están atentos sobre la necesidad o no de mantener la luz artificial encendida.

Las ventajas de la presencia frente al movimiento son:

- ✱ Sensibilidad de detección mucho mayor, capaz de detectar pequeños movimientos de las manos sobre el ordenador.
- ✱ Área de detección cuadrada, lo que facilita la proyección de la instalación con el menor número de detectores. Existen tablas con datos reales y probados (sólo en algunos fabricantes) con el área de detección en función de la altura de montaje.
- ✱ Comprobación constante de la iluminación natural, Es decir si a lo largo del día hay suficiente luz natural, la luz artificial se apaga. Y si hay poca luz natural se conmuta la artificial.
- ✱ Salida para el control de la luz dependiente de la iluminación y la presencia de personas.
- ✱ Salida de presencia, al detectar personas se activa y permite actuar sobre sistemas de climatización, ventiladores, etc. (sólo en algunos modelos). Con un tiempo para el retardo al apagado y otro para el encendido. Este último sirve para evitar arranques de la maquinaria innecesarios, como por ejemplo al entrar a una habitación para coger algo y salir rápido.
- ✱ Existen modelos que diferencian la luz natural de la artificial, lo que nos permite hacer un control de luz constante (exigencia en el CTE para la iluminación en los 3 primeros metros junto a las ventanas).

- * Retardo al apagado con autoaprendizaje, el detector analiza los movimientos que detecta en su zona para adaptarse al comportamiento de los ocupantes de la habitación.
- * Entrada de control para pulsador e interruptor: permite utilizar la instalación de esos elementos para forzar encendidos o apagados manualmente.
- * Versatilidad de los diferentes modelos: mediante los interruptores de selección, podemos configurar el mismo detector, para funcionamiento automático y semiautomático, para funcionar con interruptor o con pulsador, funcionamiento de pasillo o de habitación. El mismo modelo se puede utilizar como maestro o esclavo dependiendo del tipo de cableado. (Válido sólo en algunos fabricantes).
- * Adaptación automática de la sensibilidad de detección para evitar falsos encendidos.
- * Limitación de la corriente de arranque: están diseñados para aguantar la corriente de arranque de fluorescentes (ver hoja de características).

Resumen de las diferencias entre detector de movimiento y de presencia:

Tabla 1. Diferencias entre detector de movimiento y de presencia.

Característica	Detector movimiento	Detector de Presencia
Área de detección cuadrada	NO	SI
Alta sensibilidad	NO	SI
Análisis constante de luminosidad natural	NO	SI
Retardo al apagado con autoaprendizaje	NO	SI
Retardo al encendido para salida presencia	NO	SI
Control manual, mediante pulsador, interruptor o mando a distancia	NO	SI
Maestro-Eslavo	NO	SI
Funcionamiento	Automático	Automático y semi-automático
Adaptación automática de la sensibilidad	NO	SI
Limitación de la corriente de arranque	NO	SI

6.3.2. Aplicaciones del detector de movimiento y de presencia

Tipos de aplicaciones de los detectores de movimiento y de presencia:

Tabla 1. Tipos de aplicaciones de los detectores.

	Detec. Movimiento	Detec. Presencia
EXTERIORES	SI	NO
ZONAS DE PASO	SI	SI
PASILLOS LINEALES HASTA 30 METROS	SI (varias unidades para abarcar el área)	SI (existen modelos especiales con hasta 30m de detección lineal)
W.C.	SI	SI
AULAS ESCUELA Y UNIVERSIDAD	NO	SI
OFICINAS	NO	SI
SALAS REUNIÓN	NO	SI
POLIDEPORTIVOS TECHOS ALTOS	NO	SI (algunos fabricantes son capaces de detectar hasta a 10 m de altura de instalación)
RESIDENCIA 3.ª EDAD	NO SE RECOMIENDA	SI
HOSPITAL	NO SE RECOMIENDA	SI
CONTROL DE LUZ CONSTANTE	NO	SI (según modelo)

6.4. Ahorros energéticos

El propio usuario es quien mayor ahorro energético puede generar en una instalación porque él sabe cuando puede prescindir de la iluminación y demás sistemas. Pero en la realidad el usuario o no puede prestar atención a dicho ahorro o no tiene la información necesaria al respecto. Por lo cual todo sistema para automatizar la eficiencia energética que se pueda instalar repercutirá en el ahorro.

Calcular de antemano los ahorros energéticos mediante la instalación de detectores de movimiento o de presencia es bastante difícil, sólo se pueden indicar valores aproximados, esto se debe a:

- ✱ No se puede predecir cuanto tiempo ocupará la habitación el personal. Aunque en el caso de un horario fijo esto sí se puede hacer,
- ✱ Pero de igual modo no se puede saber cuanto tiempo habrá la iluminación natural necesaria según la demanda del usuario.

Dentro de una instalación con detectores, es más eficiente energéticamente una instalación con funcionamiento semi-automático que automático, ya que el usuario puede actuar apagando las luces cuando no las necesita

De igual modo el control de luz constante ahorra más energía que la conmutación de luces.

Indicar valores en el ahorro energético puede llevar a confusiones y problemas con el cliente final respecto a resultados no deseados. Un valor común de ahorro suele rondar el 20%, con un máximo de un 60% cuando se aplica la detección de presencia más control de luz constante y funcionamiento semi-automático. Pero se debe insistir en que estos valores varían enormemente de una instalación a otra debido a las propias configuraciones de la instalación, necesidades de los usuarios, luminosidad natural de la ubicación, ventanales y su ubicación en el edificio, etc.

6.5. Bibliografía

- Thebenhts (2010). Technology of presence detectors. Effretikon, Suiza.
- R. Fasciati, B. Brechbühl y M. Stralder (2005). Informe de conclusiones, Investigación energética en 3 sistemas distintos de control de iluminación. Zúrich. Oficina de Zúrich para la Inversión Técnica y la Higiene Ambiental.
- J. P. Steiner, PhD. (2009). The new standard in sensing, XCT tm Technology. Technical white paper.

7.1. Introducción

Tras la crisis energética de mediados de la década de los 70 surgió la necesidad de crear calderas que redujeran considerablemente las pérdidas y, en consecuencia, aumentasen el rendimiento. Hasta ese momento, la tecnología no permitía que las calderas existentes, calderas estándar, adaptaran su temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, o mejor dicho, a la demanda real. No era extraño hablar de temperaturas de ambiente muy elevadas en el interior de los edificios en pleno invierno, e incluso de aliviarlas mediante la ventilación natural, es decir, abriendo las ventanas.

Para entender adecuadamente los beneficios que reportan las tecnologías en calefacción más eficientes de Europa, las calderas de baja temperatura y de gas de condensación (según Directiva Europea de Rendimientos 92/42/CEE), conviene antes recordar algunos detalles de interés:

- * La temperatura exterior de diseño de las instalaciones se alcanza durante muy pocas horas al año en temporada y horario de calefacción.

A título de ejemplo, contando que la temperatura exterior de diseño de las instalaciones de calefacción en Madrid capital es de $-3,4^{\circ}\text{C}$ y que la media en el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo en la franja horaria de 9am a 11pm es de 12°C , no resulta difícil comprender que si las instalaciones se diseñan para temperaturas tan bajas, cuando éstas son más benignas, las necesidades de calor de los edificios son evidentemente menores.

- * Para elevar la temperatura ambiente de un edificio en 1°C , el consumo de combustible se incrementará entre un 6 y un 8%.

Con esta información podemos comprender fácilmente por qué la temperatura ambiente en los edificios era tan elevada —no era extraño alcanzar temperaturas ambiente sobre los $27-28^{\circ}\text{C}$ — y por qué el consumo de combustible era igualmente tan alto. Si se considera adecuada una temperatura ambiente de confort entre 20 y 22°C , mantener los 27 ó 28°C descritos implica un malgasto de combustible de un 50%, e incluso superior, algo a todas luces excesivo.

7.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética

Este excesivo gasto de combustible obligó a las autoridades de toda Europa a emprender acciones dirigidas al ahorro energético. Concretamente en España, en 1979 se redactan las I.T.I.C (Instrucciones Técnicas para las Instalaciones de Calefacción), que tienen como principio fundamental, «la racionalización de la energía». Con la publicación de esta normativa, el avance fue espectacular en materia de ahorro energético. Para evitar los perniciosos efectos de lo relatado en el punto 1, comienza a exigirse la instalación de sistemas de regulación para compensación por temperatura exterior, que actuando sobre elementos mecánicos de control tales como válvulas motorizadas de 3 ó 4 vías, reducen la temperatura de impulsión a los elementos calefactores terminales (radiadores, fan-coils, suelo radiante, etc.) hasta adecuarla a las necesidades reales del edificio, todo dentro de unas consignas de temperatura ambiente de 20-22 °C.

No obstante, si bien con esta medida se reduce en el circuito secundario la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior y en consecuencia también el consumo de energía, si la caldera continúa trabajando a una temperatura más alta a la necesaria para protegerse contra la condensación ácida que se producen en su interior con bajas temperaturas de agua en caldera, continuará existiendo un importante derroche energético, en torno a un 15% como media.

El límite inferior de temperatura mínima de retorno de una caldera está condicionado por la temperatura del punto de rocío de los productos de la combustión, valor en el cual el vapor de agua producido durante la combustión condensa y humedece la superficie de intercambio térmica del cuerpo de caldera. Esta temperatura es de 48 °C para el funcionamiento con gasóleo y de 57 °C para el gas natural. Por sí solo, la condensación del vapor de agua en el interior de la caldera no representaría un serio problema a corto plazo, pero en combinación con otros productos de la combustión, tales como el azufre presente en el gasóleo, se obtendrá anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico, extremadamente agresivos y corrosivos como es sabido. En el caso del gas natural, la condensación producirá ácido carbónico, también altamente corrosivo.

Para poder adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación también en el circuito primario ya desde la propia caldera y reducir así las pérdidas por disposición de servicio, se hizo necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitieran trabajar con bajas temperaturas de retorno sin riesgo de condensaciones ácidas. La primera de estas calderas se presentó

en 1979, denominándose por aquellos entonces caldera de bajo consumo. En la actualidad se denominan calderas de baja temperatura.

Por otro lado, conviene no olvidar que en el proceso de cambio de estado del vapor de agua producido durante la combustión, se desprende una apreciable cantidad de calor, denominado este calor latente, que de poder aprovecharse, representa un aprovechamiento adicional de la energía. Acerca de este principio se desarrollarán más adelante las calderas de gas de Condensación.

7.3. Calderas de baja temperatura

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92/42/CEE es la siguiente: «Una caldera que puede funcionar continuamente con una temperatura del agua de alimentación de entre 35 y 40 °C y que en determinadas condiciones puede producir condensación».

Para poder trabajar estas calderas con temperaturas tan bajas de agua de retorno sin que se produzcan en su interior condensaciones ácidas, es imprescindible disponer de elementos constructivos especialmente desarrollados para este fin. A título de ejemplo, el fabricante alemán Viessmann utiliza superficies de intercambio de pared múltiple, con cámaras de aire para la dosificación de la transmisión del calor al agua de calefacción. Los detalles constructivos de estas superficies de intercambio pueden observarse en las figuras 1, 2 y 3.

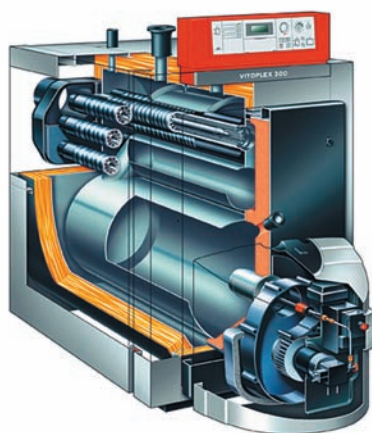


Figura 1. Vista seccionada de caldera de Baja Temperatura de Viessmann modelo Vitoplex 300.

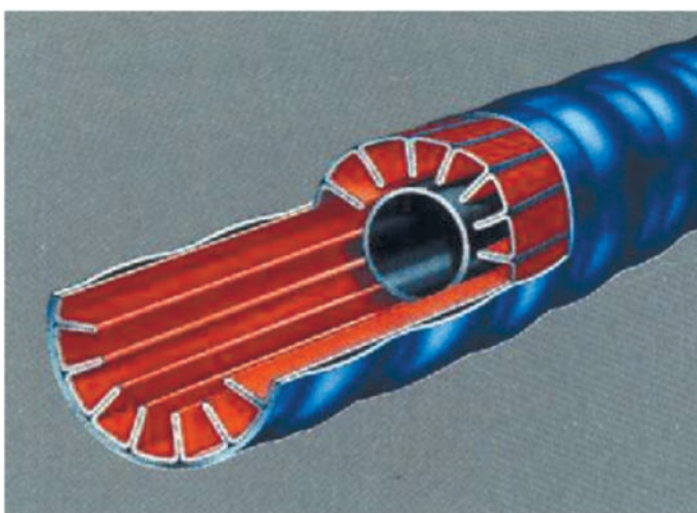


Figura 2. Tubo Triplex – superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la Vitoplex 300.

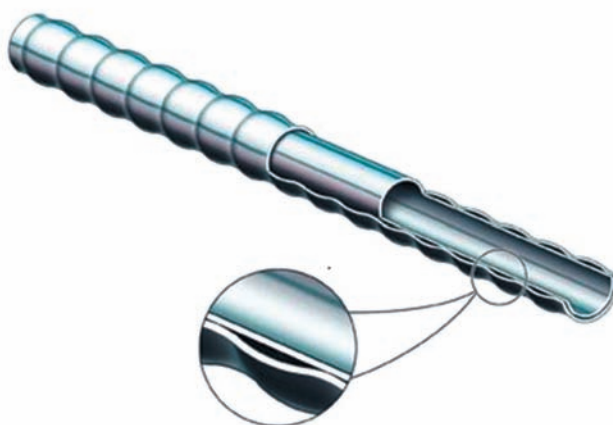


Figura 3. Tubo Duplex de la Vitomax 300-LT.

7.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple

Como ocurre en todos los procesos de transmisión térmica, la transmisión de calor de los gases de combustión a la pared de calefacción, y de ésta el agua de la caldera, se ve limitada por una resistencia. Esta resistencia es el resultado de la suma de las resistencias parciales, que dependen de factores tales como la conductibi-

lidad térmica de los distintos materiales a través de los que se realiza la transmisión térmica. Dependiendo del volumen de calor producido y de las distintas resistencias a la transmisión de calor, se alcanzan determinadas temperaturas en las superficies de calefacción. La temperatura de la superficie en el lado de admisión de los gases de combustión, no se ve influenciada por las altas temperaturas de éstos, sino de forma determinante, por la temperatura muy inferior, del agua de la caldera.

En las superficies de calefacción de pared simple, la diferencia de temperatura entre el agua de la caldera y la superficie en el lado de los gases de combustión es pequeña. Por esta razón, si la temperatura del agua desciende por debajo del punto de rocío, el vapor de agua contenido en los gases de combustión puede llegar a condensar.

Las superficies de calefacción de pared múltiple, por el contrario, permiten que se genere una resistencia a la transmisión de calor. Optimizaciones en el diseño pueden llegar a controlar esta resistencia de tal forma que, incluso con bajas temperaturas del agua de la caldera, la temperatura en el lado de los gases de combustión se mantenga por encima del punto de rocío del vapor de agua, evitando de este modo, el descenso por debajo de este punto. De manera gráfica puede apreciarse en la figura 4.

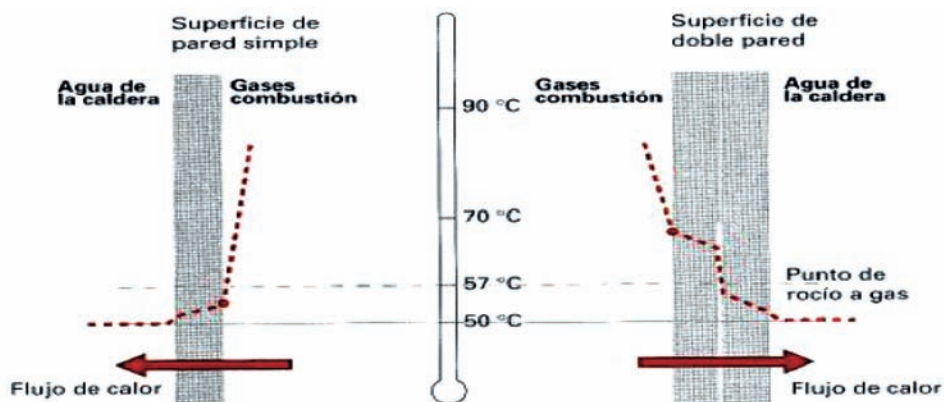


Figura 4. Funcionamiento de superficies de calefacción de pared simple y de pared múltiple.

7.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura

La principal diferencia entre las calderas de baja temperatura y las calderas convencionales estriba en que las primeras ofrecen la posibilidad de adaptar la

temperatura de funcionamiento en función de la demanda calorífica, o dicho de otra forma, de las necesidades reales.

En la curva característica de calefacción de un edificio se aprecia que a cada temperatura corresponde una temperatura de impulsión determinada. Como ya se ha explicado anteriormente, de otro modo la temperatura ambiente del edificio se incrementaría cuando la temperatura exterior ascendiera y no se redujera en paralelo la del agua de caldera. Esta curva de calefacción se adaptará a cada edificio, considerando su ubicación geográfica, pérdidas del edificio, orientación, etc., pudiendo por lo tanto «construir» una curva de calefacción a la medida de cada necesidad.

Así, para una temperatura exterior de 5 °C se obtendrá aproximadamente una temperatura de impulsión en torno a los 60 °C. Si la temperatura exterior aumentase, bajaría progresivamente la temperatura de impulsión hasta alcanzar los 30 ó 40 °C, que es el límite inferior para la mayoría de las calderas de este tipo. Caso de no haber demanda durante varias horas al día, muy habitual durante los meses de verano en la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.), el quemador sólo entrará en funcionamiento para cubrir las pérdidas por radiación y convección de la caldera y sólo cuando la temperatura del agua de la caldera descienda por debajo de los 40 °C. Mediante este modo de funcionamiento se reducen hasta casi eliminarlas, las pérdidas por disposición de servicio, responsables de aproximadamente un 12-13% del consumo total de combustible de una instalación de calefacción.

Las calderas convencionales de funcionamiento a temperatura constante trabajan durante todo el año, independientemente de la temperatura exterior y la demanda de la instalación, a una temperatura media de caldera de 80 °C.

La utilización de calderas de baja temperatura con respecto a las calderas Estándar, aporta un ahorro energético de entorno a un 15%, o incluso superior en función de la marca y modelo de caldera con la que se realice la comparativa.

7.4. Calderas de gas de condensación

Mediante la aplicación de las calderas de baja temperatura se consigue, adaptando la temperatura de funcionamiento de las mismas a las necesidades reales del edificio, reducir el consumo de energía, como ya se ha comentado, en torno a un 15% con respecto a una caldera estándar. Sin embargo, todavía se

desperdicia una importante cantidad de calor a través del vapor de agua que se produce en la combustión y que se arroja al exterior a través de la chimenea sin aprovechar el calor latente que aporta.

El principal obstáculo para este aprovechamiento radica en la necesidad de disponer de superficies de intercambio resistentes a la condensación ácida provocada en el interior de la caldera. Por este motivo, la mayoría de las calderas de condensación de calidad en Europa están fabricadas en aceros inoxidable de alta aleación.

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92/42/CEE es la siguiente: «Caldera diseñada para condensar permanentemente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases procedentes de la combustión». Cabe destacar por lo tanto la importancia de que las superficies de intercambio de este tipo de calderas sean especialmente resistentes a este modo de funcionamiento. En este sentido, el acero inoxidable estabilizado al titanio, material que a título de ejemplo utiliza el fabricante alemán Viessmann, aporta la máxima fiabilidad de funcionamiento, permitiendo obtener importantes ahorros energéticos durante los más de 25 años de vida útil de estas calderas.

7.4.1. Técnica de condensación

El rendimiento estacional puede verse aumentado en unos 14 - 15 puntos con respecto a una moderna caldera de baja temperatura, con el empleo de esta técnica.

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente Carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan durante la combustión con el oxígeno del aire, generando, además de calor, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, éste condensa desprendiendo calor en el cambio de fase. Para un aprovechamiento eficaz de la condensación, es importante realizar la combustión con un alto contenido de CO_2 reduciendo el exceso de aire. Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas, mientras que en los quemadores atmosféricos, debido al mayor exceso de aire, el punto de rocío se sitúa a temperaturas inferiores, con lo que el aprovechamiento de la condensación de los gases de combustión es peor.

El calor latente de los gases de combustión, también denominado calor de condensación, se libera durante la condensación de vapor de la combustión y se transmite al agua de la caldera.

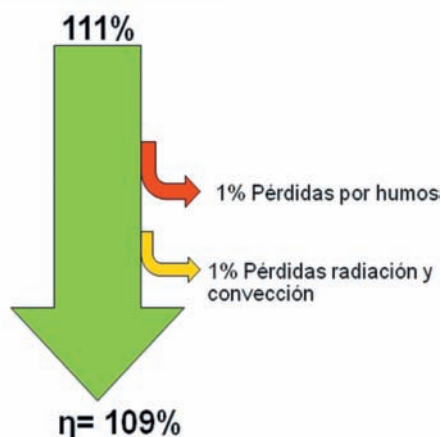
Resulta cuando menos llamativo que este tipo de calderas obtengan rendimientos estacionales superiores al 100%, concretamente hasta el 109%. Es necesario matizar que el valor de referencia es el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

- **Ventajas de la técnica de condensación**

Caldera Baja Temperatura



Caldera Condensación



7.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa cuando el agua que contienen los gases de combustión está en forma de vapor. El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa, incluyendo el calor de condensación contenido en el vapor de agua de los gases de combustión en su paso a la fase líquida.

Con el aprovechamiento del calor latente haciendo referencia al P.C.I., dado que este valor no contempla el calor de condensación, se obtienen como ya se ha indicado anteriormente, rendimientos estacionales superiores al 100%. En la técnica de condensación, para poder comparar el aprovechamiento energético de las calderas de baja temperatura con el de las calderas de condensación,

los rendimientos estacionales normalizados se siguen calculando en referencia al Poder Calorífico Inferior. La cantidad de calor de condensación máxima aprovechable será la relación entre el Poder Calorífico Superior (P.C.S.) y el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.). A título de ejemplo, en el caso del gas natural, combustible idóneo para la utilización de esta técnica, esta relación es de 1,11, siendo un 11% por lo tanto la cantidad de calor máxima que por este concepto se podrá obtener. Para el gasóleo, este valor desciende hasta el 6 %. No obstante, también hay que considerar que las calderas de condensación enfrían los humos hasta unos 10 °C por encima de la temperatura de retorno a la caldera, aprovechando así también de este modo el calor sensible de los humos en mucha mayor cuantía que las calderas de baja temperatura y también estándar. En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

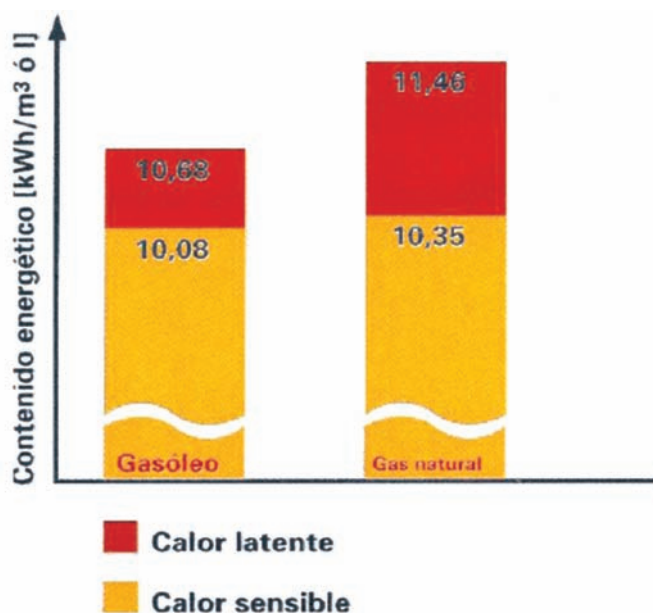


Figura 5. Contenido energético del gasóleo y el gas natural.

7.4.2. Diseño de las calderas de condensación

El aprovechamiento de la condensación será tanto mayor cuanto más condense el vapor de agua contenido en los gases de combustión. Sólo de esta forma el calor latente de los gases procedentes de la combustión puede convertirse en calor útil para la calefacción. En las calderas de baja temperatura, las superficies

de calefacción deben concebirse de forma tal que se evite la condensación de los gases procedentes de la combustión en el interior de las mismas. Todo lo contrario que en las calderas de condensación: los gases de combustión son conducidos hacia la parte inferior, en sentido contracorriente a la circulación del agua de caldera para de esta forma conseguir el máximo enfriamiento de los mismos.

El empleo de acero inoxidable de alta aleación ofrece la posibilidad de aplicar una geometría óptima en el diseño de las superficies de intercambio térmico. Para que el calor de los gases de combustión se traspase eficazmente al agua de la caldera, debe asegurarse un contacto intensivo de los gases de combustión con la superficie de intercambio. Para ello existen básicamente dos posibilidades:

Las superficies de calefacción pueden concebirse de forma tal que los gases de combustión se arremولين continuamente, evitando así la creación de un flujo de corriente principal de mayores temperaturas. Los tubos lisos no son adecuados para este fin. Deben crearse puntos de desvío y variaciones en su sección transversal.

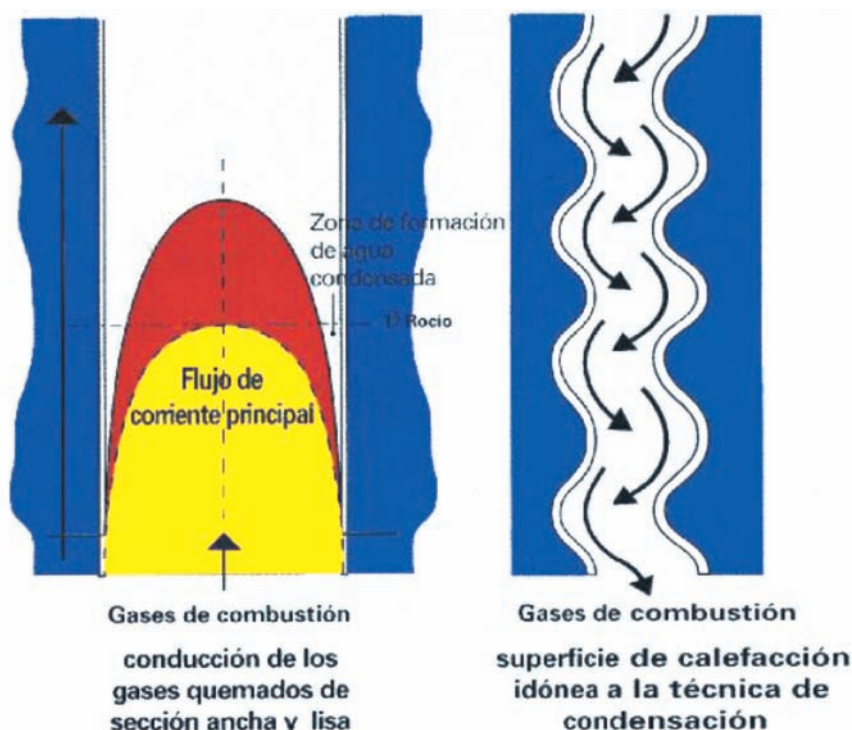


Figura 6. Requisitos físicos para los pasos de humos de mayor diámetro-superficie de calefacción Inox-Crossal.

A través de las superficies onduladas y enfrentadas se consiguen continuos cambios de sección del paso de los humos de combustión, lo que evita la formación de un flujo de corriente principal, que dificultaría la transmisión de calor y por lo tanto la condensación.

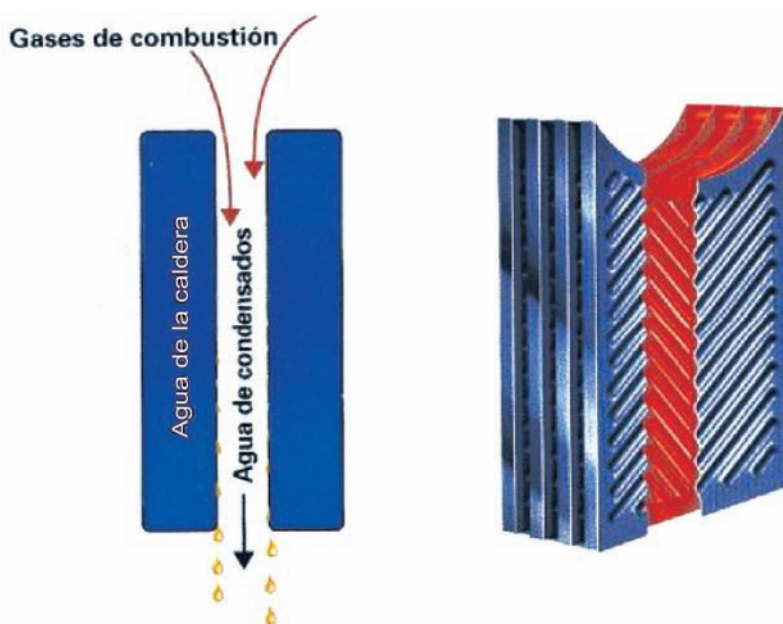
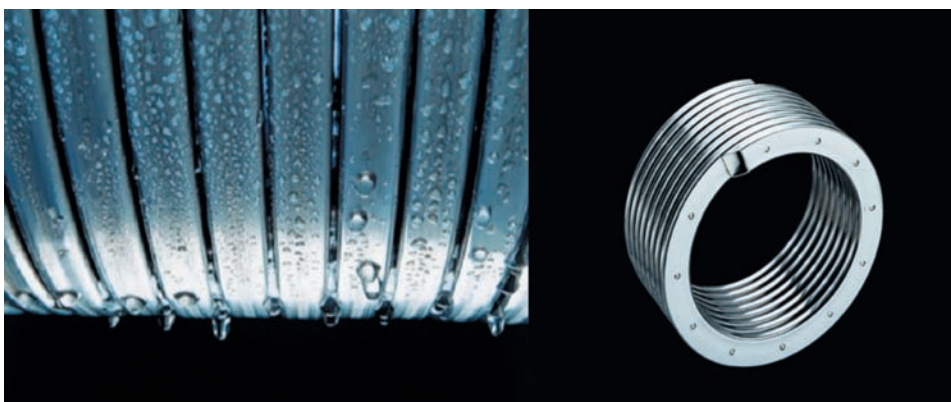


Figura 7. Conducción de los gases de combustión y del agua de condensados.



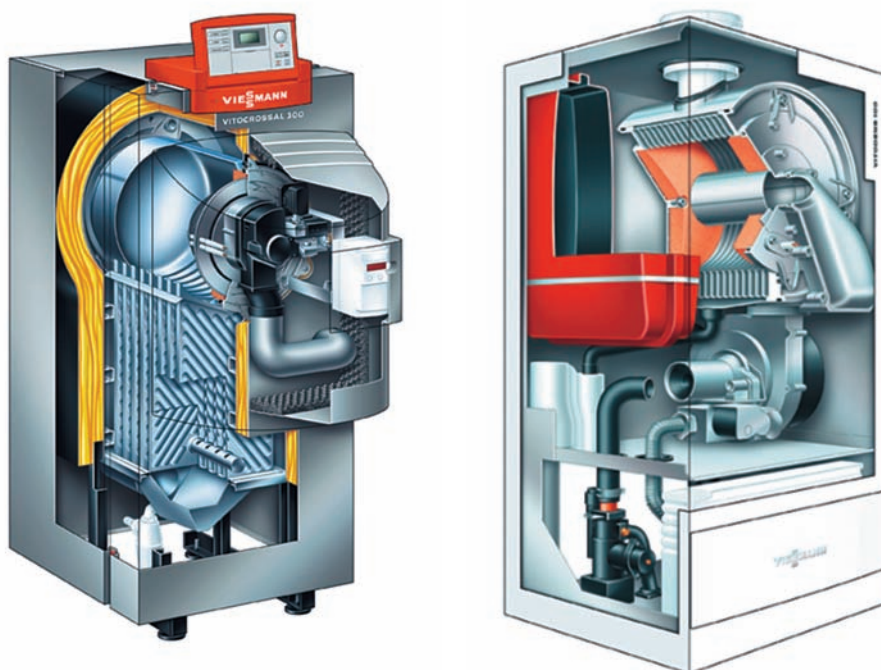


Figura 8. Vista seccionada de calderas de Condensación a gas de Viessmann.

7.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional

Una caldera de calefacción se dimensiona con el objetivo de cubrir completamente la demanda de calor con la temperatura exterior de diseño.

Las temperaturas de diseño para España se encuentran entre los $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperaturas exteriores tan bajas sólo se alcanzan en escasas ocasiones, por lo que el servicio de la caldera **a plena carga** se establece durante pocos días al año.

Durante el tiempo restante, tan sólo se requiere una pequeña fracción de la potencia térmica útil, resultando la **carga media** anual entre 20 y 30%.

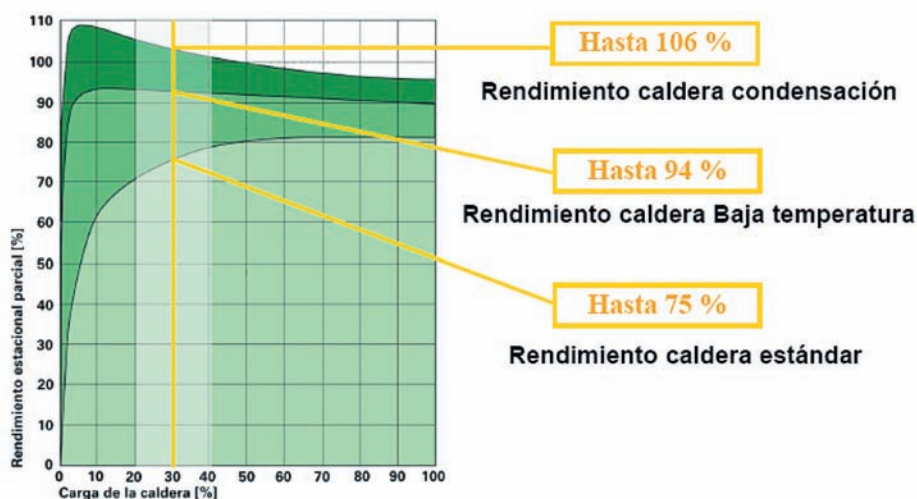


Figura 9. Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de baja temperatura y de condensación con respecto a las calderas estándar.

En la figura 9 se aprecia claramente como la utilización de calderas de baja temperatura y condensación, permite obtener elevados rendimientos estacionales y en consecuencia reducir de manera directamente proporcional el consumo de combustible.

7.6. Conclusiones

La dosificación del paso de calor es, junto con una regulación adecuada, la característica constructiva que permite a las calderas de baja temperatura adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, sin que se produzca en su interior condensaciones ácidas perjudiciales para la caldera.

Las calderas de condensación aprovechan una importante cantidad adicional de calor mediante el aprovechamiento precisamente de la condensación.

En ambos casos, el funcionamiento en función de las necesidades reales de la instalación reduce significativamente las pérdidas por radiación y convección y en consecuencia las pérdidas por disposición de servicio. Las calderas de condensación, mediante la recuperación del calor latente (calor de condensación) no sólo reducen aún más las pérdidas por calor sensible al enfriar intensivamente

los humos y reduciendo, por lo tanto, las pérdidas globales de energía, sino que el aprovechamiento de la condensación les permite obtener los mayores rendimientos estacionales y las convierte en el máximo exponente de ahorro y eficiencia energética.

Como resumen se puede partir de los siguientes valores de rendimiento estacional en función de la tecnología de la caldera:

- * Caldera Estándar: 75-80%
- * Caldera de Baja Temperatura: 91-96%
- * Caldera de Gas de Condensación: 105-109%

En los tres casos los valores de rendimiento estacional son relacionados al Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

Dado que el rendimiento estacional es directamente proporcional al consumo, las diferencias de estos rendimientos entre una caldera y otra serán exactamente las diferencias en los consumos de combustible, pudiendo observar que el ahorro energético que puede llegar a alcanzarse con una caldera de condensación con respecto a una estándar puede superar incluso el 30%.

Energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización

8.1. Introducción

El Sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología establecida, eficiente y no contaminante nos permite utilizarlo para iluminar y calentar nuestras casas y negocios reduciendo los consumos energéticos para la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción, el calentamiento de piscinas y la climatización. Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad del usuario sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire de las ciudades y del país; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa.

Quizás hace algunas décadas, era lógico que la energía obtenida de la radiación solar no se sustituyera por la obtenida de los combustibles convencionales, debido a la ausencia de recursos técnicos y del interés en la investigación de métodos capaces de hacer competente la energía solar con la energía de los combustibles, y probablemente por la falta de mentalidad social sostenible, comprometida con el medio ambiente y los recursos naturales.

En la actualidad, el Sol es una gran fuente de energía no aprovechada en su totalidad, si bien, se han conseguido desarrollar tecnologías capaces de aprovechar la radiación solar de forma que ésta puede competir con los combustibles convencionales, para la obtención de energía térmica, sobre todo cuando se trata de producir agua caliente sanitaria con temperaturas de preparación entre 45 y 60 °C, en estos casos, la fiabilidad de las instalaciones (y de sus componentes), los ahorros conseguidos y en definitiva la amortización de éstas, han sido probadas en múltiples ocasiones.

A lo largo de los últimos años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos muy significativos. Los principales mecanismos que explican este despertar solar están ligados tanto al crecimiento del interés social por la protección del medio ambiente, como a una actitud mucho más activa por parte de las Administraciones —tanto Ayuntamientos, como Comunida-

des Autónomas y Administración Central— que han abierto líneas de subvención mucho más generosas y que están introduciendo elementos de obligatoriedad solar dentro de las regulaciones de su competencia: las Ordenanzas Solares de los Ayuntamientos de Barcelona, Madrid (actualmente derogada), Sevilla, Burgos, etc., obligaban a la instalación de sistemas de aprovechamiento solar para la producción del agua caliente en las nuevas edificaciones —y reformas integrales— de las ciudades en las que habitan más del 30% de la población española (viviendas, hoteles, escuelas, etc.), antes incluso de la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación.

Con todo ello, el impulso de los sistemas de producción de agua caliente sanitaria con energía solar térmica, genera la necesidad de definir nuevas condiciones para el diseño, ejecución y mantenimiento de las instalaciones, principalmente en el actual escenario en el que no nos encontramos con una recomendación sino con una obligación, por medio de las Ordenanzas Solares y el Código Técnico de la Edificación.

El sector de las Instalaciones en Escuelas tiene uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus usuarios para un desarrollo de sus actividades diarias (duchas, calentamiento de piscinas, etc.). Estos usuarios cada vez exigen unos niveles de calidad y de servicios superiores y entre las nuevas muestras de calidad que valoran, destaca el compromiso del edificio con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en los edificios representa, desde este punto de vista, no sólo una buena oportunidad de reducir la factura energética con rentabilidades atractivas, sino que además sirve de muestra del compromiso de esta tipología de instalaciones con la protección del medio ambiente. Cuando se combinan las aplicaciones solares con otras medidas de ahorro energético (sustitución de generadores convencionales de calor, aislamiento, etc.), se consiguen unas rentabilidades especialmente interesantes.

8.2. Posibilidades de ahorro solar de instalaciones en escuelas

Los gastos energéticos en las instalaciones en escuelas siguen una corriente ascendente cada vez más significativos. Sin embargo, todavía hay un gran desconocimiento de las posibilidades de ahorro energético y económico ya que, normalmente, las partidas energéticas no se gestionan, ni se miden separadamente. El criterio usual de selección de los equipos e instalaciones suele

ser el de minimizar la inversión inicial —eso sí, siempre garantizando la seguridad de suministro de calor— sin tener muy en cuenta los consumos energéticos a posteriori.

Del análisis de las necesidades energéticas de las instalaciones en escuelas en España, podemos afirmar que las opciones más claras —por orden de importancia— que se prevé para la utilización del Sol para reducir los consumos energéticos son:

1. Producción solar de agua caliente sanitaria.
2. Climatización solar de piscinas cubiertas.
3. Calefacción y refrigeración solar.

8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes

Un sistema solar está constituido por el colector solar, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada. En su diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación control y operación.

Con todo ello el rendimiento anual del sistema, que será función de la tecnología empleada, dependerá principalmente de los siguientes factores:

- ✱ Colector: parámetros de funcionamiento η_0 (Eficiencia Óptica, ganancia de energía solar) y k_1 y k_2 (Pérdidas Térmicas).
- ✱ Caudal de diseño: bajo flujo y estratificación.
- ✱ Intercambiador: eficiencia.
- ✱ Tuberías: longitud, diámetro y aislamiento.
- ✱ Almacenamiento: volumen y estratificación.
- ✱ Control: diferencial de temperaturas, radiación, caudal variable, etc.

- * Operación y seguridades: expansión, purgadores, válvula de seguridad, etc.
- * Criterios de diseño.



Figura 1. Componentes de una instalación solar.

8.3.1. Subsistema de captación

El colector solar térmico es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía térmica, de manera que se calienta el fluido de trabajo que ellos contienen.

Toda la energía que incide sobre el colector solar no puede ser considerada como energía útil, de manera que al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección y radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura del fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores esta temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150-200 °C.

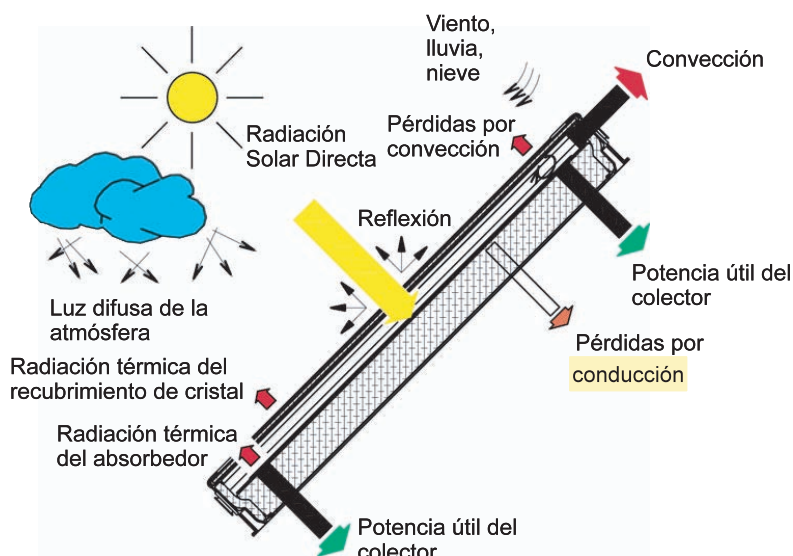


Figura 2. Balance energético en un colector solar.

Con todo ello y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, Fig. 3, se deduce que nos interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

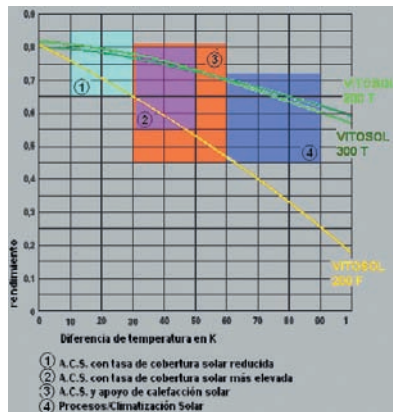
$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$$

η = Rendimiento (Eficiencia).
 η_o = Rendimiento Óptico (eficiencia óptica).
 k_1, k_2 = Pérdidas Térmicas; engloba pérdidas por conducción, convección y radiación.
 ΔT = Diferencial de Temperaturas (entre la temperatura media de trabajo del colector y la temperatura ambiente, °C)
 E_g = Radiación solar, W/m².

Figura 3. Ecuación de la curva de rendimiento de un colector solar.

Los colectores solares son el corazón de cualquier sistema de utilización de la energía solar: absorbe la luz solar y la transforma en calor. Los criterios básicos para seleccionarlo son:

- ✱ Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.
- ✱ Durabilidad y calidad.
- ✱ Posibilidades de integración arquitectónica.
- ✱ Fabricación y reciclado no contaminante.



«Eg»: Intensidad de irradiación = 800 W/m²

Figura 4. Curvas de rendimiento de colectores solares de alta eficiencia.

Dependiendo de la aplicación, el tipo de colector solar que hay que utilizar varía. Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura (<100 °C) los sistemas con colectores de placa plana son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío, Fig. 5. Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas —mayor rendimiento— al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y sus mayores posibilidades de integración arquitectónica. La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.

Colectores planos Vitosol 200F y 300F Colectores de vacío Vitosol 200T y Vitosol 300T

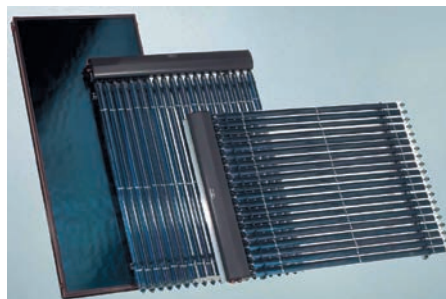


Figura 5. Ejemplos de tecnología.

Al igual que ocurre con las calderas, la utilización de colectores más eficientes tiene una influencia mucho más significativa en la productividad anual que la que se puede deducir de la comparación directa de los rendimientos instantáneos (relación entre el calor extraído del colector en un momento dado y la radiación solar disponible en ese momento). Además, se pueden encontrar reducciones significativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar ya que para un mismo aporte solar hacen falta instalar menos m^2 de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños).

Desde el punto de vista de la integración arquitectónica, una ventaja que tienen los colectores de vacío de absorbente plano es que permiten una mayor flexibilidad de montaje. Así, los tubos de vacío con absorbente plano se pueden instalar en una superficie horizontal o vertical y girar los tubos para que su absorbente esté a la inclinación adecuada.

8.3.2. Subsistema de acumulación



El Sol es una fuente de energía que no podemos controlar, su producción nos llega de forma continuada durante una media de 12 horas al día, a razón de 1.400-1.800 kWh/ m^2 año, lo que equivale a que por cada m^2 recibimos la energía obtenida de quemar unos 165-200 litros de gasóleo; esto es, con la energía solar que llega en 5 m^2 podríamos suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100 m^2 .

Pero esta energía no nos llega en el preciso momento en que la necesitamos, sino repartida durante todas las horas de sol. Opuesta a esta producción nos encontramos con los perfiles de consumo de las instalaciones, que variarán en función de su uso. Por ejemplo, en las instalaciones de ACS en viviendas tendremos dos-tres picos de consumo al día, en las instalaciones de calefacción el horario de funcionamiento normalmente comenzará después de las 12 del mediodía y sólo durante el invierno, etc.

Para conseguir acoplar la producción del sistema solar con el consumo de la instalación siempre nos hará falta una acumulación de energía solar. Esta acumulación tendrá mayor o menor volumen en función de dos factores principales:

- * El nivel de cobertura con energía solar de la demanda de la instalación.
- * El perfil de consumo de la instalación.

Cuanto mayor sea el nivel de cobertura, mayor tendrá que ser esta acumulación. La mayor heterogeneidad del perfil de consumo también hará que sea necesaria una acumulación mayor.

El cálculo del volumen de acumulación solar adecuado para cada instalación tiene una gran importancia, porque de este volumen va a depender en gran medida el rendimiento de todo el sistema solar. Para calcular el volumen exacto de acumulación solar en una instalación habrá que hacer un análisis de sensibilidad, analizando el rendimiento del sistema solar con diferentes volúmenes de acumulación y comparando el beneficio de su utilización con la inversión inicial necesaria.

Otro factor de gran influencia en el rendimiento del sistema solar será la estratificación térmica de la acumulación solar, a mayor estratificación mayor será el rendimiento de la instalación solar. La estratificación térmica de la acumulación hace posible que la temperatura de entrada al colector solar sea lo más baja posible, lo que mejora su rendimiento. Esta estratificación se puede conseguir en mayor o en menor grado en función de las medidas de diseño que se tomen. Como medidas básicas se deben adoptar las siguientes: utilización de depósitos verticales y conexión en serie de la batería de depósitos. Una estratificación mayor se puede conseguir mediante diseños más sofisticados, funcionamiento a bajo flujo del circuito primario solar con caudal variable o depósitos especialmente diseñados para favorecer la estratificación térmica.

Una de las consecuencias más importantes de la necesidad de acumulación de energía con los sistemas solares es que el cálculo del sistema solar siempre se tiene que hacer en función de la energía demandada y no de la potencia. Esto implica un cambio en el cálculo clásico de las instalaciones, que normalmente se hace basándose en potencias y demandas máximas (el peor día del invierno, etc.) y no basándose en consumos medios diarios como es el caso del diseño solar.

8.3.3. Subsistema de intercambio

La mayoría de los sistemas solares térmicos son de circuito indirecto. Por lo que existe un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Los circuitos indirectos, es decir, instalaciones con dos circuitos, uno primario (captadores solares, que funcionan como un generador de calor; el sistema de bombeo; el sistema de intercambio, que transmite la energía producida al almacenamiento; y el sistema de expansión y seguridad) y otro secundario (acumulador solar y sistema de bombeo), son de obligada utilización en zonas con riesgo de heladas (el circuito primario se llena con un líquido anticongelante) o zonas en las que la calidad del agua sea baja, aguas duras, con riesgo de incrustaciones calcáreas.

8.3.4. Subsistema de regulación y control

Se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar. Las estrategias de regulación y control no son complejas, de manera que suelen consistir en el de marcha -paro de una bomba en función de un diferencial de temperatura establecido en la regulación- y en el de control de la temperatura de un acumulador (termostato de seguridad o máxima), en instalaciones complejas, mediante el sistema de regulación y control podemos realizar múltiples operaciones mejorando el rendimiento de éstas.



Figura 6. Regulación solar Vitosolic 100 y 200.

8.3.5. Subsistema de energía auxiliar o convencional

Todas las instalaciones solares térmicas han de incluir un sistema de apoyo convencional, para cubrir las necesidades de los usuarios durante los períodos en que el

sistema solar no pueda cubrir toda la demanda, por los siguientes motivos; por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente, es decir, que la demanda media anual calculada no coincide con la diaria.

Es muy importante que la instalación solar trabaje en sintonía con el resto de la instalación del edificio para garantizar el correcto funcionamiento y el máximo aprovechamiento —ahorro energético— del sistema en su conjunto.

El sistema de apoyo siempre tiene que estar dimensionado como si el sistema solar no existiese, ya que la función principal del sistema auxiliar será la de cubrir los picos de demanda, incluso en los momentos en los que la aportación del sistema solar sea insuficiente.

En la mayor parte de los casos el método más sencillo y eficiente para realizar la integración es conectar en serie la producción de dos generadores diferentes, por un lado, se tendrá el sistema solar y, por otro, el sistema de apoyo convencional.

Independientemente de la tipología de sistema convencional utilizado, es muy importante la posición relativa de éste; las distintas opciones que se pueden encontrar son:

- ✱ **Inmerso en el acumulador solar**, para esta configuración existen dos posibilidades en función del tipo de energía convencional utilizada, es decir, resistencia eléctrica (de menor eficiencia en tanques monovalentes) o gas natural, GLP, gasóleo, etc., mediante otro serpentín sumergido en la parte superior del acumulador (mayor eficiencia en tanques bivalentes esbeltos, en los que la estratificación se mantenga, de manera que la caldera sólo debe poder actuar sobre el 50% del volumen del tanque).
- ✱ **En serie con el acumulador solar**: con esta configuración el sistema de energía convencional ha de ser modulante por temperatura y resistir entradas de agua precalentada entre 60-70 °C de temperatura. El rendimiento es el más alto ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, mayor eficiencia.
- ✱ **En paralelo con el acumulador solar**: es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos, **conexión menos eficiente** ya que no se aprovecha el agua precalentada solar, sería un todo-nada. Estas calderas no aceptan agua precalentada.

- ✱ **Inmerso en acumulador en serie con acumulador solar:** con esta configuración se puede aprovechar el precalentamiento del agua solar (aún no a la temperatura de consumo) con el consiguiente ahorro energético, **conexión más eficiente**. El acondicionamiento del acumulador convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo, GLP o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el de suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- ✱ Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- ✱ Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- ✱ Garantice un uso seguro de la instalación.

Para maximizar el ahorro energético y dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

8.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica

En instalaciones compartidas por varios usuarios, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir, un único sistema de captación, intercambio y acumulación solares.

En instalaciones de producción de ACS esto significará que la acumulación de agua calentada por el sistema solar se conectará a la entrada de agua fría de la instalación. El agua precalentada por el sistema solar pasará después, según se produzca el consumo, al sistema de calentamiento convencional (interacumulador calentado con caldera, calentador instantáneo modulante, termo eléctrico, etc.).

En este tipo de esquema existe un primer depósito en el que entra directamente el agua de red y que es calentado por el sistema solar, el depósito calentado por caldera es colocado en serie, siendo su entrada la salida del depósito solar. Para instalaciones con consumos de 1.000 a 3.000 l/día el esquema se suele resolver mediante interacumuladores, tanto para el sistema solar como para el convencional. En sistemas con consumos mayores de 5.000 l/día la acumulación solar se resuelve normalmente mediante acumuladores e intercambiador de placas externo. Para consumos mayores suele ser interesante realizar la acumulación solar en circuito cerrado mediante dos intercambiadores de placas, de este modo se economiza sensiblemente la inversión inicial en acumulación solar al poder utilizar tanques de acero al carbono sin recubrimiento.

En la Fig. 7, se muestra un esquema tipo de ACS solar, si bien en este caso se han separado los circuitos de agua de consumo y de extracción de agua caliente solar mediante un intercambiador para evitar la necesidad del tratamiento anti-legionella en el acumulador solar.

A continuación se analizan algunas de las configuraciones básicas que se pueden aplicar para la conexión del sistema solar con la instalación convencional.

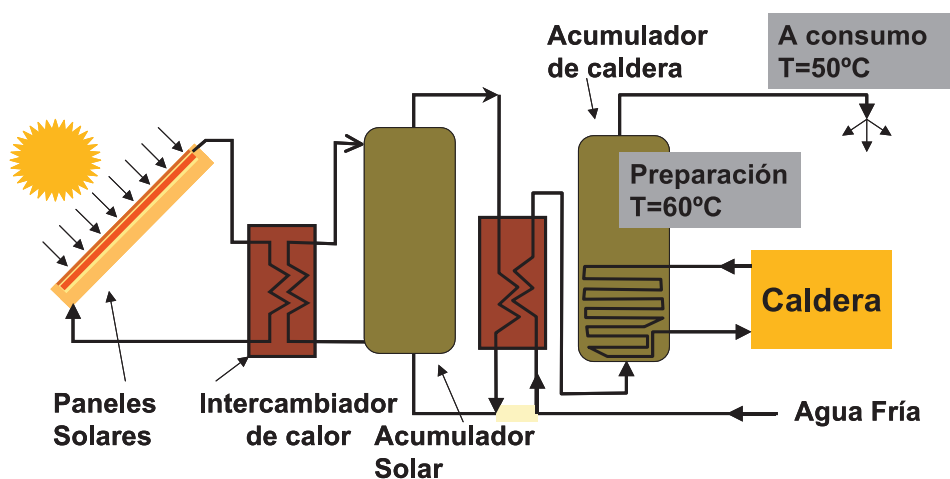


Figura 7. Sistemas de ACS con interacumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera.

8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica

Una de las aplicaciones más interesantes y eficientes de utilización de la energía solar es el calentamiento de piscinas ya que las temperaturas requeridas son bajas y las demandas energéticas muy grandes. En el caso de piscinas cubiertas es usual el instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de calor —para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretensión— dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort —temperatura y humedad— en la piscina. En la Fig. 8 se muestra un esquema tipo para esta aplicación.

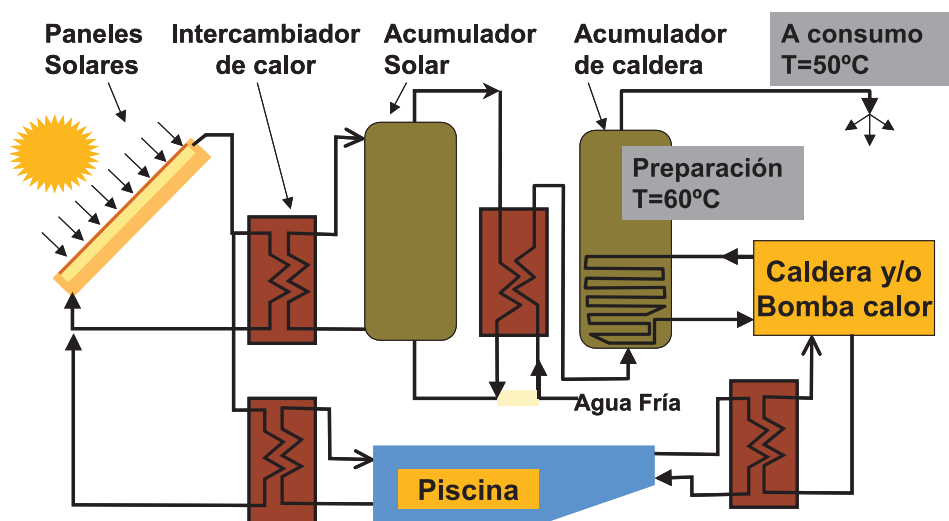


Figura 8. Esquema tipo de aplicación solar para ACS y Piscina.

8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica

En sistemas de calefacción, y en general en circuitos cerrados, la conexión del sistema solar ha de hacerse donde se encuentre la temperatura más baja del circuito. Normalmente este punto es el retorno de la instalación. En la Fig. 9 se

muestra el esquema tipo: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno y de esta manera precalentamos el retorno y ahorramos combustible en la caldera.

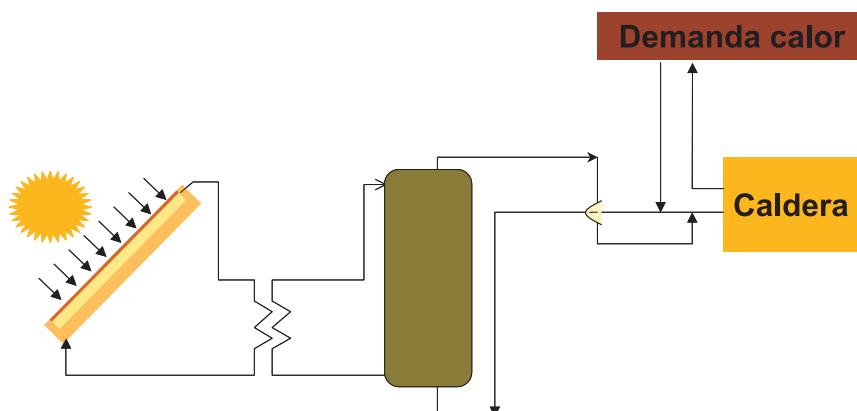


Figura 9. Esquema tipo de aplicación solar para Calefacción y ACS.

Si bien está bastante claro que el punto de conexión del sistema solar debe ser siempre el punto más frío de la instalación de calefacción, en ocasiones hay que hacer un análisis cuidadoso de la instalación para poder determinar cuál es este punto. En instalaciones clásicas en las que existe un único colector de impulsión y otro de retorno, el punto de conexión del sistema solar será siempre entre el colector de retorno y la caldera. Para hacer la conexión, la solución más sencilla es colocar una válvula de tres vías diversora que obligue al agua de retorno de la calefacción —cuando el retorno esté más frío que los tanques solares— a circular por la acumulación solar, donde será precalentado con la energía acumulada, para volver a entrar en la caldera a continuación.

En instalaciones de calefacción más complejas decidir el punto exacto de conexión del sistema solar a calefacción puede ser menos inmediato. Por ejemplo, si existe un distribuidor menor formado por colector de impulsión y colector de retorno conectados a un colector corrido, el lugar más indicado para conectar la instalación solar no sería entre el colector corrido y el retorno de caldera, ya que este punto del retorno puede llegar a estar a una temperatura elevada. En este caso habría que conectar el sistema solar entre el colector menor de retorno y el colector corrido.

Además del correcto conexionado de los dos sistemas de producción, otro elemento muy importante para un buen rendimiento de los sistemas de calefac-

ción con energía solar es el elemento de distribución del calor. Los sistemas solares tendrán mejor rendimiento con aquellos sistemas que trabajan con temperaturas de retorno más bajas, suelo radiante, *fan-coils*, sistemas de radiadores dimensionados para temperatura de impulsión de 60 °C o inferior, etc.; en ese sentido utilizar calderas que puedan trabajar con temperaturas de retorno más bajas (calderas de baja temperatura o condensación) siempre simplifica el funcionamiento de la instalación en su conjunto, aparte de, por supuesto, conseguir un ahorro energético global mucho mayor.

8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica

Para la aplicación del sistema solar a la producción de frío se utilizan máquinas de absorción con unas temperaturas de trabajo de 80-90 °C. Para suministrar energía a estas temperaturas a la máquina de absorción se puede conectar el equipo al distribuidor de caldera como un consumidor más en la instalación. Conectando la máquina al distribuidor de calefacción el apoyo del sistema solar se podrá aplicar tanto a la producción de frío como al apoyo de calefacción de forma sencilla y natural, la única diferencia entre la temporada de calefacción y de refrigeración para el sistema solar será la temperatura de retorno en cada época.

Este sistema de conexión de la máquina de absorción con el sistema solar es especialmente aconsejable en instalaciones en el que el único generador de frío es la máquina de absorción, Fig. 10.

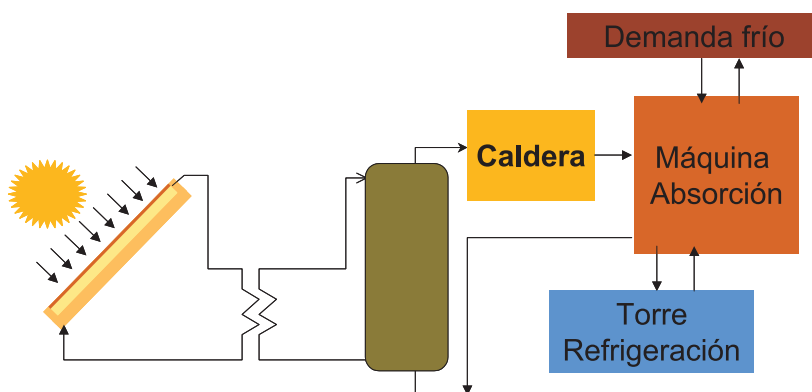


Figura 10. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con sólo máquina de absorción.

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, a pesar de las diferencias de coste entre el kWh térmico producido por gas o gasóleo para alimentar la máquina de absorción y el kWh eléctrico (de 2 a 3 veces más caro) para alimentar la bomba de calor, como el COP en frío de las bombas de calor suele ser superior a 3 y las inversiones iniciales suelen ser bastante inferiores, la mayoría de los gimnasios suelen elegir bombas de calor para cubrir sus necesidades de frío. Desde ese punto de vista cuando se decide instalar una instalación solar para climatización mediante máquina de absorción, los consumos en los gimnasios suelen ser lo suficientemente altos para que además de la máquina de absorción se instalen bombas de calor (enfriadoras) para la producción de frío. En este caso la producción de frío mediante energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar, Fig. 11, ya que no es interesante —ni desde un punto económico, ni medioambiental— utilizar combustible en la máquina menos eficiente.

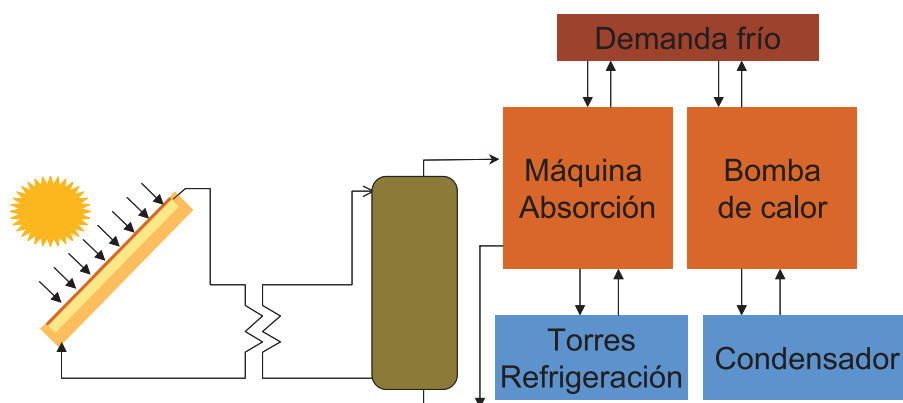


Figura 11. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: modo frío.

8.6. Caso práctico: producción de ACS y climatización de piscina en escuelas mediante energía solar

8.6.1. Objetivo

El fin de éste caso es mostrar el potencial que la instalación de producción de agua caliente sanitaria y calentamiento del vaso de piscina de una escuela en la

Comunidad de Madrid, tiene para mejorar el medio ambiente aprovechando la energía solar, de manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort.

8.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos

El planteamiento de nuestro diseño del sistema de producción de agua caliente sanitaria y calentamiento del vaso de piscina, ha sido el de garantizar el máximo confort y economía del usuario, compatible con el máximo ahorro energético y la protección del medio ambiente, cubriendo las necesidades energéticas mediante la combinación del sistema de producción convencional con los colectores solares Viessmann.

La superficie de colectores solares seleccionada como óptima para cumplir las restricciones de confort, economía y protección del medio ambiente ha sido de 65,24 m². La cobertura de las necesidades energéticas con energía solar es del 62,5% de la energía total anual necesaria, evitando la emisión de grandes cantidades de gases contaminantes. A continuación desarrollamos estos resultados.

Para el cálculo del consumo total de agua caliente sanitaria se ha partido de los siguientes datos:

- ✱ Criterio de cálculo de la demanda: CTE.
- ✱ Consumo medio diario: 1.980 L/día a 60 °C.
- ✱ Según el Código Técnico de la Edificación, Madrid se encuentra en Zona Climática IV, y para la demanda considerada se deberá llegar a suministrar un 60% de la demanda de ACS como mínimo.

El Consumo de Energía estimado para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria es de 39.477 kWh/año, en el balance energético se muestra en la columna «Consumo Energía para ACS». Para el cálculo de este valor se parte de las temperaturas de agua de red y de consumo, y de los litros de ACS consumidos, que se muestran en la columna «Consumo de ACS a 60 °C». Se toman también en consideración las pérdidas térmicas asociadas a la demanda de ACS.

Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna «Energía Solar aportada al ACS», donde puede verse que en esta instalación asciende a un total de 25.534 kWh/año. Esta energía deja de ser aportada por el generador auxiliar, siendo suministrada por el sistema solar.

Expresado en porcentaje, el ahorro anual de energía para A.C.S. gracias al sistema solar es del 64,7%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna «Fracción Solar del Consumo Energía para ACS» del balance energético.

La demanda de energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura del agua del vaso, en el periodo de servicio de la piscina, se obtiene del balance resultante del cálculo de: las pérdidas térmicas con el entorno, las necesidades de calentamiento del agua de reposición, la recuperación de calor obtenida del aire de renovación del recinto (caso de recintos con climatización del ambiente) y/o agua de reposición.

La demanda de calor de los vasos de las piscinas es de 61.144 kWh/año. En el balance energético se muestra en la columna «Demanda de Calor del vaso de la piscinas a $T^a > 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ », resumiendo el cálculo mes a mes.

Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna «Energía Solar aportada a la piscina», que en esta instalación asciende a un total de 37.327 kWh/año. Esta energía deja de ser aportada por el generador auxiliar, siendo suministrada por el sistema solar.

Expresado en porcentaje, el ahorro anual de energía en el vaso de la piscina gracias al sistema solar es del 61%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna «Fracción Solar de la Dem. de Calor del vaso». Este porcentaje expresa la relación entre la energía solar aportada a las piscinas y el calor necesario para mantener la temperatura ponderada deseada en los vasos de las piscinas.

La energía solar que llega a los colectores se muestra en la columna «radiación disponible», este dato depende de la localización, así como de la orientación, inclinación y superficie total de colectores solares. Para su cálculo se parte de datos de radiación contrastados.

- ✱ Para el caso de la piscina cubierta, se deberá aportar un 60% de la demanda de la misma según el CTE en Madrid.

Tabla 1. Datos de la instalación

Mes	Consumo de ACS a 60 °C	Tª agua fría	Demanda de ACS	Pérdidas Térmicas Demanda de ACS	Consumo Energía para ACS	Demanda de Calor del vaso de la piscina a T>24°C	Energía Solar aportada al ACS	Energía Solar aportada a la piscina	Fracción Solar de la Demanda de ACS	Fracción Solar del Consumo Energía para ACS	Fracción Solar de la Dem. de calor del vaso	Tª media de servicio de la piscina
	Litros	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%	%	%	°C
ene	58590	8,6	3495	112	3607	5219	1829	1263	52,3	50,7	24,2	24,3
feb	52920	8,1	3191	202	3393	4675	2134	1412	66,9	62,9	30,2	24,4
mar	58590	8,9	3477	184	3661	5257	2702	1961	77,7	73,8	37,3	24,4
abr	56700	11,0	3229	163	3392	5155	1730	3665	53,6	51,0	71,1	24,7
may	58590	13,7	3149	227	3376	5232	2539	3584	80,6	75,2	68,5	24,7
jun	56700	16,4	2870	224	3094	5130	2447	4114	85,3	79,1	80,2	24,8
jul	58590	18,3	2836	205	3041	5430	2646	5365	93,3	87,0	98,8	25,4
ago	58590	18,9	2794	205	2999	5339	2375	5339	85,0	79,2	100,0	25,4
sep	56700	18,1	2761	143	2904	5095	2053	4611	74,4	70,7	90,5	25,2
oct	58590	16,0	2996	246	3242	4799	1887	3110	63,0	58,2	64,8	24,8
nov	56700	13,2	3081	139	3220	4795	1436	1990	46,6	44,6	41,5	24,4
dic	58590	10,5	3366	181	3547	5016	1756	913	52,2	49,5	18,2	24,2
Anual	689850	13,5	37245	2232	39477	61144	25534	37327	68,6	64,7	61,0	24,7

Mes	Demanda Total de Energía	Radiación disponible	Tª amb.	Energía Solar Producid.	Pérdidas Térmicas Producc. Solar	Energía Solar aportada Total	Fracción Solar Demanda Total de Energía	Eficacia del Campo Solar	Eficacia del Sistema Solar
	kWh	kWh	°C	kWh	kWh	kWh	%	%	%
ene	8827	6345	6,2	3198	106	3092	35,0	50,4	48,7
feb	8068	7018	7,3	3663	117	3546	44,0	52,2	50,5
mar	8919	9212	9,9	4822	159	4663	52,3	52,3	50,6
abr	8547	9661	12,1	5535	140	5395	63,1	57,3	55,8
may	8608	11113	16,1	6312	189	6123	71,1	56,8	55,1
jun	8223	11480	20,5	6821	260	6561	79,8	59,4	57,2
jul	8472	13182	24,4	8343	332	8011	94,6	63,3	60,8
ago	8338	13057	24,0	8229	515	7714	92,5	63,0	59,1
sep	7999	10867	20,3	6908	244	6664	83,3	63,6	61,3
oct	8042	9070	14,7	5257	260	4997	62,1	58,0	55,1
nov	8015	6532	9,2	3534	108	3426	42,7	54,1	52,4
dic	8564	5662	6,5	2768	99	2669	31,2	48,9	47,1
Anual	100621	113199	14,3	65390	2529	62861	62,5	57,8	55,5
Área de captación (m²): A =				65,24	Volumen acumulación solar (litros): V =				2000
Modelo captador: Vitosol 300 F SH3A					Volumen solar específico (l/m²): V/A =				30,7
Nº de captadores:				28					
Orientación (°Sur; O+; E-):				0	Aporte solar anual específico (kWh/m²):				963,53
Inclinación (°):				40	Ahorro de emisiones de CO ₂ (kg/año):				14776

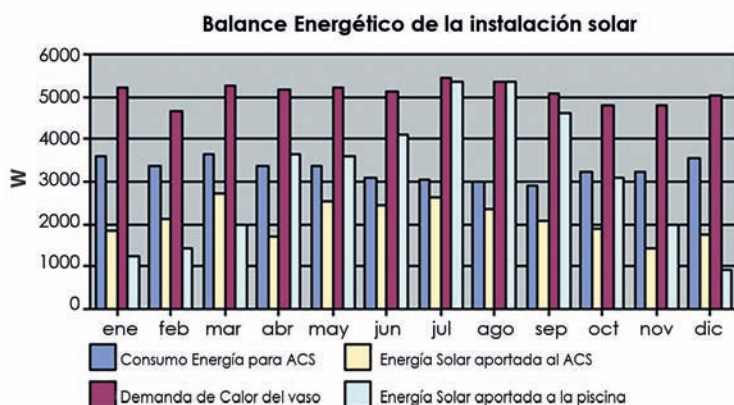


Figura 12. Balance energético de la instalación solar.

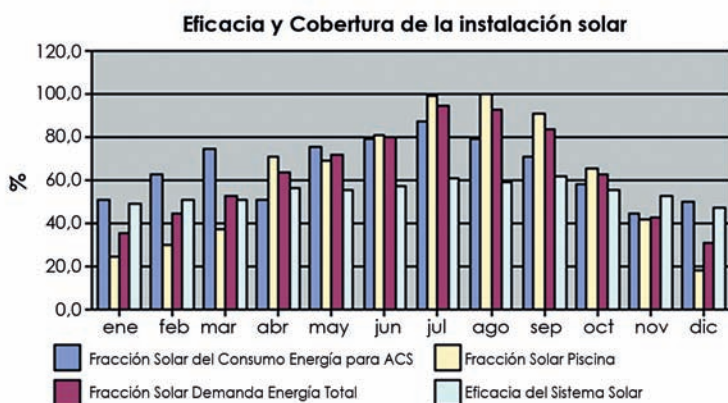


Figura 13. Eficacia y cobertura de la instalación solar.

8.6.3. Ahorro de emisiones de CO₂

La instalación de un sistema solar, además de ahorro energético, producirá una gran reducción de las emisiones producidas al entorno. En la siguiente tabla se presenta el cálculo de los Kg de CO₂ que se dejarán de emitir gracias al sistema solar.

Tabla 2. Ahorro de emisiones de CO₂.

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ * (kg/GJ)	CO ₂ evitados kg/año
Gas Natural	55,5	14.776
Ahorro energético anual - Energía (kWh/año)	62.661 kWh/año	
Ahorro de emisiones - kg de CO ₂ en 20 años*	295.520 kgCO ₂	
Reducción Emisiones en millones de km equivalentes de coches nuevos (CO ₂ evitado en 20 años)**	2,46 Millones de km	
Número de árboles equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años)***	5.373 árboles	
Hectáreas de bosques equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años)***	1,28 hectáreas	

* EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97).

** Comisión Europea. Objetivo 2005.

*** ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management.

8.7. Resumen de los beneficios de solarizar los centros escolares

Los principales beneficios son:

- ✳ Reducir la factura energética.
- ✳ Pagar las inversiones con parte de los ahorros.
- ✳ Mejorar el medio ambiente urbano.
- ✳ Mejorar la imagen de las instalaciones públicas.

Los principales factores que están limitando su desarrollo son:

- ✳ Falta de contabilidad de costes energéticos.

y los que lo están favoreciendo:

- ✳ Preocupación medioambiental.
- ✳ Las demandas energéticas son grandes y en fase con la disponibilidad del Sol, lo que nos lleva a instalaciones solares eficientes y con rentabilidades muy interesantes especialmente al contabilizar los beneficios ambientales y de imagen pública.

Geotermia por agua y aire en centros escolares. Calidad ambiental y eficiencia energética en ventilación y climatización

9.1. Introducción

El de los centros escolares es un ámbito extraordinariamente delicado para cualquier intervención, incluidas las orientadas a mejorar la eficiencia energética de los edificios.

Cuando proyectamos un sistema energético no lo hacemos para un edificio, ni para cumplir con las exigencias de un cuerpo normativo, lo hacemos para sus usuarios. Cuando proyectamos un edificio eficiente lo hacemos para conseguir un óptimo en el equilibrio entre los costes soportados a lo largo de su ciclo de vida y las prestaciones que aporta a sus usuarios. Cuando proyectamos edificios concebidos como sistemas energéticos para los niños que estudian y juegan dentro de ellos y entorno a ellos, trabajamos para uno de los grupos más apasionantes y sensibles de nuestra población.

Los niños desarrollan, por su propia condición fisiológica, por su potente ritmo metabólico, por sus características físicas y por las condiciones en las que interactúan entre ellos, con otras personas y con distintos elementos y dispositivos, en el contexto de distintos campos de actividad, una tasa de intercambio físico, químico y energético con el medio muy superior al de los adultos. Por ello la calidad ambiental del medio en el que desarrollan su actividad es, más que fundamental, crítica para garantizar el equilibrio y la armonía en su desarrollo y en la progresión en las actividades vinculadas a su trabajo y a su formación.

Los niños respiran mucho más aire por Kg de masa corporal que un adulto, tienen mucha más superficie de piel en contacto con el medio que un adulto, su ritmo metabólico y por lo tanto la velocidad de asimilación de cualquier elemento con el que interactúan es mucho más rápido que el de la población adulta, se mueven y respiran mucho más cerca del suelo que los adultos. En ellos los factores relativos a la iluminación, la temperatura y la ventilación influyen directamente sobre la productividad, la salud, el confort y el absentismo.

Todos los padres sabemos hasta que punto la alta densidad de ocupación de las aulas y la intensa interacción entre los niños, que tienen además una actitud mucho menos restringida y desinhibida respecto a la interacción multisensorial con otros niños, tocar y tocarse, chupar, comer y compartir; son factores que propician y provocan la rápida y efectiva transmisión de todo tipo de factores biológicos entre individuos incluyendo los patógenos. Luego estamos trabajando para individuos que por su propia condición dinámica y por el medio y el contexto de su interacción, capturan y transmiten con gran facilidad todo lo que les rodea, y asimilan y reaccionan con gran sensibilidad a todo lo que les afecta. Y todo esto además en el contexto de un proceso muy trascendente para toda la sociedad como es la educación y la formación.

Por otro lado los costes energéticos ligados a la explotación de los centros escolares suponen una carga económica muy importante, la tercera tras las instalaciones y los sueldos de profesores y empleados, y más que los libros y los ordenadores juntos; cuya reducción debe permitir redirigir valiosos recursos hacia la mejora de las instalaciones, la mejora de los sueldos de los profesores, del material y los libros, entre otros.

La utilización inteligente de los recursos bioclimáticos adecuados al emplazamiento de los edificios y una concepción más eficiente de su envolvente son claves para reducir la demanda energética. La utilización de sistemas eficientes y equilibrados de generación y transmisión de energía al medio de actividad, la utilización de equipos eficientes y la implementación de programas de operación y mantenimiento para la eficiencia permitirán cubrir esa demanda energética con el menor coste. La reducción de los costes operativos imputables a la energía permite atenuar el impacto en la planificación presupuestaria de las variaciones de su precio, permanentemente al alza. Invertir en eficiencia energética permite estabilizar los costes energéticos a medio y largo plazo y planificar sin sobresaltos.

Los costes de construcción de una escuela eficiente no son superiores a los de una escuela típica con prestaciones equivalentes. Estamos acostumbrados a pensar que la eficiencia energética cuesta más a causa del cúmulo de percepciones equivocadas sobre lo que es eficiencia y sostenibilidad en la edificación, a las que en buena parte nos ha inducido una política de "renovables" asociada a la idea de añadir equipos de generación, a veces incluso redundantes, a los edificios y no a la concepción integral, desde el origen, de edificios ahorradores y eficientes en sus prestaciones, que es lo que resulta finalmente viable y rentable desde el estudio inicial de viabilidad técnico económica hasta los costes de operación y mantenimiento a lo largo de todo el ciclo de vida.

En este capítulo vamos a exponer las posibilidades de aplicación y las prestaciones que, en términos de interacción con los usuarios, calidad ambiental y reducción de demanda energética y costes, supone la utilización en edificios escolares eficientes de los sistemas de intercambio geotérmico:

- ✱ Intercambio tierra-aire, para el pretratamiento térmico del aire en un sistema eficiente de ventilación.
- ✱ Utilización integrada de la masa construida de los edificios como sistema radiante de climatización termoactivo, y del terreno como acumulador de energía, mediante dispositivos de intercambio geotérmico por agua y bomba de calor geotérmica.

El intercambio geotérmico permite resolver con enorme eficiencia energética, los dos vectores fundamentales del confort y la salud en los centros escolares, la calidad del aire y la climatización.

9.2. Calidad del aire en los centros escolares. Necesidad de ventilación y climatización eficientes

La mayoría de la gente sabe que la contaminación atmosférica al aire libre puede dañar su salud pero no sabe que la contaminación del aire en los espacios interiores puede también tener un impacto muy significativo. Los niveles de agentes contaminantes en espacios interiores pueden ser de 2 a 5 veces superiores que al aire libre.

La buena calidad del aire interior en las escuelas es un componente fundamental para conseguir un ambiente interior sano. Un ambiente que contribuya a la mejora del aprendizaje de los estudiantes, a la mejora de la productividad de los profesores y del personal, y a una sensación general de confort, salud y bienestar.

Una buena gestión de la calidad del aire interior incluye el control de los agentes contaminantes, de la introducción y distribución interior de la cantidad adecuada de aire de renovación, y el mantenimiento de una temperatura y un grado de humedad adecuados.

La temperatura y la humedad son también muy importantes porque los aspectos relativos al confort térmico son la base de muchas quejas sobre la baja calidad del aire. La temperatura y la humedad pueden también afectar a los niveles de contaminación interior.

La falta de respuesta rápida y eficiente a los problemas de calidad del aire interior tiene consecuencias adversas sobre la salud, el coste económico, y la calidad del proceso educativo. Los niños pueden ser especialmente susceptibles a la contaminación ambiental ya que la misma concentración de agentes contaminadores puede dar lugar a una concentración corporal más alta en los niños que en los adultos porque:

- * Los niños respiran un mayor volumen de aire en proporción a su masa corporal, según una tasa que va descendiendo desde el nacimiento a la madurez, y que en un periodo intermedio está en torno a 1,5 veces por Kg de masa corporal, que un adulto.

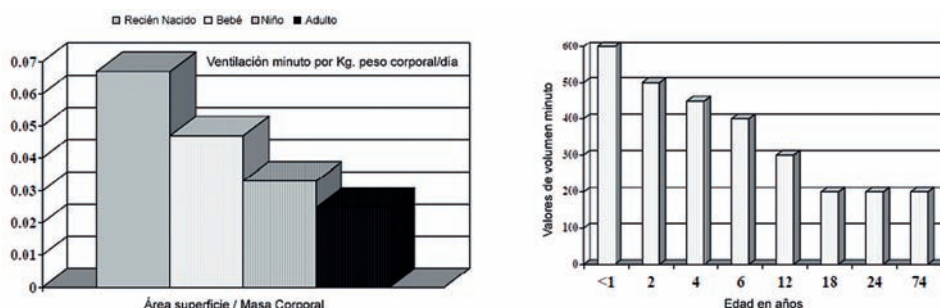


Figura 1. Ventilación en relación a la masa corporal y demanda de oxígeno en los diferentes grupos de edad infantil. Interacción con el medio a través del aire.

- * Consumen más alimentos y agua en relación a su peso corporal. Los niños de uno a cinco años comen de tres a cuatro veces más alimentos por Kg de peso que un adulto medio.
- * Los cuerpos de los niños tienen, proporcionalmente, más superficie corporal y absorben más elementos tóxicos. Los niños producen más calor por unidad de peso corporal que los adultos, y su sistema termorregulador no es tan bueno. Su piel está a mayor temperatura y sin embargo sudan menos. Por ejemplo, un niño de 12 años puede sudar 400 ml por metro cuadrado de piel por hora, comparado a los 800 ml/m² hora de un adulto. Los niños también tienden a tener temperaturas de piel más altas, que obstaculizan el flujo del calor desde el interior del cuerpo hacia la superficie. Sin embargo, los niños tienen un área superficial de la piel proporcionalmente mayor cuanto más pequeños son. Un adulto joven que pese 64 kg tendrá un área superficial de cerca de 1,80 m², a los ocho años con 25 kg de peso tendrán un área de piel de 0,95 m², es decir un 36 por ciento más área superficial por unidad

de peso. Esto ayuda a corregir desequilibrios térmicos, pero puede ser una desventaja al exponerse al sol, nadar en agua fría, o recibir un flujo térmico irregular procedente de un sistema de climatización o una envolvente inadecuada, con la posibilidad de un índice más rápido de recalentamiento o de sobre enfriamiento.

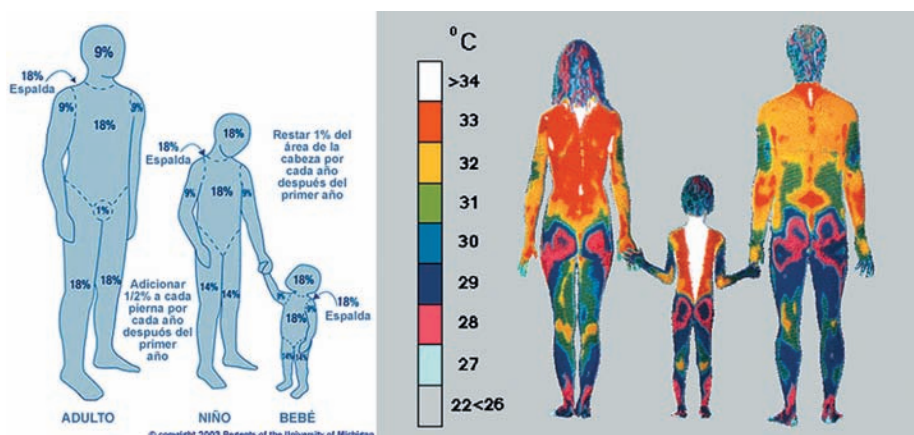


Figura 2. Superficie corporal relativa y radiación térmica superficial de adultos y niños. Interacción con el medio conductiva, convectiva y radiante.

- * El cerebro y los órganos de los niños pueden absorber y asimilar muchos más agentes contaminantes, que en el caso de un adulto.

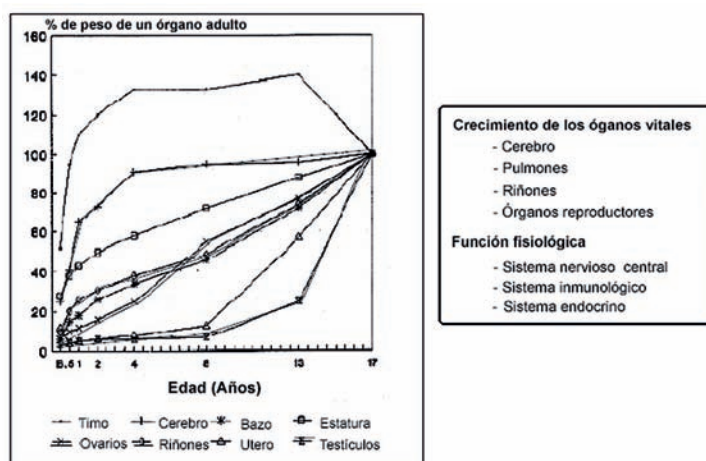


Figura 3. Velocidad de crecimiento y trayectoria en el crecimiento de los órganos principales del niño. Durante el proceso de crecimiento y maduración fisiológica la interacción física con el medio es un factor determinante en la calidad del desarrollo físico y en la proyección en el tiempo de la salud del individuo.

Estos patrones de consumo creciente corresponden al metabolismo acelerado de los niños. La consecuencia en términos de salud ambiental es que los niños tendrán una tasa sustancialmente mayor de afección que un adulto a la exposición a cualquier toxina que esté presente en el agua, los alimentos, o el aire.

Los procesos metabólicos de los niños no son maduros, comparados con los de los adultos. Los niños están experimentando crecimiento y desarrollo rápidos, y sus procesos se interrumpen fácilmente. De hecho, el desarrollo del sistema nervioso continúa durante toda la niñez, como evidencia el hecho de que los niños continúan adquiriendo nuevas habilidades progresivamente mientras que crecen y se desarrollan, arrastrándose, andando, hablando, leyendo, y escribiendo. El sistema nervioso no puede reparar bien ningún daño estructural causado por las toxinas ambientales. Las consecuencias pueden ser la pérdida de inteligencia y la alteración del comportamiento normal. Los niños al tener más años de esperanza de vida que la mayoría de los adultos, tienen más tiempo para desarrollar las enfermedades crónicas que se pueden desencadenar por exposiciones ambientales tempranas. Muchas enfermedades, como el parkinson o la leucemia, que son accionadas por toxinas en el ambiente requieren décadas para desarrollarse y manifestarse.

Los niños pasan más tiempo en condiciones de exposición:

- ✱ A los agentes contaminantes, del medio, equipos, vehículos, etc.
- ✱ Cerca o en el suelo, donde los niveles de agentes contaminantes pueden ser más altos.
- ✱ En situaciones de comportamiento promiscuo y en contacto desinhibido con otros niños.
- ✱ Introduciendo los dedos y los objetos sucios en su boca, que es un mecanismo de reconocimiento del medio natural en ellos.

Además de los aspectos físicos y fisiológicos, hay aspectos ambientales singulares en las escuelas y centros educativos:

- ✱ Los usuarios de las escuelas se concentran con altas densidades de ocupación. Una escuela típica tiene una densidad de ocupación que se sitúa entre la de una prisión y la de la cabina de un avión de pasajeros, con cerca de cuatro veces más usuarios que un edificio de oficinas con la misma superficie y volumen.

- ✱ En las escuelas existe una amplia variedad de fuentes potenciales de agentes contaminantes, incluyendo materiales para actividades artísticas y científicas, productos industriales, de limpieza, gases procedentes de calderas, cocinas y autobuses, contaminantes biológicos de suelos, moquetas, gases, partículas y condensación de equipos y materiales, partículas en suspensión, componentes volátiles, etc..

El incremento de la tasa de renovación de aire interior para garantizar la calidad ambiental de las escuelas puede provocar un incremento proporcional en la cantidad de energía consumida y en los costes de la climatización, y generar problemas de control de la humedad en determinadas condiciones climáticas.

Prevía a cualquier medida activa orientada a la eficiencia energética está la adecuada concepción pasiva de los edificios respecto a su capacidad bioclimática, el aislamiento y la estanqueidad de su envolvente. Posterior a la aplicación de medidas activas es la implementación de planes efectivos de Operación y Mantenimiento, O&M, que garanticen el funcionamiento de las escuelas según los escenarios de máxima calidad ambiental y eficiencia energética a lo largo de todo su ciclo de vida.

En lo que respecta a los medios activos, hay tres medidas, básicas para controlar ambos factores, calidad del aire y humedad, optimizando la calidad ambiental y el rendimiento energético:

- ✱ La utilización de sistemas de Volumen de Aire Variable, VAV, que ajustan el volumen de renovación de modo variable y en función de la calidad, medida, del aire interior.
- ✱ La aplicación de sistemas de recuperación de energía en la renovación de aire y la ventilación, mediante tecnologías de intercambio eficientes que permiten recuperar hasta un 90% de la energía del aire expulsado, lo que supone hasta un 25% del total de la energía utilizada en la climatización.
- ✱ El pretratamiento y acondicionamiento del aire exterior, especialmente durante las condiciones extremas del invierno y el verano, permite conseguir ahorros energéticos muy importantes. La utilización de los sistemas enterrados de transferencia geotérmica de energía para el pretratamiento.

9.3. Pretratamiento del aire de renovación con intercambiadores geotérmicos tierra/aire. Eficiencia energética en la ventilación y calidad del aire

Los intercambiadores geotérmicos entre el aire de renovación y el terreno son dispositivos que aprovechan la capacidad térmica de los suelos para el acondicionamiento térmico del aire de aportación. En medios como el escolar, que como hemos visto demanda una excelente ventilación para asegurar la calidad del aire, este pretratamiento térmico permite enormes ahorros energéticos y económicos, entre el 20 y el 25% del total de energía y costes asociados a la climatización.

La tierra a dos metros de profundidad, tiene una temperatura prácticamente constante a lo largo del año, varía entre 10 y 20 °C según las temporadas, mientras que el aire exterior puede variar de -5 °C a +37 °C en la mayoría de los climas españoles. Un intercambiador tierra/aire va a explotar esta condición de temperatura constante: el aire, en vez de introducirse en el edificio directamente desde el exterior, va a circular a través un colector enterrado, en contacto con el suelo para intercambiar sus calorías. El objetivo que es que el aire a la salida del colector esté a una temperatura próxima a la del terreno.

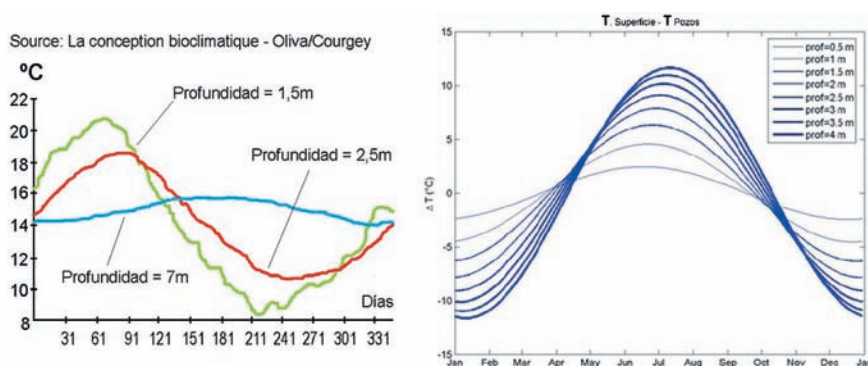


Figura 4. Temperaturas del terreno a distintas profundidades a lo largo del año y distribución anual de la ganancia térmica en el intercambiador geotérmico tierra/aire (T^a exterior – T^a salida intercambiador).

Todos los suelos no permiten el mismo rendimiento: cuanto más denso y húmedo sea el terreno, más importante será el intercambio. Las dimensiones de intercambiador tierra/aire son pues función de las condiciones y deman-

das de ventilación calculadas para el edificio, y de la capacidad térmica del suelo.

9.3.1. Funcionamiento en invierno

En cualquier edificio escolar, el hecho de ventilar supone importantes gastos de energía. El intercambiador tierra/aire va sustituir a los sistemas improvisados o pasivos, apertura indiscriminada de ventanas, o rejillas de ventilación en las carpinterías, y a conducir por medio de una red de distribución de aire conectada al colector enterrado un aire más caliente en invierno que el aire exterior. El suministro de aire al edificio se resuelve por medios mecánicos, por medio de un ventilador, y se acciona cuando la calidad del aire interior exige aportes complementarios de aire exterior para la renovación. El pretratamiento geotérmico permite disminuir el impacto de la ventilación en los consumos de calefacción.

Los ahorros son función de las características de los edificios (edificio antiguo o reciente, nuevo edificio o rehabilitación) y del método de difusión del calor (convección o radiación). Trabajando con sistemas radiantes de difusión de calor el intercambiador geotérmico tierra/aire, IGTA, va a tener un consumo eléctrico ridículo y recupera por término medio 10 veces más energía de la que consume. No obstante, el interés de su aplicación varía según la localización climática del proyecto:

- ✱ En zonas de climas mediterráneos, oceánicos y semicontinentales, las temperaturas exteriores siguen siendo a menudo moderadas en invierno. El diferencial temperatura del suelo - temperatura del aire exterior, es pocas veces superior a 10 °C. El IGTA no es siempre una solución ideal para el precalentamiento. Si el sistema de calefacción es convectivo el intercambiador tierra/aire podrá no obstante disminuir sensiblemente la potencia y el consumo del equipo de calefacción.
- ✱ En climas continentales, el diferencial temperatura del suelo - temperatura del aire exterior es a menudo superior a 10 °C. Un sistema de ventilación eficaz es pues una necesidad. El intercambiador tierra/aire puede acoplarse a una Ventilación Mecánica Controlada, VMC, de doble flujo, con recuperación de energía, para reducir el impacto de la ventilación en los consumos energéticos.

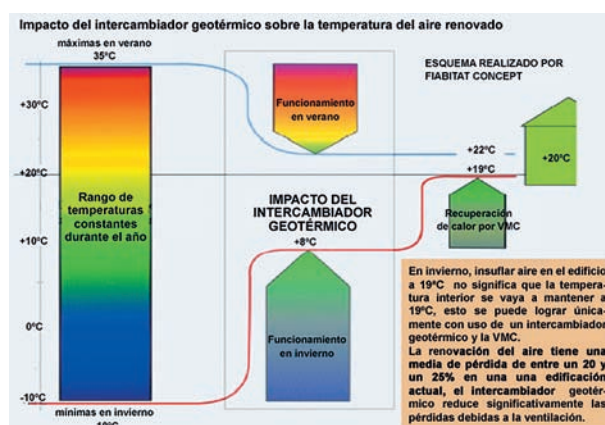


Figura 5. Efecto del intercambiador geotérmico tierra/aire sobre la temperatura del aire de renovación. La ganancia térmica en invierno y verano oscila entre 13 y 18 °C en las bandas extremas de temperatura. La recuperación de energía con sistemas VMC de doble flujo permite en invierno un aporte complementario muy significativo.

9.3.2. Funcionamiento en verano

En verano, el intercambiador se aplicará al refrescamiento del aire de aportación. La aportación de aire a 20 °C en los edificios permite limitar la subida de las temperaturas y evita el recurso a un sistema de climatización. El intercambiador tierra/aire es el único medio de ventilación pasivo que permite la refrigeración. No es necesario modificar la instalación de invierno para que funcione en verano.

La tecnología del intercambiador geotérmico tierra/aire, IGTA, presenta numerosas ventajas sobre la climatización mecánica: consume diez veces menos energía, no disminuye la higrometría, y no reseca el aire (la sequedad provoca irritación de las mucosas, que no filtran adecuadamente los gérmenes).

La efectividad estival del IGTA va a depender de la temperatura de partida del aire, pues la tasa de intercambio es proporcional a la diferencia de temperatura con el terreno. Si ésta es de 25 °C, el impacto del intercambiador en el enfriamiento será menor que si la parte es de 30 °C. El interés del IGTA en verano depende plenamente pues del clima de la zona en la que está el edificio al que se aplica:

- ✱ En los climas oceánicos y continentales, las temperaturas exteriores siguen siendo a menudo moderadas en verano. El diferencial «temperatura del suelo - temperatura del aire exterior» es pocas veces superior a 10°C. El intercambiador no es imprescindible ya que existen medios pasivos para evitar el recalentamiento del edificio.
- ✱ En los climas mediterráneos, las temperaturas exteriores son a menudo incómodas en verano. El diferencial «temperatura del suelo - temperatura del aire exterior» es a menudo superior a 10 °C. Es difícil mantener un ambiente confortable sin IGTA. El aire que llega por el intercambiador tiene una temperatura moderada, pero es necesario dimensionar el intercambiador para el refrescamiento del edificio y combinarlo con un sistema de ventilación nocturna.

Por tanto, el IGTA no es sólo una miniclimatización, además resuelve el problema del recalentamiento de los edificios que se produce cuando se realiza una ventilación constante y directa con aire exterior. Un edificio constantemente ventilado mediante un IGTA ve sus curvas de temperatura interior considerablemente amortiguadas con relación al mismo edificio ventilado en un día de calor veraniego con el aire exterior. Si se resuelve un adecuado control de las contribuciones solares de los acristalamientos y se gestionan adecuadamente los aportes y ganancias internos el aporte de temperatura al edificio entre la mañana y la noche, es de 2 ó 3 °C como máximo.

No es el hecho de introducir aire frío lo que refresca el edificio, es el hecho de no aportar aire caliente en la renovación .

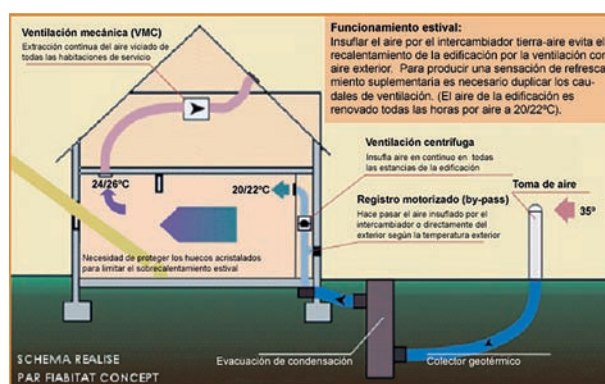


Figura 6. Funcionamiento estival del sistema de pretratamiento de aire de renovación con intercambiador geotérmico tierra/aire acoplado a un sistema de ventilación mecánica controlada.

9.3.3. Componentes del intercambiador geotérmico tierra/aire

Los componentes básicos de una instalación de intercambio geotérmico tierra/aire son:

9.3.3.1. El terminal de toma de aire

Es el elemento por el cual vuelve a entrar al circuito de intercambio el aire que va a aportarse al edificio. Se sitúa en la salida de circuito. La mayoría de las tomas de aire disponibles son elementos completos que incluyen las distintas protecciones necesarias para un buen funcionamiento del intercambiador, a saber:

- ✱ Una rejilla de malla fina, cuyo objetivo es impedir a los pequeños roedores penetrar en el colector.
- ✱ Aletas orientadas, o un sombrero de protección, cuyo objetivo consiste en impedir la entrada en el colector de agua de lluvia vertical o del viento.
- ✱ Una prefiltración, de dimensión de la malla G2 a G4, para limitar el atascamiento del colector por polvo exterior.



Figura 7. Detalles de la toma de aire de un intercambiador geotérmico tierra/aire.

9.3.3.2. La canalización del colector térmico

El diámetro de los conductos del intercambiador viene determinado por el caudal de aire requerido para la ventilación. En general entre 160 y 250 mm de

diámetro interior. Un diámetro superior no permite un intercambio uniforme (bueno perimetral, malo en el centro), un diámetro inferior es insuficiente para ventilar un edificio escolar.

Para un intercambio óptimo, la velocidad del aire en el colector no sobrepasa la velocidad de 2/3 m/s, cuanto mayor sea la velocidad menos tiempo de contacto y menos intercambio térmico para calentar o enfriar el aire. El colector es el elemento más importante del sistema de IGTA puesto que es el que va a intercambiar calorías con el suelo en el cual está enterrado.

La elección del material va a tener en cuenta numerosos parámetros:

- ✱ La aplicación del conducto, la ejecución de la obra y las características de la excavación y el relleno.
- ✱ La duración de vida del conducto y su estanqueidad: Para garantizar una calidad de aire que no disminuya con el envejecimiento del conducto, es necesario estudiar el conducto y sus juntas para aplicar un sistema que:
 - Sea perfectamente estanco al agua, en el momento de su aplicación, y durante toda la utilización del intercambiador.
 - Tenga capacidad para soportar las cargas debidas a la profundidad del conducto.
 - Sea estanco al aire, e impermeable a las infiltraciones de radón viniendo del suelo.

9.3.4. El circuito del intercambiador

El trazado del circuito del intercambiador depende del terreno y de sus requerimientos. En las nuevas construcciones, hay que aprovechar el movimiento de tierras de las cimentaciones para reducir los costes de nivelación.

Se puede también reducir la longitud de las zanjas haciendo redes de conductos paralelos. Como la canalización y el intercambio térmico del aire se realiza en todos los conductos, puede reducirse el diámetro de éstos y se mejora la transferencia de calor.

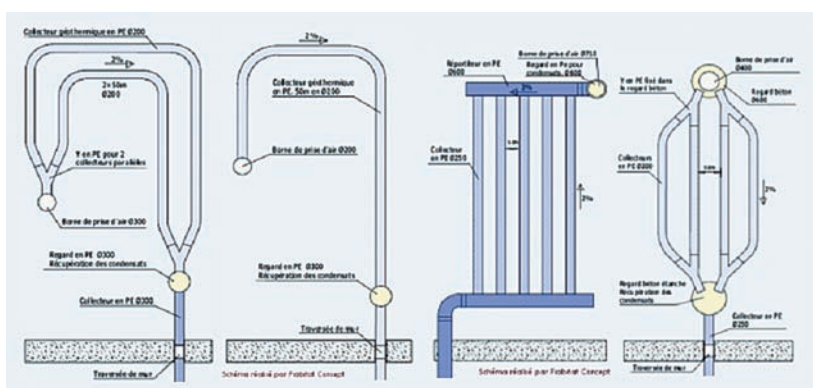


Figura 8. Variantes de circuitos de colectores de intercambio geotérmico tierra/aire.

Es necesario evitar los codos ya que producen un aumento de las pérdidas de carga. El trayecto debe ser función de la altimetría del terreno para reducir la cantidad de tierra que debe desplazarse.

La longitud del conducto enterrado se determina en función del volumen de aire de renovación, es el dato más importante. Cuanto más largo es el trayecto más se aproxima la temperatura del aire a la del terreno. Es necesario pensar «por término medio» en un trayecto al menos de 50 m para obtener un impacto interesante (ó 2x25 m) cuando el colector sea de diámetro superior a 200.

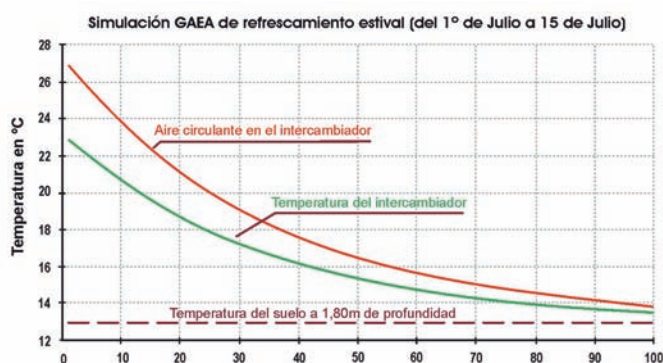


Figura 9. Gráfica con la progresión del rendimiento térmico de un intercambiador tierra/aire en función de su longitud, a una profundidad de 1,80 m, en un terreno tipo.

Como muestra el gráfico de la Fig. 9, más allá de una determinada longitud, aumentar el recorrido del aire genera ganancias térmicas muy escasas.

La profundidad de enterramiento del colector determina la amplitud máxima de las ganancias. Cuanto más profundo está el conducto, más estable es la temperatura del suelo, entorno a los 15 °C, en Madrid.

Es necesario descender a una profundidad de 1,20 m mínimo, a partir de 2 m la ganancia en temperatura será más escasa y no se justificará en relación a la inversión necesaria en movimiento de tierras y nivelación. Una profundidad de 1,80/2 m para un circuito de intercambiador geotérmico tierra/aire es una referencia muy razonable.



Figura 10. Colector de un intercambiador geotérmico tierra/aire con una capacidad de 20.000m³/hora, en la rehabilitación del cuartel de Daoiz y Velarde para Teatro Infantil del Ayuntamiento de Madrid. Proyecto energético y ejecución de Eneres.

En la medida de lo posible el colector térmico debe estar dispuesto fuera de la zona edificada, si bién en procesos de rehabilitación o actuaciones en cascos consolidados no es extraño ejecutarlos bajo los edificios. Una parte importante del rendimiento de intercambio viene determinada por el contenido en agua del terreno, y el terreno bajo el edificio está seco ya que no está afectado por las lluvias, además al estar bajo el edificio no hay contribución solar a la renovación de la energía del terreno en contacto con el colector. Estos factores deben ser tenidos muy en cuenta en el diseño del colector enterrado.

9.3.5. Ventilación mecánica controlada, VMC, de doble flujo

Recuperar el calor del aire extraído permite garantizar la calidad del aire interior y los niveles de renovación sin sufrir las pérdidas generadas por la acción de ventilar. Esta solución es aún más oportuna y efectiva cuando los

edificios están bien aislados, son estancos al aire, y los usuarios gestionan con eficiencia la operación y el mantenimiento (la apertura incontrolada de las puertas y las ventanas reduce la efectividad de la recuperación de energía).

El intercambiador geotérmico tierra/aire conectado a una ventilación de doble flujo, con control de funcionamiento variable en función de la calidad del aire interior y alta recuperación de energía, entre un 75% y un 90% de recuperación, es una solución extraordinariamente eficiente que aporta gran calidad ambiental con un consumo energético mínimo. Como hemos comentado los ahorros que un sistema de este tipo generan pueden alcanzar el 25% del consumo asociado a la climatización de los edificios escolares.

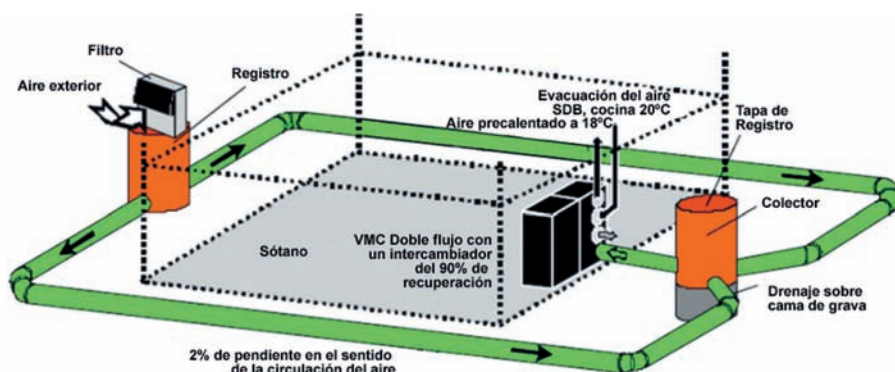


Figura 11. Esquema de una instalación de intercambiador geotérmico tierra/aire acoplada a un sistema de Ventilación Mecánica Controlada de doble flujo.

Hay un punto crítico en la elección del sistema de VMC en relación a su funcionamiento acoplado a un intercambiador geotérmico tierra/aire, se trata del caudal máximo que admite el sistema mecánico en función de la pérdida de carga de la red. Ésta capacidad determinará la capacidad del sistema de VMC para tomar el aire del IGTA a plena velocidad y con el caudal adecuado, y distribuirlo correctamente a través de la red de conductos de refrigeración a través de todo el edificio. No todos los sistemas de VMC con doble flujo están en condiciones de funcionar con un intercambiador geotérmico tierra/aire, y es un punto que debe ser estudiado cuidadosamente.

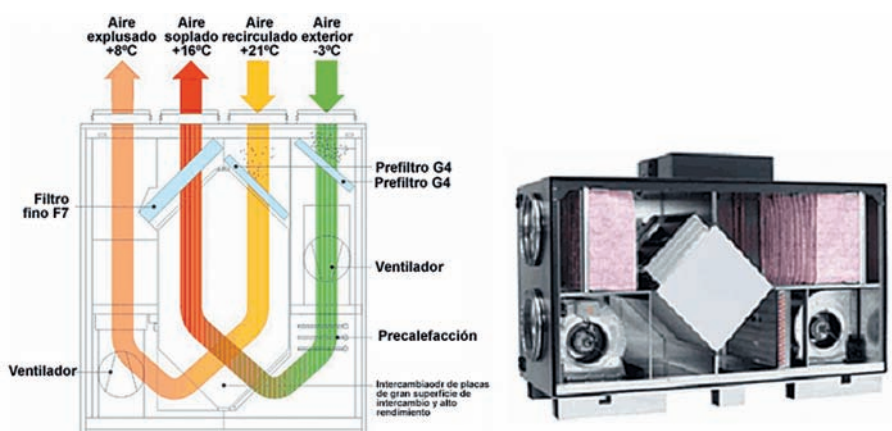


Figura 12. Esquema de principio de funcionamiento de un dispositivo de intercambio de energía de doble flujo para ventilación mecánica controlada.

9.4. Climatización con intercambio geotérmico tierra/agua, bomba de calor geotérmica y estructuras termoactivas. Eficiencia energética en la climatización y calidad en la transferencia de energía

Como apuntábamos en la introducción el segundo vector para la eficiencia, confort y salud en los centros escolares es la utilización de sistemas de climatización para calefacción fundamentados en la utilización de las capacidades inerciales del terreno y de masa construida de los edificios para transferir energía entre ambos medios con muy bajo consumo y enorme eficiencia.

Se trata de sistemas que transfieren y extraen calor de los edificios para calefactarlos y refrigerarlos, utilizando la masa de los elementos estructurales, fundamentalmente los forjados y losas que son elementos extensos con capacidad de interacción radiante con los usuarios en toda su superficie y en una altura que se ajusta perfectamente a la zona de actividad, algo que es especialmente crítico cuando hablamos de los niños, que desarrollan su actividad en la franja de la zona habitable más próxima al suelo.

Los sistemas radiantes de temperatura moderada en los que la masa de hormigón de soleras y forjados actúa como acumulador inercial y dispositivo de transferencia, interactúan con los niños con un mecanismo de transferencia energética radiante, sano y mucho más adecuado a su fisiología, a su campo de actividad

y a su sensibilidad que los sistemas convectivos y radiantes tradicionales, de alta y baja temperatura.

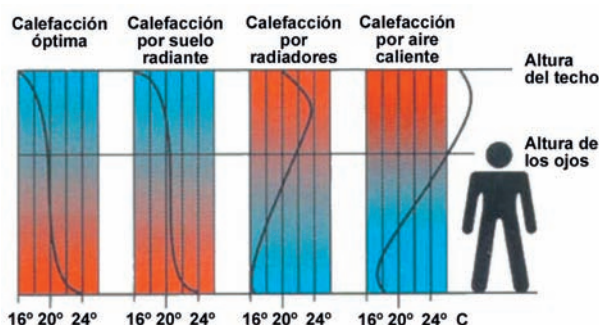


Figura 13. El espacio donde los niños desarrollan su actividad queda perfectamente climatizado bajo la acción de los sistemas radiantes de baja temperatura adecuados en intensidad de intercambio y en uniformidad de difusión y absorción a la hipersensible fisiología infantil.

Los sistemas geotérmicos ligados a estructuras termoactivas y a dispositivos inerciales de climatización no deben plantearse como accesorios a los sistemas convencionales de climatización, sino como una alternativa plena a los mismos, mucho más eficiente en la consecución de los exigentes niveles de calidad térmica y ambiental que requieren los centros escolares, mucho más ahorradores en consumos y costes de energía y también más económicos en coste de instalación. Desaparece pues el tradicional concepto de amortización ligado al incremento de coste que supone una instalación de captación de energía renovable añadida a un sistema de generación convencional, y por extensión el carácter necesariamente «subvencionado», obligatorio, o ambas cosas, de cualquier alternativa eficiente a los sistemas convencionales de climatización.

Las inversiones necesarias para la eficiencia energética en centros escolares se pueden recuperar en plazos muy razonables en virtud del ahorro en consumo energético. En los países europeos de nuestro entorno se están desarrollando los instrumentos financieros, públicos y privados que permiten a los propietarios ejecutar los planes de rehabilitación con financiación que se reintegra con el producto del ahorro energético conseguido.

La adecuada integración de los dispositivos inerciales, con los sistemas de bomba de calor geotérmica y las unidades de tratamiento de aire del edificio;

bajo la gestión de un sistema de control específicamente diseñado permite la adecuación a eventuales puntas de demanda. El aumento de la componente radiante de la transmisión del calor eleva también el confort de los usuarios y la calidad de la climatización.

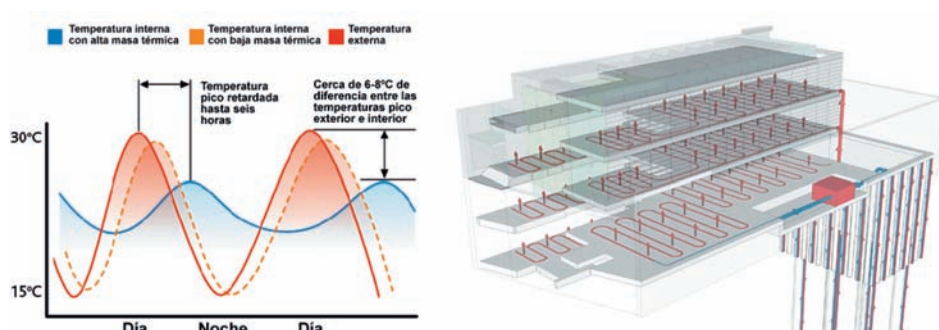


Figura 14. El comportamiento inercial asociado a la utilización de la estructura como dispositivo de climatización y la masa de la construcción en interacción con el terreno aporta una gran estabilidad al comportamiento térmico del edificio con mínimo consumo.

El intercambio geotérmico permite la utilización inercial del terreno y de la masa construida de los edificios y las infraestructuras, para la acumulación de grandes cantidades de energía térmica con potencias bajas y bandas moderadas de temperatura, es por tanto un medio para acumular la energía térmica generada y a menudo considerada residual, por otros sistemas y propiciar su reutilización con costes muy bajos, y ciclo de vida muy largo. La acumulación de energía térmica en el terreno se puede también aplicar a sistemas integrados y distribuidos de captación solar térmica algo que puede resultar especialmente interesante en centros escolares.

Los elementos termoactivables de captación geotérmica usados van desde las pantallas discontinuas de pilotes, los muros pantalla, losas de cimentación termoactivadas, pilotes, intercambiadores verticales y horizontales, etc. Con ellos es posible construir un nuevo edificio enterrado, dotado ya desde el origen de los dispositivos que le permite actuar como intercambiador, o termoactivar edificios, escuelas existentes para realizar la misma función. (Fuente: Eneres - Enercret).

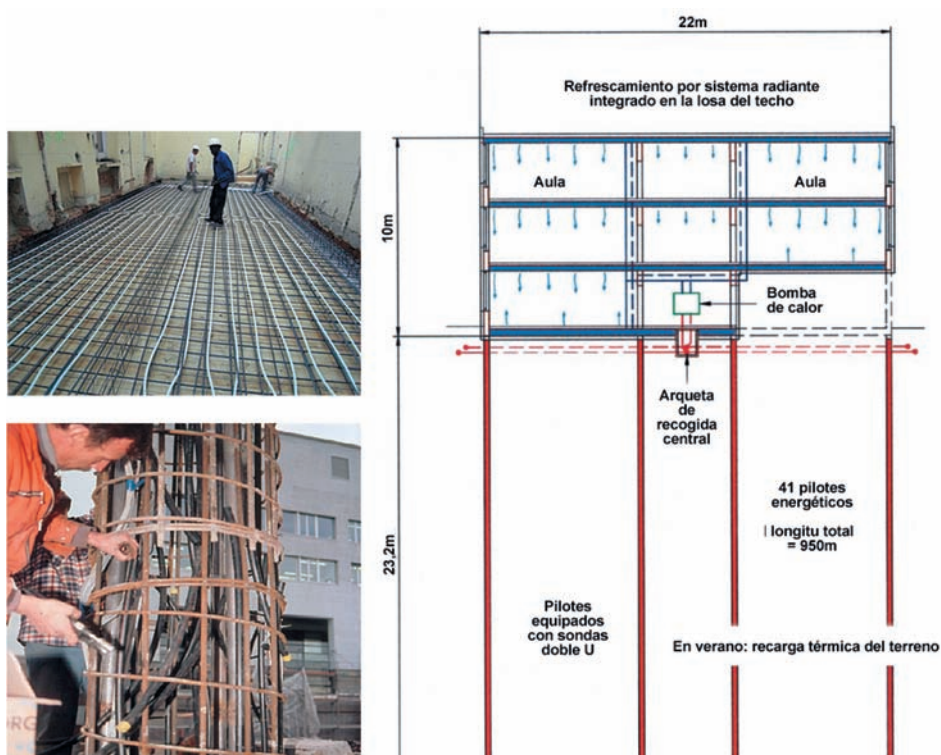


Figura 15. Escuela en Fully, Suiza. 41 pilotes termoactivos en la cimentación del edificio, losas termoactivas y cuatro bombas geotérmicas de 15 kW/Ud. resuelven el sistema de climatización de una escuela de 2.635 m².

La transferencia de energía desde la infraestructura que intercambia energía con el terreno, al espacio interior de los edificios se realiza por la mediación de una bomba de calor agua-agua que mueve la energía entre los dos focos de calor, con un consumo de energía eléctrica. Cuanto menor sea el salto térmico entre el medio servidor y el servido por el intercambio energético, menor será la cantidad de energía eléctrica que consumirá la bomba de calor geotérmica para hacer su trabajo. La cuidada elección de los rangos de temperaturas operacionales es de gran importancia para ejecutar sistemas eficientes, con coeficientes de rendimiento (COPs) globales anuales superiores a 4. El manejar acertadamente las situaciones energéticas de baja exergía que en la mayoría de los casos se producen, es esencial para lograr que las instalaciones geotérmicas logren el equilibrio y la coherencia óptimos, además de la optimización en costes y la máxima eficiencia.

La correcta elección del rango de temperaturas y los sistemas de transferencia energética en los circuitos primarios y secundarios, puede posibilitar en determi-

nados momentos del año, que la transferencia de energía se produzca sin la intervención de la bomba geotérmica, funcionando por libre circulación del fluido, con un gasto de energía virtualmente nulo, y un COP muy elevado, cercano a 50.

En el aprovechamiento energético para climatizar edificios, infraestructuras o espacios, el mejor rendimiento global se consigue nuevamente con sistemas que trabajen a la menor temperatura posible en invierno y a la mayor en verano, con sistemas de baja exergía y, por tanto, gran superficie, como los forjados y estructuras termoactivos, que aprovechan la gran inercia térmica que poseen las estructuras horizontales en los edificios, consiguiendo uniformizar las temperaturas interiores a lo largo de todo el año, y dotándoles de un gran confort radiante.

En función de las necesidades energéticas del edificio a climatizar a lo largo de todo el año, el terreno se utiliza como equilibrador energético anual, es decir, gracias a las características geológicas, geotécnicas, mecánicas, físicas y químicas del terreno, éste tiene un comportamiento cuantificable en numerosos coeficientes que definen su comportamiento y que se utilizan para las simulaciones, como su conductividad térmica, capacidad térmica, difusividad, inercia, etc., orientados a conocer las capacidades del terreno para conducir la energía, y conocer de qué manera y a qué velocidad se mueve ésta en forma de calor a su través.

Siempre que las características del terreno lo permitan, en invierno almacenamos frío en el terreno para utilizarlo en verano, y en verano recargamos de calor el suelo para utilizarlo en invierno. Con el conocimiento tanto de las necesidades energéticas del edificio como de las características del suelo, verificamos a través de la simulación del comportamiento del sistema de intercambio, extendida a cincuenta años de su ciclo de vida, que el terreno alcanza un equilibrio cierto, y que éste se mantiene en el tiempo, como exigen las Normativas Europeas más avanzadas. El no hacerlo así, compromete seriamente la estabilidad funcional, el rendimiento y la eficiencia, de la instalación de intercambio.



Figura 16. Ejecución de un intercambiador geotérmico agua/agua con 33 colectores verticales para calefacción y refrigeración y un intercambiador tierra/aire para el pretratamiento del aire de renovación, ambos integrados, en la rehabilitación del cuartel de Daoiz y Velarde para Teatro Infantil del Ayuntamiento de Madrid. Proyecto energético y ejecución de Eneres.

Otras ventajas de estas instalaciones son la reducción de los costes de explotación en combustibles fósiles en torno a un 80% y la reducción de las emisiones de CO₂ del 45 al 90%.

La utilización de estos sistemas en edificios escolares que tengan correctamente resuelta su interacción bioclimática pasiva con el medio, el aislamiento y estanqueidad de la envolvente, y la renovación y ventilación con los sistemas descritos de pretratamiento geotérmico y VMC, supone resolver con la máxima eficiencia la cobertura energética y la transferencia de energía en un medio ya eficiente en cuanto a la reducción pasiva y activa de la demanda. En este contexto, que es en el que tenemos que trabajar, las reducciones en el consumo energético son enormes, entre el 70 y el 80% del total de energía demandada para la climatización de un edificio convencional que cumpla la normativa básica de la edificación.

En muchos países de nuestro entorno una adecuada concepción de la envolvente y una correcta aproximación al comportamiento bioclimático de los edificios asociada a sistemas eficientes de ventilación, sitúan a los edificios escolares en el ámbito de la edificación pasiva, de mínima energía y bajo consumo. Decenas de edificios escolares ejecutados así en Europa y América son modelos de actuación que atestiguan el enorme interés que hay en nuestro entorno por resolver con soluciones innovadoras de bajo perfil tecnológico y enorme eficien-

cia y calidad el reto de mejorar el rendimiento y la calidad de las escuelas. Las condiciones de nuestro país y en particular de nuestra Comunidad de Madrid para cumplir estos objetivos son aun más favorables que las que se dan en centro Europa, el campo de actuación es enorme, sobre todo en la rehabilitación energética de los centros existentes y no debemos dejar pasar la oportunidad de abordar su recuperación con los más exigentes criterios de calidad ambiental y eficiencia energética.

Microcogeneración. Comparativa con otras tecnologías en colegios dentro del marco regulatorio actual

10.1. Introducción

En el presente artículo se realizará un estudio del uso de la micro-cogeneración en colegios para el cumplimiento de los requerimientos del Código Técnico de la Edificación (Sección HE4), que establece qué porcentaje de la demanda térmica de agua caliente sanitaria debe ser cubierta con energías eficientes o de origen renovable.

Para el estudio se considerará un colegio teórico situado en tres zonas climáticas diferenciadas:

- ✱ Madrid (zona IV).
- ✱ León (zona III).
- ✱ Las Palmas (zona V).

Para determinar el tamaño de la superficie a climatizar de estos colegios teóricos se ha tomado una media de 7,8 m² por persona (alumnos o personal del centro educativo)¹. Considerando 12 cursos por colegio (incluyendo educación infantil, primaria y secundaria), el tamaño de la superficie de referencia a climatizar sería de aproximadamente 7.000 m².

Como cabe esperar, en función de la zona climática considerada la distribución de la demanda energética del edificio varía considerablemente:

¹ Perfil basado en el análisis de 6 colegios representativos en la Comunidad de Castilla La Mancha.

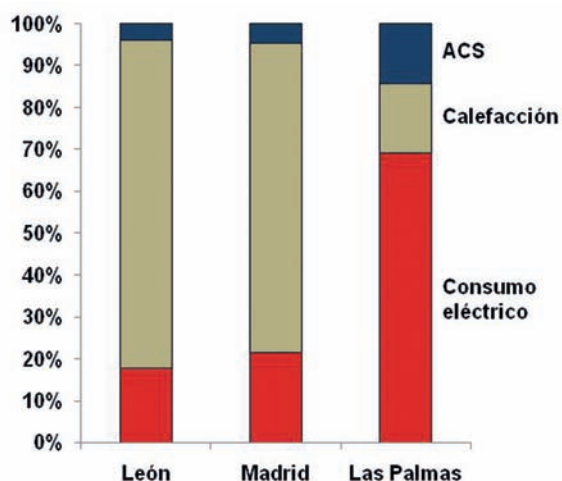


Figura 1. Distribución de la demanda energética en un colegio tipo de 7.000 m².
Fuente: Análisis de CREARA; Visitas realizadas por CREARA.

Mientras que los colegios de León y Madrid presentan distribuciones de demanda similares (aunque en el primero la influencia de la demanda térmica en calefacción es ligeramente mayor por presentar un clima más frío), la distribución de la demanda del colegio de Las Palmas es radicalmente diferente: por las peculiaridades de su clima cálido, la importancia de la demanda energética se centra principalmente en el consumo eléctrico.

10.2. Curvas de demanda térmicas

Utilizando la curva de demanda térmica de un edificio puede establecerse el número óptimo de máquinas de mCG que necesitará la instalación así como las horas de funcionamiento de éstas.

Tal y como se ve en la Fig. 2, se trata de maximizar el área comprendida por las máquinas de cogeneración siempre que se encuentre por debajo de la curva de demanda: el área cubierta que no estuviera por debajo de ésta sería energía desperdiciada. Además, es necesario evaluar también criterios económicos que determinarán, en función del número de horas de funcionamiento de la máquina y de los costes de inversión, la rentabilidad de las máquinas consideradas y si es aceptable su uso o, por el contrario, es preferible suplir esa parte de la demanda con otro tipo de tecnología.

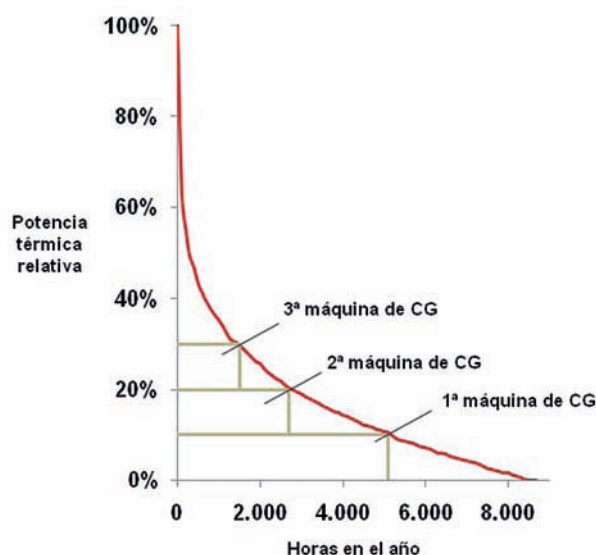


Figura 2. Dimensionado de equipos de mCG para una curva de potencia dada. Fuente: Investigación de eclareon; Análisis de eclareon.

Para los colegios analizados, se ha realizado un estudio teórico de las necesidades de calefacción y ACS a lo largo del año basándose en las horas de funcionamiento de los centros (excluyendo vacaciones y fines de semana, sólo tomando horarios diarios típicos escolares) y en la superficie considerada.

Tomando estos parámetros y en función de las diferentes zonas térmicas elegidas, en la Fig. 3 se muestra un resultado teórico simplificado de las curvas de demanda térmica de los tres edificios:

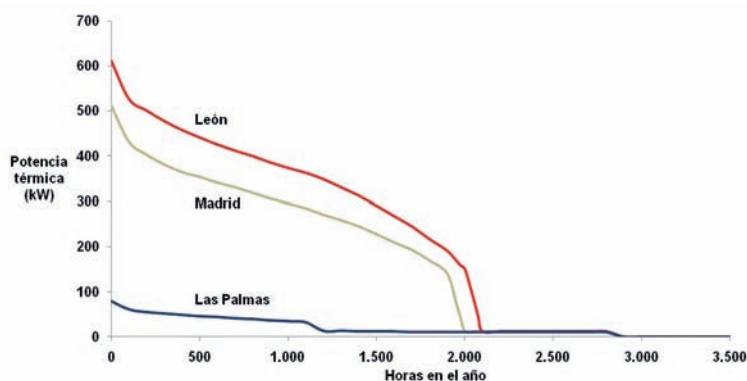


Figura 3. Curvas de potencia estimadas para un colegio tipo de 7.000 m² en función de su situación geográfica. Fuente: Investigación de eclareon; Análisis de eclareon.

En la Fig. 3 se observa la menor demanda térmica en el colegio situado en Las Palmas. Esto se debe, como se comentaba en el punto anterior, a las escasas necesidades energéticas de calefacción por el carácter cálido del clima canario.

En las tres gráficas se puede distinguir entre dos tipos de demanda:

- ✱ Por una parte, la demanda correspondiente al ACS, mucho más regular a lo largo del año escolar (que como se observa en la gráfica sería de 2.860 horas) y que podría asimilarse aproximadamente con la curva del colegio de Las Palmas.
- ✱ Por otra parte, la demanda térmica asociada a la calefacción, que es superior en el colegio de la zona térmica más fría, León.

10.3. Dimensionado de los equipos de mCG

La contribución de energía térmica de los equipos de mCG escogidos en cada uno de los colegios deberá cubrir al menos las exigencias planteadas por el Código Técnico de la Edificación.

El CTE establece la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria² en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio estudiado. Para consumos menores de 5.000 litros diarios, como es el caso de los tres colegios analizados, los porcentajes serían los siguientes:

	Zona climática	Porcentaje CTE
León	III	50%
Madrid	IV	60%
Las Palmas	V	70%

Figura 4. Contribución mínima de energía de origen renovable o de cogeneración para demanda de ACS. Fuente: Código Técnico de la Edificación, Sección HE4.

² La ACS podrá ser aportada mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio.

Por tanto, para que la instalación de mCG sea viable, deberá cumplir con las exigencias mencionadas. Además, se intentará maximizar su rentabilidad diseñando de forma óptima el número de horas de funcionamiento y la potencia térmica requerida de las máquinas.

A la hora de realizar el dimensionamiento se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- * El calor es la variable principal para dimensionar la instalación, mientras que la electricidad es un output secundario.
- * Se intentan maximizar las horas de funcionamiento de los equipos y minimizar las pérdidas energéticas.
- * Para el dimensionamiento se han tomado datos técnicos y económicos de tres de las principales máquinas de mCG del mercado actual: WhisperGen (1 kWe, 7 kWt), Dachs (5,5 kWe, 12,5 kWt) y Capstone (65 kWe, 120 kWt).

Con estos supuestos, se establece que, dado el número reducido de horas de funcionamiento que presentarían los equipos de mCG debido a la curva de demanda de los propios colegios, el caso más óptimo para los tres centros sería el de utilizar tan sólo una máquina de potencia térmica de 12,5 kW, que cubriría la demanda base de ACS. De esta forma, se haría necesario apoyarse en otra tecnología de generación térmica para cubrir la totalidad de la demanda de los edificios.

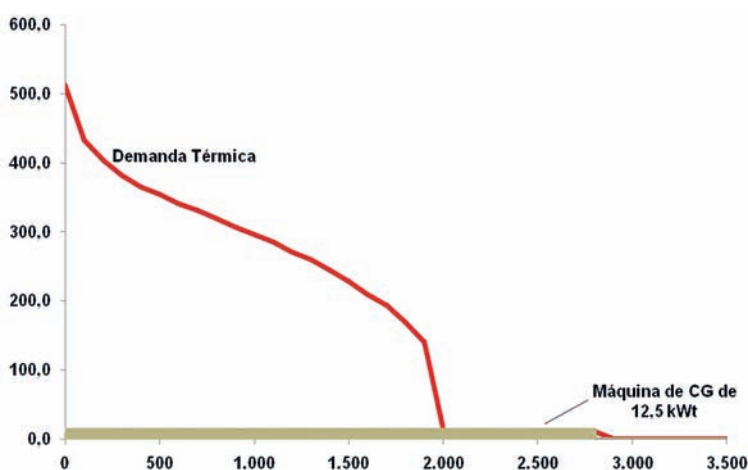


Figura 5. Dimensionado de la demanda del colegio tipo de 7.000 m². Fuente: Análisis de eclareon.

10.4. Estudio de rentabilidades

Comparando las rentabilidades obtenidas en este mismo caso de estudio con la tecnología predominante en el cumplimiento del CTE (la energía solar térmica) se observa que la mCG es una tecnología más atractiva para los casos de León y Madrid. Por las características climáticas, no ocurre lo mismo en el caso del colegio canario, en el que sería más interesante el uso de la instalación solar.

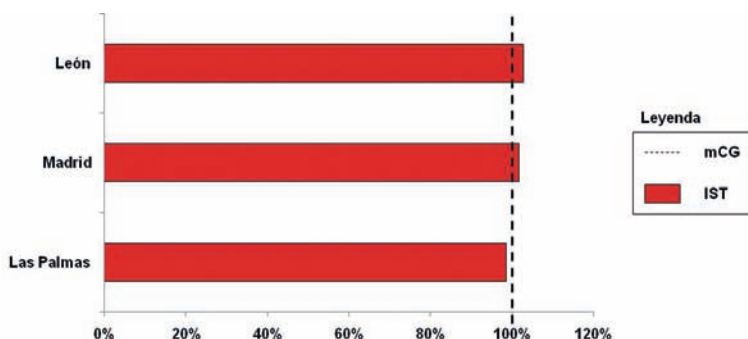


Figura 6. Comparación del VAN* de la inversión de una IST** con la de una mCG para instalaciones motivadas por el CTE***.

* A 10 años, con una tasa de descuento del 6%, incluyendo inversión, gastos de O&M y gastos de combustible; no se consideran subvenciones.

** IST = Instalación Solar Térmica.

*** IST y mCG dimensionadas para cumplir con la exigencia mínima del CTE complementadas por una caldera de GN para cubrir toda la demanda térmica del edificio.

El resto de las principales tecnologías renovables disponibles actualmente para el cumplimiento del CTE (calderas de biomasa y bombas de calor geotérmico) no representarían competencia para las dos tecnologías anteriores: en los tres casos son inversiones menos atractivas que la micro cogeneración y que los colectores solares, aunque en el colegio de Las Palmas esas diferencias se acortan notablemente, especialmente con el caso de la caldera de biomasa.

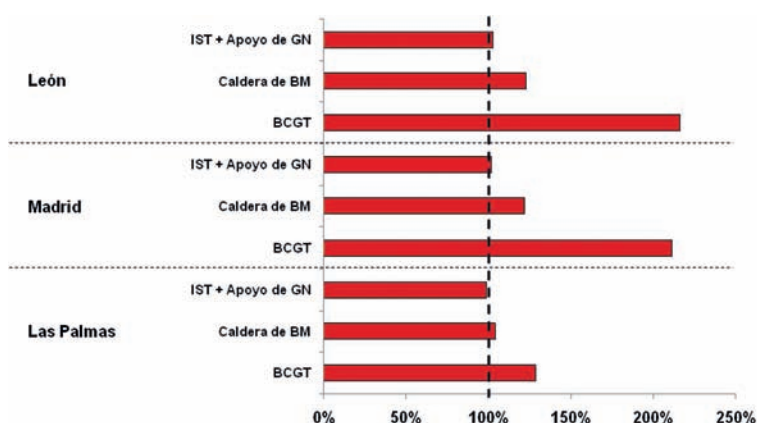


Figura 7. Comparación del VAN* de la inversión de diferentes tecnologías con la de una mCG para instalaciones motivadas por el CTE **.

* A 10 años, con una tasa de descuento del 6%, incluyendo inversión, gastos de O&M y gastos de combustible; no se consideran subvenciones.

** IST y mCG dimensionadas para cumplir con la exigencia mínima del CTE complementadas por una caldera de GN para cubrir toda la demanda térmica del edificio; Caldera de BM y BCGT dimensionadas para cubrir el 100% de la demanda térmica.

Por tanto, se concluye que a pesar de las particularidades de la curva de demanda térmica de un colegio medio (escasas horas de funcionamiento al año, consumos marcados por un rígido horario diario, etc.) que a priori podrían parecer perjudiciales para el uso de la micro cogeneración, ésta es una opción viable y a tener en cuenta en el cumplimiento del CTE, al presentar rentabilidades en ocasiones superiores al uso de tecnologías competidoras.

11.1. Los centros escolares

Los centros escolares son una de las bases esenciales para determinar la formación de las personas, formación que será la base, a su vez, de las actitudes y el tipo de decisiones que las personas toman a lo largo de su vida.

Que los centros escolares, con hechos además de palabras, condicionan en parte el futuro comportamiento de los alumnos que pasan por ellos, es pues evidente.

El respeto al medio ambiente, la predisposición al ahorro y un uso eficiente de la energía, es parte del mensaje que los centros escolares deben transmitir a sus alumnos.

Dentro de estas áreas, la energía solar fotovoltaica no debe faltar como tema formativo. Los alumnos deben saber que existe una forma muy sencilla de generar electricidad y con un máximo respeto al medioambiente: deben saber que se puede generar electricidad con la simple exposición de una superficie al sol y que esa generación se produce sin que nada se mueva, sin que haga ruido, sin emisión de gases o sustancias contaminantes, simplemente dejando la superficie al sol (Figura 1).



Figura 1. Sistema FV en colegio.

Si el centro escolar dispone de algún sistema fotovoltaico, del tamaño que sea, para demostrar el funcionamiento de esta tecnología, contribuye de forma muy eficaz a lograr esa formación (Figura 2).



Figura 2. Pantalla informativa de una instalación FV.

Pero la instalación de un sistema fotovoltaico en un centro escolar, tiene una componente que va más allá del aspecto formativo. En efecto, una instalación de generación fotovoltaica en un centro escolar puede ser una inversión rentable bajo el aspecto económico y ambiental por tener unos ingresos de su funcionamiento cuando genera e inyecta a la red pública la electricidad generada o ahorra del recibo de la luz cuando la autoconsume, en adición a contribuir, en ambos casos, al ahorro y eficiencia energética.

En cualquier caso, la legislación estatal que quiere promover el uso de las energías renovables en general y de la energía solar fotovoltaica en particular, aseguran que el centro escolar que decide instalar energía fotovoltaica en su recinto tenga un retorno económico razonable y la legislación autonómica, que de igual forma quiere el desarrollo de esta tecnología en la Comunidad de Madrid, facilitan la instalación.

En este capítulo se indicarán algunos aspectos generales para mejor conocimiento de esta tecnología, centrándose especialmente en las instalaciones fotovoltaicas para producir electricidad por parte del centro, entendiéndose que con estas consideraciones quedarán igualmente entendidas las instalaciones pequeñas, de demostración o laboratorio, que pudieran realizarse a efectos formativos.

11.2. La energía solar fotovoltaica

11.2.1. Propiedades generales

Acostumbrados durante décadas a que las únicas formas de generar electricidad fuera con reacciones químicas o con el movimiento de una bobina dentro de un campo magnético, la generación fotovoltaica es indudablemente algo nuevo y valioso.

La energía solar fotovoltaica (FV) consiste en la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica: se genera electricidad con la simple exposición de una superficie al sol, sin que haya ninguna actividad aparente dentro o alrededor de la superficie o panel (Figura 3).

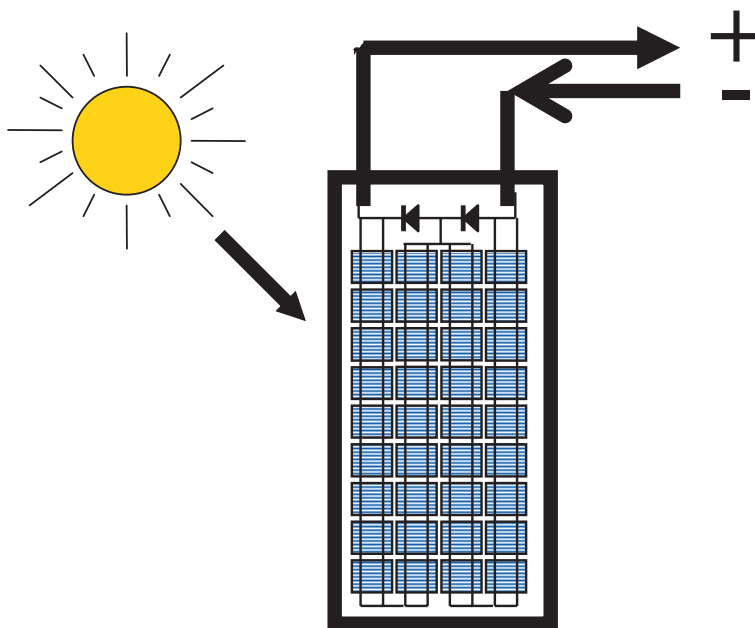


Figura 3. Conversión directa de energía solar en electricidad.

Esta sencillez en la generación eléctrica y la ausencia de movimiento o humos, es lo que la optimiza para muchas aplicaciones del dentro del casco urbano, como los centros escolares. Un tejado puede estar formado por paneles fotovoltaicos, una fachada puede ser acristalada incluyendo células solares, o una marquesina del centro puede tener un techo solar o unos parasoles.

No hay limitaciones al uso de la energía solar fotovoltaica con la excepción de que deben estar los elementos fotovoltaicos orientados predominantemente al sur, en el hemisferio norte, y al norte, en el hemisferio sur de nuestro planeta.

La tecnología fotovoltaica ofrece beneficiarse de las características de una energía renovable de generación eléctrica en el mismo punto donde se necesita, integrada en el contexto donde se instala, modular, fácil de diseñar, acopiar y montar.

11.2.2. El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es la conversión de la energía solar en efecto eléctrico.

Fue descubierto por Edmond Becquerel en 1839, cuando, trabajando en el laboratorio de su padre con dos electrodos metálicos en una solución conductora, observó que la generación eléctrica aumentaba con la luz.

Sin embargo, la explicación y aplicación de esta energía, se produce en el siglo xx, con el desarrollo de la mecánica cuántica y de la tecnología de semiconductores.

En el año 1904, Albert Einstein publica un trabajo explicando el efecto fotovoltaico y recibe el premio Nobel del año 1921 por esta investigación.

11.2.3. La generación fotovoltaica

La energía solar se transforma dentro de un semiconductor en energía eléctrica al ser liberados, gracias a la energía de los fotones de la radiación solar, los electrones de la última capa de los átomos del semiconductor, generalmente el silicio. Esta liberación se produce porque la energía necesaria para desprender esos electrones del silicio es precisamente la que tienen muchos de los fotones de la radiación solar (todos los correspondientes a una determinada frecuencia o frecuencias superiores).

Este dispositivo creado para captar de esta forma la energía solar, es la célula fotovoltaica (Figura 4).

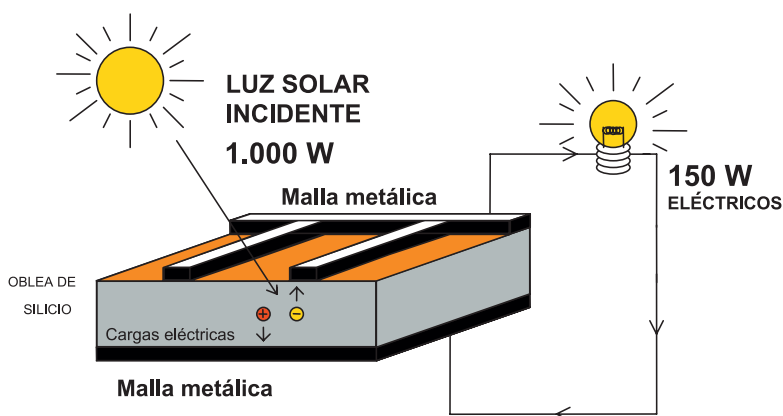


Figura 4. Célula Fotovoltaica.

11.2.4. El generador fotovoltaico

Una sola célula no proporciona suficiente tensión y potencia para las aplicaciones usuales. Para tener más potencia y tensión eléctrica es necesario unir varias células en serie.

Las células son frágiles y pueden sufrir oxidaciones y degradaciones en contacto con el aire; por estas razones se deben encapsular en plásticos transparentes, para obtener rigidez y aumentar su resistencia contra los elementos atmosféricos.

Este conjunto de células interconectadas y encapsuladas, a las que se les añade un marco metálico para el montaje, y una caja para facilitar la conexión eléctrica con el circuito exterior, constituye un panel o módulo fotovoltaico, que es la unidad básica de generación de un sistema fotovoltaico (Figura 5).

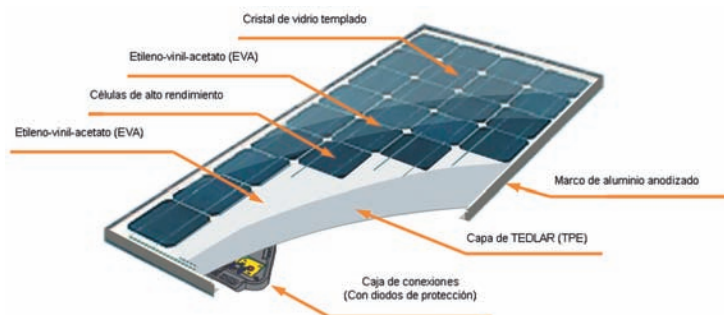


Figura 5. Módulo FV.

11.2.5. Tecnologías fotovoltaicas

La célula y generador mostrado son de tecnología de silicio cristalino, dominantes históricamente y en el mercado actual, pero existen otras tecnologías para captar la radiación solar y convertirlas en electricidad, como son la de silicio amorfo y la de capa delgada, en las que la capa activa o absorbente tiene un espesor de unos pocos micrómetros.

El atractivo de estos módulos de lámina delgada, que poco a poco van ganado mercado a los módulos de silicio cristalino, se debe a su menor coste y a la flexibilidad de esta tecnología en cuanto a la forma y tamaño de los módulos, así como el número de células dentro del módulo, pudiéndose adaptar fácilmente los requisitos técnicos y los aspectos de diseño. Pero, las expectativas en estas tecnologías en los últimos años, se basan sobre todo en los valores de eficiencia de conversión que se están alcanzando y el haberse demostrado su estabilidad a largo plazo.

Otras tecnologías están a nivel de laboratorio o conceptual, sin presencia industrial en el mercado actual.

11.2.6. El sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

Los elementos que componen la instalación fotovoltaica conectada a red son (Figura 6):

- ✱ Generador fotovoltaico: El elemento que transforma la energía del sol en energía eléctrica, que se envía a la red.
- ✱ Inversor: Transforma la corriente continua producida por los paneles, a corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica.
- ✱ Contadores: Un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Otro contador en sentido inverso, cuenta la energía consumida por la instalación en periodos nocturnos.
- ✱ Protecciones, cables, etc.

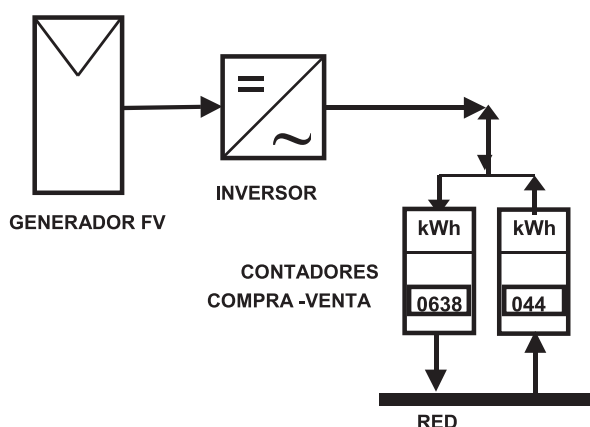


Figura 6. Sistema conectado.

11.2.7. Mantenimiento

El mantenimiento del sistema fotovoltaico se reduce a la limpieza de los paneles, cuando se detecte suciedad solidificada, y la comprobación visual del funcionamiento del inversor.

La vida media de la instalación se estima superior a treinta años.

11.2.8. Integración en edificios

Por integración fotovoltaica debemos entender la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyan el elemento fotovoltaico, y que por lo tanto son generadores de energía.

Esta integración o sustitución de materiales de la construcción del centro por elementos de generación fotovoltaicos se puede hacer en:

- * recubrimiento de fachadas (Figura 7),
- * muros cortina,
- * parasoles en fachada,
- * pérgolas,

- * cubiertas planas acristaladas,
- * lucernarios en cubiertas,
- * lamas en ventanas,
- * tejas.



Figura 7. Fachada FV de la Biblioteca de Mataró.

11.2.9. El coste de la energía solar fotovoltaica

En la actualidad, el coste de una instalación se cubre a lo largo de una serie de años, con los ingresos provenientes de la venta de su producción eléctrica. Actualmente un 3% de la demanda eléctrica de España se está cubriendo con producción eléctrica de origen fotovoltaico proveniente de tejados e instalaciones que se están amortizando con los ingresos de su generación.

Sin embargo, un centro escolar puede no ser titular o propietario de una instalación, pero ceder la superficie en alquiler a alguien para que instale en el centro la planta de generación, y poder recibir unos ingresos mensuales.

11.3. Los centros escolares y la energía solar fotovoltaica

Las instalaciones FV se perciben como un signo de modernidad y compromiso del centro con el medio ambiente. Las instalaciones FV en los centros escolares son una buena manera de educar a los alumnos en la realidad energética actual (Figura 8).



Figura 8. Instalación FV en el colegio San Buenaventura (Madrid).

Los propios centros educativos reconocen el valor que tiene para los alumnos y sus familias:

- ✱ «...La instalación FV del colegio ha sido una iniciativa muy positiva. Tiene un claro beneficio educativo, ya que siempre está acompañada de actividades que fomentan el ahorro de energía. Por ejemplo, cada mes se envía una recomendación de ahorro energético a las familias de los alumnos...». Dirección del CP Cardenal Ilundáin (Pamplona).
- ✱ «...La instalación FV realizada en el colegio ha sido una medida muy interesante, tanto a nivel didáctico como pedagógico. Ahora los niños ven en los marcadores datos como cuánto CO₂ deja de emitirse gracias a la instalación, por lo que la información les llega más gráficamente...». Dirección del CP Sanduzelai (Pamplona).

Muchos centros españoles han instalado ya sistemas FV. De hecho, en muchos municipios se están creando iniciativas de "redes de colegios fotovoltaicos" con fines educativos, como por ejemplo en Murcia, Pamplona, Barcelona, Bilbao, San Sebastián y Jaén.

Hay testimonios del valor de esta iniciativa.

- ✱ «...La experiencia en colegios tiene una importancia indudable, por su fuerte valor educativo y de concienciación...». Técnico del Ayuntamiento de San Sebastián.
- ✱ «...Antes era el ayuntamiento el que se dirigía a los colegios para proponerles participar en el programa de colegios FV, ahora la tendencia es a la

inversa, son los colegios los que se dirigen al ayuntamiento...».
Directora de la Agencia de Energía de Pamplona.

Y el centro escolar, puede instalar los paneles en cualquier superficie a la que le llegue el sol, en tejados, terrazas, techos de aparcamientos, etc., y deben hacerlo sin que impacte en el medio ambiente bajo el aspecto estético, al dar por supuesto que la colocación de paneles solares se hará de forma integrada con la edificación o de tal forma que no se produzca impacto visual negativo.

Las instalaciones FV generan energía con el sol como única fuente. Por tanto no emite gases contaminantes y sustituye el consumo de otros combustibles que sí emiten gases nocivos. Según la potencia de la instalación, se consigue reducir mayor o menor cantidad de toneladas de CO₂ que se envían a la atmósfera.

11.4. Los beneficios medioambientales por tener energía solar fotovoltaica en centros escolares

En adición a los beneficios formativos difícilmente cuantificables, los beneficios medioambientales de tener una instalación fotovoltaica, al igual que los de la rentabilidad de la inversión, se pueden cuantificar.

A continuación se muestran algunos ejemplos de los beneficios medioambientales que tendría una instalación FV para un período de 25 años:

- ✱ Una planta de 20 kW, que ocupara 200 m² de tejado del centro, evitaría en suma la emisión de más de 145 toneladas de CO₂ (que requerirían 15 hectáreas de bosque para ser absorbidas).
- ✱ Una instalación de 5 kW, que ocupara 40 m² del tejado de una azotea de un centro escolar, evitaría la emisión de más de 36 toneladas de CO₂ (que requerirían 4 hectáreas de bosque para ser absorbidas).

11.5. Conclusión

La colocación de paneles fotovoltaicos en los centros escolares aporta valor formativo, proporciona beneficios medioambientales a la sociedad, e incluso da

cierta rentabilidad al centro y, en cualquier caso, siempre contribuirá al desarrollo de esta tecnología y que ésta siga bajando sus costes, lo que a su vez contribuirá a que nuestro parque de generación evolucione y tenga, cada vez en mayor proporción, una energía eléctrica proveniente de fuente no contaminantes y renovables.

Estudio comparativo de eficiencia en iluminación fluorescente

A través de este capítulo, el autor pretende hacer un repaso comparativo de las tecnologías, equipos y soluciones existentes en el mercado, a nivel de **iluminación Interior con Fluorescencia**, con el objetivo de poder cuantificar y determinar cuál es la solución más adecuada para cada necesidad, su eficiencia y costes, de cara a planes de eficiencia, reducción del consumo o minimización del gasto energético.

El planteamiento de este estudio, nace o parte de una necesidad latente demandada al autor, por muchos profesionales, gestores, directores de centros e instalaciones, los cuales, preocupados por mejorar o disminuir sus consumos energéticos, se enfrentan al análisis de las propuestas de distintos proveedores, los cuales argumentan de formas distintas con elementos de juicio dispares y diferentes, que confunden e imposibilitan mostrar resultados uniformes y comparativos entre las distintas propuestas.

Reconociendo que el trabajo no tiene, ni pretende tenerlo (*todo él*), *ningún rigor científico*, se plantea como idea a debate o ejemplo para profundizar por técnicos cualificados, investigadores, universitarios o con el simple fin, antes descrito, de ayudar a otros con la tesitura de tener que tomar decisiones, y al menos tener un conocimiento básico de las posibilidades existentes hoy en día.

12.1. Antecedentes

Según datos de un estudio realizado por el Instituto Argentino de Certificación y Normalización, se estima que entre un 12% y 26% del consumo eléctrico, se invierte en iluminación y que en concreto Argentina, era uno de los mayores consumidores en este ratio, llegando al 25% de su consumo eléctrico total.

Por sectores, los más consumidores, son el comercial y el público, donde se llegaba a un 53% de la energía eléctrica consumida, seguido del residencial con un 35% y por último el industrial con tan sólo un 7%, del total de la energía eléctrica demandada.

De este consumo, más del 25% del mismo, es derivado de la iluminación fluorescente, lo que venía a representar, en el caso de Argentina, más del 6,25% de la energía eléctrica total que se consume en el país.

Aunque en Europa los datos son un poco distintos, no bajamos del 14% del consumo total dedicado a la iluminación, y de esta parte más del 25% se dedica a la iluminación por fluorescencia, lo que en datos energéticos en España, podríamos traducirlo a una demanda de más de 9,1 GWh/año, a modo de aproximación.

En sectores específicos como el de servicios y concretamente entre oficinas, instituciones, comercio y educación, la media de la energía demandada para iluminación por fluorescencia, asciende casi al 33%, lo que representa un foco de atención lo suficientemente interesante, como para que la sociedad se preocupe por la alta incidencia que tiene en los costes económicos, energéticos y medioambientales.

En el caso de los centros docentes, este ratio de energía dedicada a la iluminación por fluorescencia oscila entre el 30% y 60% de la energía consumida, en función de la especialización y dedicación del centro.

Cuando el autor se planteó conocer el «estado del arte» en la materia y valorar, cuantificar o poner cara a las cifras del parque instalado existente, la falta de información era el denominador común del sector, apoyándose a nivel comercial los fabricantes en datos de estudios de otros proveedores, en estimaciones y suposiciones que hacen imposible obtener una visión realista o aproximada de la situación, por lo que este trabajo, sólo aporta otra opinión más, basada en la información o recolección, obtenida en dicha investigación.

Uno de los datos más concluyentes, aunque desfasados, pueden darnos una magnitud de la importancia del trabajo planteado, se basa en un informe o manual realizado por CELMA (*Federación de Asociaciones de Fabricantes Nacionales de Luminarias y de Componentes Electrotécnicos para Luminarias en la Unión Europea*), a raíz de la aprobación de la Directiva 2000/55/EC (DOCE L297 - 1 de Noviembre 2000), que tenía por finalidad, reducir el consumo energético de los balastos para la iluminación fluorescente, apartando gradualmente los balastos menos eficientes y yendo hacia los más eficientes, habiendo publicado que el mercado se encontraba con el siguiente escenario:

Tabla 1. Mercado de balastros en la UE 2000, en función del índice de eficiencia energética.

Ventas de balastros	EEL	% Participación	Ventas realizadas
Balastros magnéticos	Clase C y D	71%	105.080.000 Unid.
Balastros magnéticos bajas pérdidas	Clase B1 y B2	12%	17.760.000 Unid.
Balastros electrónicos	Clase A1, A2 y A3	17%	25.160.000 Unid.

Obviamente, este mercado ha ido cambiando drásticamente en los últimos años, con el nacimiento del tubo fluorescente de LEDs, adaptadores, regletas convertoras, etc., pero estas cifras pueden posicionarnos en la magnitud de equipos poco eficientes instalados en la última década.

Sin embargo, el balastro sólo es una parte de la ecuación de consumo energético. El grado de eficiencia energética de los circuitos de iluminación fluorescente depende del conjunto del balastro y lámpara. Causa por la que se motiva este trabajo, ya que la ecuación puede ser despejada con una o varias incógnitas, o ser resuelta con distintas fórmulas, que adecuen una matemática adaptada a la necesidad del problema y no una solución rígida y drástica al mismo, que puede variar de enunciado según quién lo dicte.

Partiendo de esta premisa se plantea comparar las distintas soluciones más utilizadas habitualmente en el sector; tomando como ejemplo común y con datos unificados de longevidad, uso, consumo, cantidad, etc. con el fin de poder realizar un ranking o listado de resultados obtenidos de una forma uniforme y homogénea, que ayuden a la toma de decisiones en las posibles necesidades que tuvieran a futuro los lectores de este trabajo.

Para la comparativa se han utilizado equipos disponibles en el mercado, a precios de tarifa y costes medios. Si bien es cierto, que pueden existir otras soluciones en el mercado, las utilizadas en el trabajo son bastante representativas de lo que se puede demandar al sector. Obteniendo una orientación clara de las posibilidades existentes.

12.2. Metodología utilizada

De este trabajo se desprende que si bien un cambio de luminaria sería la solución ideal en muchos casos, esto no quiere decir que no existan otras técnicas,

equipos o soluciones capaces de generar grandes ahorros, tanto económicos, como energéticos y medioambientales. Este estudio pretende realizar un repaso a estas tecnologías.

Para ello, se ha optado por seleccionar un escenario típico, en centros con más 15-20 años nos encontramos con que más del 45% de sus luminarias son regletas con un par de tubos bien T12, T10 o T8 con balastro magnético y con niveles de eficiencia bajos, o medios, si dichos balastros son jóvenes.

Esto, unido al deterioro luminoso de los tubos o pérdida de flujo luminoso con el paso del tiempo, hace que una reforma de las instalaciones sea interesante, no sólo desde el punto de vista económico por los ahorros que se puedan generar, sino por la mejora del hábitat de trabajo para todos los usuarios de las instalaciones.

Por otra parte, tanto UNE EN 12464-1:2003 (*Iluminación de interiores en lugares de trabajo*), como el nuevo CTE (en su documento básico: *HE.3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*), vienen a promover medidas de eficiencia lumínica en las nuevas edificaciones, reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

Aunque, lógicamente, las nuevas normativas recogen muchos más parámetros de los aquí indicados, las medidas y tecnologías analizadas en este trabajo, vienen a proponer soluciones de bajo coste, donde en muchos casos no es necesario sustituir las luminarias existentes en las reformas, obteniéndose niveles de eficiencia muy elevados para mejorar las instalaciones y adecuarlas a las nuevas necesidades y requerimientos exigidos.

En el trabajo analizado no se han incluido, los balastros electrónicos regulables, pues en algunos casos pueden tener un nivel de eficiencia energética EEI = A1, y consumir hasta dos vatios más del consumo de la lámpara, y requieren en muchos casos el recableado o tirada de nuevas líneas de cables para su utilización (*habiéndose descartado en este trabajo, la tirada de cables o grandes reformas eléctricas*).

12.2.1. Ejemplo de referencia comparativa

Para realizar este estudio se ha planteado la comparativa según los datos antes comentados y buscando un ejemplo referente en el sector que permitiera la máxima aplicación de técnicas y tecnologías posibles de bajo coste y mínima mano de obra para su implantación.

Del análisis discrepante con otros técnicos y profesionales, al final el autor opta por considerar como modelo de referencia, uno de los más predominante en edificaciones de más de cinco años, y el cual está constituido por una luminaria doble, de dos tubos de 36 vatios, con un par de balastos electromagnéticos EEI=B2 y un condensador de $0,22\ \mu\text{f}$ resultante con un factor de potencia $\text{PF}<0,95$, y con un consumo en el laboratorio de 90 W totales con los tubos fluorescentes que trae de serie.



Foto 1. Luminaria nueva utilizada como modelo de referencia para realizar las comparaciones.

Este equipo utilizado se encuentra en la actualidad sin ninguna clase de dificultad en el mercado y hay infinidad de fabricantes e importadores asiáticos, con características muy similares a los que se vienen fabricando e instalando desde hace más de 12-15 años atrás. Motivo por el que se selecciona y utiliza de referencia, siendo muy similar incluso por los utilizados antiguamente con tubos T12.

Dentro de la comparativa, se consideran las variaciones de una luminaria del mismo tipo, con tubos fluorescentes T12 y balastro magnético, con un Índice de Eficiencia Energética de nivel C o D, ($\text{EEI} = \text{C} - \text{D}$), con lo que el consumo de las lámparas sería de un mínimo de 40 W y de unos 10 W en la reactancia.

12.2.2. Ejemplo de instalación tipo para cálculos

Para que la comparativa a realizar fuera más homogénea y la afección de los costes, longevidad, mantenimiento, etc. fueran representativos, se optó por valo-

rar un área tipo donde se tendrían instaladas 20 luminarias de 2 tubos de tamaño 1.200 mm cada una, con el fin de que las cifras resultantes pudieran aproximarse a un caso real típico de un aula o zona de trabajo.

Obteniendo de esta forma ratios, costes y ahorros representativos en periodos mensuales y anuales, que permitieran calcular la tasa de retorno de la inversión, y su plazo de amortización. El precio de la energía utilizado para cálculos es de 0,13 €/kWh.

12.2.3. Valoración del tiempo anual de la actividad

Cuando se plantea una comparativa de este tipo, pueden encontrarse distintos planteamientos y argumentos, por ello y tras tener en cuenta los tipos de organizaciones a los que se dirige este trabajo, la dedicación a la que se destinan, tipo de usuarios y colectivos que las utilizan, jornadas y calendario de trabajo, se optó por utilizar un cálculo basado en 12 horas diarias de utilización, y no sólo se plantea el uso durante la jornada de trabajo, sino también los tiempos de limpieza y mantenimiento del edificio, para el cual se necesita tener la luz encendida, pero no toda. Planteándose una media de utilización en función de si la limpieza se realiza por áreas, manteniendo el resto del edificio apagado, o bien con un nivel de iluminación controlado o parcial en función de la tarea de limpieza o mantenimiento que se realice, aplicando unos factores que nos decantan a redondear el uso a 12 horas al día. *(Pudiendo extrapolar los resultados a oficinas, etc.).*

En cuanto a la jornada laboral también se plantean diversas tesis, pero con el fin de homogeneizar y unificar un criterio similar al anterior se redondea a 5 días a la semana y 230 días laborables, lo que hace un total de 2.760 horas anuales de utilización.

12.2.4. Criterio de iluminancia

La iluminancia, que también se conoce como nivel de iluminación, es la cantidad de luz, medida en lúmenes, por la superficie o área a la que llega dicha luz. Su unidad, el Lux, es igual a los lúmenes partidos por metro cuadrado.

Esta cantidad de luz que llega al plano de trabajo, o al punto donde se realiza una tarea específica, determina la visibilidad de los trabajos o tareas que se realizan, ya que afecta a la sensibilidad de contraste o capacidad de diferenciar y discriminar los colores o la diferencia de luminancia en los distintos planos

de fijación; también afecta a la capacidad y acomodación de enfoque visual a distintas distancias y por supuesto, a la agudeza visual del sujeto que realiza una labor o trabajo.

Como conclusión, y con independencia de la eficiencia energética de la medida, también será vital aportar la mayor cantidad de luz posible y hasta un cierto valor máximo (*límite de deslumbramiento*), pues será mejor el rendimiento visual.

En este trabajo, se plantea como flujo luminoso referencial, el aportado por la luminaria antes descrita con tubos T8, en uso tras una estabilidad obtenida con 100 horas de trabajo en continuo, para realizar el resto de comparaciones y equipos y admitiendo unas pérdidas en algunos tubos T5, de hasta un 10% de flujo luminoso.

Por el contrario, como más adelante se detalla, sólo se tienen en cuenta mejoras realmente ostensibles, despreciando variaciones no superiores al 10%, con lo que el colchón de trabajo oscila hasta un 20%, de la medida inferior y la superior.

No es objeto de este trabajo determinar, concretar o analizar las mejoras de iluminancia en esta comparativa (*ya que será necesario valorar otros factores de la instalación, la luminaria existente, los datos del equipo seleccionado en función del fabricante, etc.*) mencionándose sólo a nivel estadístico algunos datos de las soluciones propuestas, porque las mejoras son tan ostensibles a simple vista y medibles con cualquier sencillo luxómetro, que permiten ser planteadas como soluciones innovadoras que merecen la pena su estudio en profundidad por los lectores por su elevado incremento del nivel de iluminancia generado.

Con tal nivel de mejora, se valora en una reforma o rehabilitación, la posibilidad de instalar o montar sólo parte de los fluorescentes necesarios, para obtener la misma cantidad o nivel de iluminación que existía previamente con el equipo de referencia.

12.2.5. Criterio de soluciones analizadas

De la gran variedad de soluciones existentes en el mercado, se han seleccionado las más llamativas, eficientes, y sobre todo aquellas que requerían la menor mano de obra o modificación, marcando como límite, que los gastos o inversiones en la modificación estuvieran alejadas de la sustitución de la luminaria completa. Por este motivo se excluyen en el trabajo, las modificaciones o implantaciones de balastos regulables.

De esta forma, y buscando el máximo rendimiento de las soluciones consideradas, el límite marcado consistía en una eliminación de condensadores, eliminación de balastos, cebadores, y la eliminación o alimentación con algún cable de la luminaria alguno de los extremos de los portalámparas. Y las soluciones analizadas, se basan en la sustitución de tubos, o en la implementación de adaptadores y piezas que aprovechan la luminaria.

También se incluyen en el análisis de comparación, luminarias similares o parecidas con balastro electrónico y tubo T8 y T5, para ver los resultados de costes, eficiencia, rendimiento, etc.; incluyéndose, por último, una serie de medidas de adaptación y modernización de luminarias para ser utilizadas con lámparas T5 Trifósforo con menor contenido de mercurio y mucho más eficientes que las T8.

12.3. Soluciones y propuestas comparadas

Todas las propuestas se han numerado y titulado bajo un epígrafe que pueda permitir al lector realizar una rápida comparación o buscar datos en distintas tablas del trabajo.

Con el objetivo de poder realizar ranking o listados ordenados de mayor eficacia, rendimiento, eficiencia, etc. las distintas soluciones valoradas y que a continuación se explican y numeran (*luminarias existentes donde se valora el cambio de tubo, o donde se valora la reforma*), podemos resumirlas de la siguiente forma:

N.º 1 Fluorescente T12

Situación existente más antigua con tubos fluorescentes de 40W y reactancias o balastos electromagnéticos de grandes pérdidas y un consumo medio o superior a 10 W, del mismo. El consumo medio considerado es de **100 W/h** por luminaria. El factor de potencia medio suele ser inferior a $PF < 0,70$ de media.

N.º 2 Fluorescente con tubo T8

Equipo existente utilizado como elemento de control o referencia comparativa, para valorar ahorros, consumos, mejoras, etc., que es utilizado masivamente y que en la actualidad se sigue suministrando mayoritariamente a bajo coste. Está compuesto de un tubo T8 de 36 W, con balastro electromagnético EEI=B2,

con un consumo medio ponderado de 9 W, y la luminaria completa tiene un consumo de **90 W/h**, un $PF > 0,95$ y será el equipo con el que los demás se comparen.

N.º 3 Tubo T8, con balastro electrónico

Equipo existente muy utilizado de 8-10 años a esta parte, el cual, bien por adaptación, bien por ser comprado con posterioridad, contiene un balastro electrónico y carece de cebador y condensador. Tiene un Índice de Eficiencia Energética A3 ($EEL=A3$) y su consumo es de 36 W + 2 W por lámpara. El consumo medio considerado es de **76 W/h** por luminaria. *(Esta solución se ha seleccionado como promedio, ya que se han encontrado en el mercado balastros electrónicos con un consumo de 36+4 W por tubo, al igual que también se han encontrado equipos con un consumo total por tubo de 35 W).*

N.º 4 T8 ECO, con balastro electromagnético

Esta solución está basada en la utilización de una luminaria clásica, con balastro electromagnético y al cual se le incorpora un tubo trifósforo ECO, de 32 W (bajo consumo) que ofrece un 10% de ahorro directo sobre la misma luminaria, sustituyendo única y exclusivamente el tubo fluorescente.

Existen diversos fabricantes en primeras marcas como Philips, Osram, General Electric, Aura, etc. que tienen distintas prestaciones, pero todas muy similares, garantizando un ahorro medio de entre el 5% y el 10%. El consumo medio considerado es de **78 W/h** por luminaria.



Foto 2. Ejemplo de tubo TL-D ECO de Philips que garantiza un ahorro del 10% sobre los tradicionales.

N.º 5 T8 ECO, con balastro electrónico

La diferencia de esta propuesta sobre la anterior, sólo estriba en que el balastro es electrónico y con un Índice de Eficiencia Energética ($EEL=A2$), que lo hace muy

eficiente, cuando se cambian tubo y balastro electrónico, al reformar la luminaria existente. El análisis y coste utilizado en el trabajo, sólo considera el cambio del tubo, dando por hecho que la luminaria existe.

El consumo del tubo ECO, es de tan sólo unos 32 W y junto con un balastro electrónico (EEI=A2), su aumento es despreciable (*inferior a 0,5 W*), por lo que esta medida es despreciada tanto en este equipo, como en el resto de los sistemas electrónicos propuestos, al estar todos en cifras inferiores a este dato y ser todos similares. En este caso la demanda total de potencia de la luminaria se ha considerado en **64 W/h**.

N.º 6 Tubo T8, Long Life electrónico

La peculiaridad de esta solución, estriba en su larga vida, superando con creces a cualquier otra tecnología, incluida la tecnología Led, ya que su vida útil es de 84.000 horas, en un ciclo de conmutación de 12 horas (*11 h encendido y 1 h apagado*), pudiendo llegar a las 90.000 horas con balastros electrónicos con pre-caldeo (*o arranque en caliente*), o conexión estable ininterrumpida.

Su montaje sobre balastros electromagnéticos de muy bajas pérdidas puede hacerle vivir 60.000 horas, por lo que en estos casos, los ahorros, motivo por el que se incluyen en este estudio, están basados en su nulo o inexistente mantenimiento o reposición.

Dentro de esta gama de tubos de alta longevidad, los grandes fabricantes y algunas compañías especializadas, tienen tubos de entre 40 y 60.000 horas, aunque para la comparativa se ha utilizado el de mayor vida conocida. En este caso, el consumo considerado para la comparativa es de **72 W/h** como consumo total de la luminaria con un balastro electrónico EEI=A2.

N.º 7 Tubo T5 con balastro electrónico

Solución moderna en cuanto a luminarias y muy eficaces, utilizándose principalmente en obra nueva o reformas estructurales o de interior. Compuesta de luminarias con tubos fluorescentes T5 y balastros electrónicos de bajas pérdidas. El consumo considerado para este tipo de equipos es de **56 W/h** por juego de 2 tubos por luminaria, con todo incluido y despreciando, como decíamos antes, las pequeñas variaciones.

N.º 8 Tubo T5 ECO con adaptador G13 y balastro electrónico

Solución muy poco conocida y que consiste en la reforma de la luminaria, sustituyendo el balastro electromagnético, por otro electrónico y aprovechar los portalámparas existentes, mediante adaptadores de tubos T5, con lo que se mejora la eficiencia espectacularmente, aprovecha la luminaria y se reconvierte a un sistema electrónico, con las ventajas que ello incorpora.

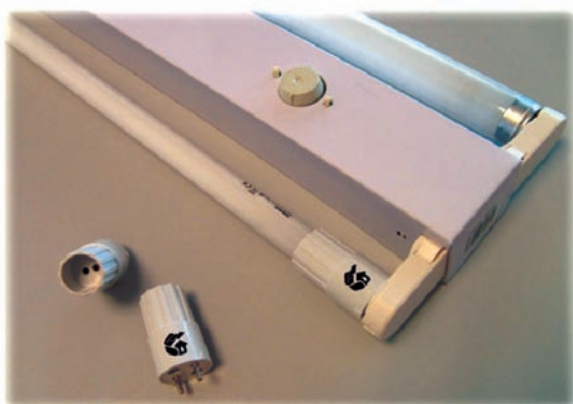


Foto 3. Luminaria con un tubo T8 y un tubo T5 con adaptador G13, tras el cambio del balastro.

La gran ventaja es que esta propuesta puede resultar muy interesante en luminarias especiales, de diseño, o donde se persiga la unificación de lámparas T5 en el edificio. Esta solución es de las más drásticas y a la par también eficiente, valorándose un consumo resultante por luminaria reformada de tan sólo **50 W/h**.

N.º 9 T5 Eco, tecnología Long Life

Aplicación de tubos fluorescentes trifósforo de alta luminosidad sobre luminarias con balastro electrónico, aunando un menor consumo (10% menos) y una mayor longevidad, lo que minimiza el coste de mantenimiento y de la energía consumida.

Aunque todavía no hay competitividad entre los fabricantes en este tipo de producto, se espera una mayor variedad o disponibilidad en el mercado en el futuro cercano. El tubo seleccionado ofrece una vida útil de 60.000 horas y un consumo por lámpara de 25 W, lo que hace que, montado sobre una luminaria de dos tubos con pre-caldeo ofrezca un consumo de tan sólo **50 W/h**, que es la cifra utilizada para los cálculos en este estudio.

La gran diferencia, por tanto, respecto a la solución anterior, no es otra que la espectacular vida que ofrece y la reducción de los gastos de mantenimiento.

N.º 10 Regleta electrónica con pantalla y tubo T5

Solución sencilla y simple para sustituir el tubo T8 en una luminaria con balastros electromagnéticos, por una regleta que equipa un sistema electrónico (EEI=A2) con una pantalla que concentra y aumenta la iluminancia del conjunto (*casi el doble*), con su tubo T5 trifósforo de alta luminosidad.

No es necesario manipular la luminaria, sólo retirar el tubo cebador, que no se necesita, y en todo caso cortar o eliminar el condensador si se desea corregir o mejorar el factor de potencia por encima de $PF \geq 0,98$. *(En algunos casos donde un mismo balastro alimenta dos tubos, es necesario llevar alimentación a los dos extremos de éstos, es decir ofrecer 220 Vca a los dos portalámparas de cada tubo).*

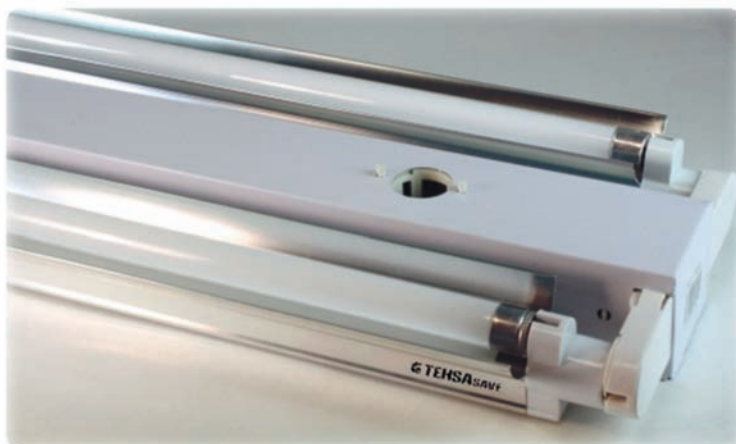


Foto 4. Regletas electrónicas con pantalla T5 montadas sobre la luminaria de referencia.

El consumo del conjunto, manteniendo los balastros electromagnéticos instalados en origen, es de 56 W/h, en total.

N.º 11 KIT adaptador electrónico para tubos T5

Equipo especialmente diseñado, a diferencia del resto de las soluciones anteriores, está dirigido a reformas de eficiencia, ya que su objetivo es modernizar la luminaria sin tocarla, con un fácil y simple cambio del tubo fluorescente T8 existente, por otro T5 con adaptador electrónico y dispositivo de seguridad (*que sustituye al cebador*), que moderniza, mejora y reduce los consumos de la luminaria, haciéndola más eficiente y con un mínimo coste, a la par que aumenta la vida de los tubos fluorescentes y reduce, por tanto, los gastos de reposición y mantenimiento.

La mejora en el Índice de Eficiencia Energética, hace que una luminaria como la utilizada de referencia, pase de un nivel EEI = D, C, B2 o B1 a un EEI = A2, que es lo máximo que podemos mejorar una luminaria, hoy en día. (Al no ser regulable, no puede ser EEI=A1).



Foto 5. Adaptador electrónico TEHSAve para tubos T5 y casquillos G13, para uso con balastro.

El bajo coste de estos equipos (*entre 12 y 20 euros*), y la gran reducción de consumo que ofrecen (una media superior al 35%, según el fabricante), lo hacen una de las soluciones más rentables y viables para infinidad de instalaciones. El conjunto utilizado para cálculos, totalizaba **50 W/h** para la optimización de la luminaria de referencia.

N.º 12 KIT ECO, compuesto de adaptador electrónico y tubo T5 ECO

Solución idéntica a la anterior pero con la utilización de un tubo ECO, que consume un 10% menos del consumo estándar de un fluorescente T5 trifósforo tradicional.

En este caso, el conjunto de referencia dotado de estos adaptadores y tubos ECO, tiene un consumo total de **44 W/h**, para la suma de los dos balastos electro-magnéticos, los adaptadores electrónicos y los dos tubos T5 de 1.149mm.

N.º 13 KIT PLUS, adaptador electrónico para tubos T5 con reflector

Al igual que los equipos anteriores, este producto está diseñado especialmente para la optimización y mejora de la eficiencia energética y lumínica de luminarias antiguas que carecen de cualquier tipo de concentrador del flujo luminoso. (*Como el caso N.º 2 antes descrito*).

En este caso, se trata, no sólo de mejorar notablemente la eficiencia energética del conjunto, sino también la de la iluminancia de la misma, pues su pantalla reflectora orientable ofrece más del 200% más de iluminancia por concentración del flujo luminoso, lo que permite utilizar una única lámpara por cada 2 existentes, manteniendo o mejorando la iluminancia media en el plano de trabajo con un sólo tubo T5.

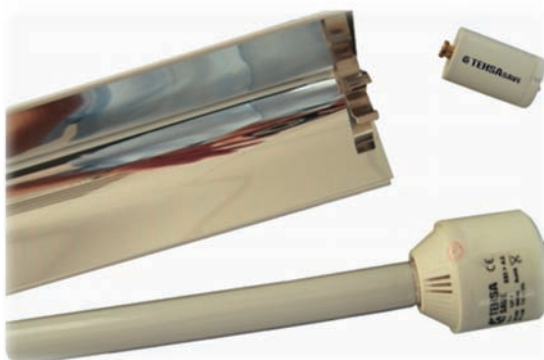


Foto 6. Kit adaptador electrónico TEHSAsave con reflector para tubos T5 y casquillos G13.

Esto permite reducir drásticamente los consumos del conjunto, con ahorros energéticos espectaculares y equivalentes a una reducción de más del **70% del consumo de energía** para la misma cantidad de iluminancia en el plano de trabajo.

Lo que unido a la mejora lumínica, la ausencia de parpadeos y ruidos, su mayor vida y mínimo mantenimiento, hacen de las soluciones que los fabricantes ofrecen con «un adaptador más una pantalla reflectora», una de las soluciones más rentables y eficientes que se puede encontrar. Por lo que se pasa a obtener una eficiencia superior ($EEI \geq A2$), para las antiguas y obsoletas luminarias.

El conjunto utilizado para cálculos totalizaba tan solo **25 W/h** para la optimización de la luminaria de referencia, ya que sólo requiere un tubo para ofrecer el mismo flujo luminoso.

N.º 14 KIT ECO PLUS, adaptador electrónico para tubos T5 ECO, con reflector

De iguales características técnicas, eficiencia luminosa y composición al anterior, sólo se diferencia en el tubo T5 que incorpora y que es la versión ECO, de cualquiera de los fabricantes antes mencionados, lo que le permite generar un ahorro adicional del 10 % y limita su consumo a **tan sólo 22 W/h**, en total, para el conjunto de la luminaria, incluido (*no eliminado*) el balastro electromagnético original, y el nuevo adaptador electrónico que lo gobierna.

N.º 15 TUBO LED T8, de alta eficiencia

En la actualidad los tubos LED son considerados los más eficientes del mercado, aunque tienen muchos detractores por infinidad de conceptos, y algunos de los más utilizados son:

- * Rápida depreciación del flujo luminoso en equipos de baja calidad.
- * Unidireccionalidad, que los hace concentrar demasiado el flujo luminoso.
- * Ofrecen una sensación de sombra a su alrededor.
- * Fácil deslumbramiento.
- * Poca variedad de temperaturas de color de luz, dentro de un mismo fabricante.
- * Elevada inversión inicial para instalaciones de poca utilización.
- * Problemas técnicos de adaptación, por carencia de variación de sus patillas de conexión.

y otros muchos argumentos con mayor o menor justificación real y técnica.

Pero es evidentemente que también tienen otros muchos atractivos que los hacen muy demandados para un sinnúmero de utilizaciones, donde no afectan sus limitaciones.

Una de ellas, si no la más importante, es sin lugar a dudas su bajo consumo (*el equivalente de un tubo de 36 W, con el mismo flujo luminoso, puede obtenerse con un consumo de 18 W y si bien es cierto que hay otras posibilidades entre 15 W a 20 W, dependiendo del fabricante, el consumo está en proporción directa al flujo luminoso ofrecido*), pero no es la única o prioritaria argumentación; su larga vida, la ausencia de calentamiento en su iluminación, su funcionamiento a bajas temperaturas, la ausencia de mercurio en sus componentes, la no emisión de rayos ultravioleta (UV), etc. lo adecuan como candidato ideal para un sinnúmero de utilizaciones y sobre todo, para elevados tiempos de utilización ininterrumpida.



Foto 7. Ejemplos de tubos Led T8 de alta eficiencia con cubierta difusa y rayada.

Hasta ahora, no estaban penalizados o encarecidos con ninguna tasa ECO RAEE (REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos) como sí lo estaban los fluorescentes tradicionales con contenido en mercurio, pero como elemento electrónico y su dificultad de reciclaje, hace que desde el 1 de Octubre de 2010, la comercialización de estas tecnologías, se vea grabada con una tasa de 0,20 € por unidad como otros equipos de iluminación o electrónica.

En el caso de la comparativa que nos ocupa se ha seleccionado un tubo T8 de alta eficiencia y máximo brillo, con un consumo de **20 W/h por tubo** utilizado, garantizando una eficiencia mínima de 105 Lm/W, y un consumo total de reemplazo por luminaria de **40 W/h**.

12.3.1. Resumen de tipos, propuestas y soluciones

A través del siguiente cuadro vamos a resumir las distintas variables utilizadas y que nos permitirán, posteriormente, comparar sus resultados.

Tabla 2. Resumen esquemático de variables consideradas, consumos y vida.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Índice de Eficiencia Energética	Potencia en Vatios por lámpara	Pérdidas W Reactanc.	Potencia total instalada, en Kw	Total consumo por mes laborable	Vida media útil del equipo en horas
1	Fluorescente T12	Existente	EEI ≤ C	40,0 w	10,0 w	2,0 Kw	501,8 Kw	6.000 h
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	EEI ≤ B2	36,0 w	9,0 w	1,8 Kw	451,6 Kw	8.000 h
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	EEI = A3	36,0 w	2,0 w	1,5 Kw	381,4 Kw	12.000 h
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	EEI = B2	32,0 w	7,0 w	1,6 Kw	391,4 Kw	12.000 h
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	EEI = A2	32,0 w		1,3 Kw	321,2 Kw	17.000 h
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	EEI = A2	36,0 w		1,4 Kw	361,3 Kw	84.000 h
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	EEI = A2	28,0 w		1,1 Kw	281,0 Kw	19.000 h
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	23.000 h
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	60.000 h
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	EEI = A2	28,0 w		1,1 Kw	281,0 Kw	23.000 h
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	23.000 h
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	EEI = A2	22,0 w		0,9 Kw	220,8 Kw	23.000 h
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	EEI = A2	25,0 w		0,5 Kw	125,5 Kw	23.000 h
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	EEI = A2	22,0 w		0,4 Kw	110,4 Kw	23.000 h
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	EEI = A2	20,0 w		0,8 Kw	200,7 Kw	50.000 h

12.4. Resultados de la comparación realizada

Para mostrar los resultados obtenidos, se ha optado por realizar cuadros que nos faciliten un ranking por comparativa, que muestre ordenados los mejores resultados y su posición respecto al resto. Esta fórmula permite tener en mente la

solución o equipo, cuando se comparen datos de distintos cuadros o se desee realizar una doble mezcla de los mismos.

En los cuadros realizados, se muestran aquellos de interés general, despreciando algunos factores que pueden ser muy interesantes, pero que no son objetivo de este trabajo.

12.4.1. Longevidad de las soluciones

Comparando la vida útil de las lámparas y sin olvidar su afección por el tipo de balastro utilizado o sistema, los resultados son los siguientes:

Tabla 3. Ranking de longevidad de lámparas y soluciones.

Nº	Solución Analizada	Potencia en Vatios por lámpara	Vida estimada según su utilización	Vida media útil del equipo en horas
1	Fluorescente T12	40,0 w	26,1 Meses	6.000 h
2	Fluorescente con Tubo T8	36,0 w	34,8 Meses	8.000 h
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	36,0 w	52,2 Meses	12.000 h
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	32,0 w	52,2 Meses	12.000 h
5	T8 Eco Balastro Electrónico	32,0 w	73,9 Meses	17.000 h
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	28,0 w	82,6 Meses	19.000 h
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	28,0 w	100,0 Meses	23.000 h
11	Kit Adaptador Electr. para T5	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	22,0 w	100,0 Meses	23.000 h
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	22,0 w	100,0 Meses	23.000 h
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	20,0 w	217,4 Meses	50.000 h
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	25,0 w	260,9 Meses	60.000 h
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	36,0 w	365,2 Meses	84.000 h

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el tubo LED, tiene un gran rival a bajo coste que es el tubo Long Life tanto en las versiones T8, como en la versión T5 ECO, los cuales pueden resultar muy interesantes para soluciones de reposición en zonas, áreas o cubiertas de difícil acceso, o donde la dificultad de su mantenimiento sea importante.

12.4.2. Consumos y costes de energía

El principal factor a la hora de analizar las distintas soluciones y equipos, sin lugar a dudas, es la eficiencia energética de las mismas; motivos como la reducción

del consumo, por un punto de vista social, medioambiental, etc. es muy importante, pero no lo es menos, la reducción de costes y ahorros generados con este tipo de medidas donde la gran mayoría de los usuarios indican que es su motivación principal.

Tabla 4. Ranking de gastos económicos de energía y ahorros generados según la solución.

Nº	Solución Analizada	Potencia total	Total	Coste	Gastos de	% Ahorro
		instalada, en Kw	consumo por mes laborable	Mensual de Energía	energía al Año	Generado VS T8 - Kwh
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	0,4 Kw	110,4 Kw	14,35 €	157,87 €	76%
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	0,5 Kw	125,5 Kw	16,31 €	179,40 €	72%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	0,8 Kw	200,7 Kw	26,09 €	287,04 €	56%
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	0,9 Kw	220,8 Kw	28,70 €	315,74 €	51%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
11	Kit Adaptador Electr. para T5	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	1,1 Kw	281,0 Kw	36,53 €	401,86 €	38%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	1,1 Kw	281,0 Kw	36,53 €	401,86 €	38%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	1,3 Kw	321,2 Kw	41,75 €	459,26 €	29%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	1,4 Kw	361,3 Kw	46,97 €	516,67 €	20%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	1,5 Kw	381,4 Kw	49,58 €	545,38 €	16%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	1,6 Kw	391,4 Kw	50,88 €	559,73 €	13%
2	Fluorescente con Tubo T8	1,8 Kw	451,6 Kw	58,71 €	645,84 €	0%
1	Fluorescente T12	2,0 Kw	501,8 Kw	65,24 €	717,60 €	-11%

El tubo LED es el punto de inflexión, donde se empiezan a separar las medidas o equipos más eficientes, con un salto de más del 29% sobre las medidas tradicionales más atractivas (*luminarias T5 con balastro electrónico*), y resultando un 47% más eficaz que éstas.

Por último, es importante ver cómo en el caso de los KIT con adaptador y reflector los ratios se disparan hasta ahorros de un 72% al 76%, en comparación con el equipo de referencia, que recordemos se trata de una luminaria de dos tubos T8 de 36W con balastro electromagnético.

12.4.3. Costes de inversión

Antes o después, a la hora de plantearse un proyecto de eficiencia en iluminación interior, se termina valorando los costes del mismo y las inversiones a realizar, la tasa de retorno de la inversión y los plazos de amortización del mismo.

Con los siguientes datos se pretende ofrecer una visión orientativa de los mismos, a modo de orientación y simplemente para que el lector reflexione y realice sus propios cálculos, valorando si ya ha llegado el momento de acometer este tipo de inversiones que redundan en beneficios de todos y especialmente en su cuenta de resultados.

No hay que olvidar que en este planteamiento de costes se consideran mezclados las soluciones y equipos. Con lo que el lector tendrá que recordar que algunas medidas son de reposición, mientras que otras son de remodelación. (Ver detalles previos).

Tabla 5. Ranking de costes de equipos y soluciones, inversión inicial y total a 10 años.

Nº	Solución Analizada	Total coste Unid. reposición de equipos	Nº de reposiciones a 10 años uso:	Gasto Total anual cambio de equipos	Inversión Inicial	Inversión Total Realizada en 10 Años
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	19,50 €	0,33 Cambios	25,63 €	908,00 €	298,34 €
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	25,04 €	0,46 Cambios	46,07 €	1.129,60 €	519,62 €
5	T8 Eco Balastro Electrónico	6,54 €	1,62 Cambios	42,47 €	389,60 €	632,53 €
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	9,54 €	1,45 Cambios	55,43 €	509,60 €	740,26 €
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	28,30 €	1,20 Cambios	67,92 €	646,00 €	775,20 €
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	33,30 €	1,20 Cambios	79,92 €	746,00 €	895,20 €
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	6,54 €	2,30 Cambios	60,17 €	389,60 €	896,08 €
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	8,04 €	2,30 Cambios	73,97 €	461,60 €	1.061,68 €
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	24,30 €	1,20 Cambios	116,64 €	1.100,00 €	1.320,00 €
11	Kit Adaptador Electr. para T5	24,30 €	1,20 Cambios	116,64 €	1.120,00 €	1.344,00 €
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	29,30 €	1,20 Cambios	140,64 €	1.320,00 €	1.584,00 €
2	Fluorescente con Tubo T8	8,04 €	3,45 Cambios	110,95 €	461,60 €	1.592,52 €
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	79,70 €	0,55 Cambios	175,98 €	3.316,00 €	1.830,43 €
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	38,80 €	1,20 Cambios	186,24 €	1.700,00 €	2.040,00 €
1	Fluorescente T12	8,04 €	4,60 Cambios	147,94 €	461,60 €	2.123,36 €

12.4.4. Costes de propiedad

Se entiende por costes de propiedad la acumulación de gastos necesarios para el uso y disfrute de una medida o equipo, considerando estos, no sólo los costes de compra o adquisición, si no también los de repuestos, accesorios, mantenimiento y mano de obra necesarios para que en computo anual o por horas, se unifiquen y puedan compararse unas medidas con otras.

En el siguiente cuadro, podemos ver los ratios de coste anual y por hora de cada una de las medidas, elemento crucial para la toma de decisiones, ya que refleja el gasto real por su utilización en periodos de actividad similares y con utilidades homogeneizadas.

Tabla 6. Ranking de gastos de energía y coste de propiedad de cada medida o equipo.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Gastos de energía al Año	Inversión Total Realizada en 10 Años	Gasto Anual de Propiedad o Explotación	Ahorros Generados sobre el equipo de referencia
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	157,87 €	895,20 €	247,39 €	69%
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	179,40 €	775,20 €	256,92 €	68%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	358,80 €	519,62 €	410,76 €	49%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	287,04 €	1.830,43 €	470,08 €	42%
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	315,74 €	1.584,00 €	474,14 €	41%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	401,86 €	740,26 €	475,88 €	41%
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	358,80 €	1.344,00 €	493,20 €	39%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	459,26 €	632,53 €	522,52 €	35%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	401,86 €	1.320,00 €	533,86 €	34%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	516,67 €	298,34 €	546,51 €	32%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	358,80 €	2.040,00 €	562,80 €	30%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	545,38 €	896,08 €	634,98 €	21%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	559,73 €	1.061,68 €	665,90 €	17%
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	645,84 €	1.592,52 €	805,09 €	0%
1	Fluorescente T12	Existente	717,60 €	2.123,36 €	929,94 €	-16%

Los equipos mas ventajosos resultantes de estos cálculos son los kit, en cuanto a su plazo de amortización y ahorros generados (*más del 68%*), y esto es debido, lógicamente, a que los ahorros se generan por necesitar única y exclusivamente la mitad de lámparas para obtener el mismo confort visual en el plano de trabajo.

Tabla 7. Cuadro con inversiones, ahorros y plazo de amortización de cada medida o equipo.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Inversión Inicial a realizar	Inversión Total Realizada en 10 Años	Ahorros Año Generados VS Equipo Referencia	Plazo simple de amortización de la inversión realizada
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	646,00 €	775,20 €	548,17 €	1,18 Años
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	746,00 €	895,20 €	557,70 €	1,34 Años
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	389,60 €	632,53 €	282,58 €	1,38 Años
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	509,60 €	740,26 €	329,21 €	1,55 Años
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	389,60 €	896,08 €	170,11 €	2,29 Años
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	1.129,60 €	519,62 €	394,33 €	2,86 Años
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	461,60 €	1.061,68 €	139,20 €	3,32 Años
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	908,00 €	298,34 €	258,59 €	3,51 Años
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	1.120,00 €	1.344,00 €	311,89 €	3,59 Años
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	1.320,00 €	1.584,00 €	330,95 €	3,99 Años
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	1.100,00 €	1.320,00 €	271,24 €	4,06 Años
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	1.700,00 €	2.040,00 €	242,29 €	7,02 Años
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	3.316,00 €	1.830,43 €	335,01 €	9,90 Años
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	461,60 €	1.592,52 €	0,00 €	
1	Fluorescente T12	Existente	461,60 €	2.123,36 €	-124,84 €	

Como puede apreciarse en los cuadros anteriores los tubos Led, con las salvedades que fueran necesario realizar, no salen muy bien parados en cuanto a costes de propiedad y plazos de retorno de la inversión, lo que no quiere decir que no sean interesantes.

12.4.1. Consumos energéticos y mejora medioambiental

Analizar una medida como la eficiencia, siempre ha de terminar con un dato vital para el crecimiento sostenible de nuestra sociedad y es el de la incidencia en la demanda de recursos naturales y la incidencia de la medida o la reducción de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, de los proyectos que se acometan.

Por este motivo, indicamos en el siguiente cuadro la incidencia en MW/h y tep (*toneladas equivalente de petróleo*), que cada medida o equipo implican en su utilización o disfrute.

Tabla 8. Ranking del gasto energético del ejemplo y reducciones de consumo de energía.

Nº	Solución Analizada	Potencia total instalada, en Kw	Consumo de Energía anual del Centro	Consumo Total de energía en 10 años	Consumo equivalente en tep	Ahorros Generados en tep	Disminución del Consumo
1	Fluorescente T12	2,0 Kw	5.520,0 Kw	55,2 MW	4,747 tep	-0,475 tep	-11,11%
2	Fluorescente con Tubo T8	1,8 Kw	4.968,0 Kw	49,7 MW	4,272 tep	0,000 tep	0,00%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	1,6 Kw	4.305,6 Kw	43,1 MW	3,703 tep	0,570 tep	13,33%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	1,5 Kw	4.195,2 Kw	42,0 MW	3,608 tep	0,665 tep	15,56%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	1,4 Kw	3.974,4 Kw	39,7 MW	3,418 tep	0,854 tep	20,00%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	1,3 Kw	3.532,8 Kw	35,3 MW	3,038 tep	1,234 tep	28,89%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	1,1 Kw	3.091,2 Kw	30,9 MW	2,658 tep	1,614 tep	37,78%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	1,1 Kw	3.091,2 Kw	30,9 MW	2,658 tep	1,614 tep	37,78%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
11	Kit Adaptador Electr. para T5	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	0,9 Kw	2.428,8 Kw	24,3 MW	2,089 tep	2,184 tep	51,11%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	0,8 Kw	2.208,0 Kw	22,1 MW	1,899 tep	2,374 tep	55,56%
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	0,5 Kw	1.380,0 Kw	13,8 MW	1,187 tep	3,086 tep	72,22%
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	0,4 Kw	1.214,4 Kw	12,1 MW	1,044 tep	3,228 tep	75,56%

En cuanto a las emisiones de CO₂ que implican la utilización de cada medida, considerando las mismas en un ratio de 0,383 Kg, los resultados son los siguientes:

Tabla 9. Ranking de consumo de energía y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Nº	Solución Analizada	Consumo de Energía anual del Centro	Emisiones de CO ₂ del centro al año	Disminución de las emisiones VS equipo de Referencia
1	Fluorescente T12	5.520,0 Kw	2,114 Tn CO ₂	-0,211 Tn CO ₂
2	Fluorescente con Tubo T8	4.968,0 Kw	1,903 Tn CO ₂	0,000 Tn CO ₂
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	4.305,6 Kw	1,649 Tn CO ₂	0,254 Tn CO ₂
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	4.195,2 Kw	1,607 Tn CO ₂	0,296 Tn CO ₂
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	3.974,4 Kw	1,522 Tn CO ₂	0,381 Tn CO ₂
5	T8 Eco Balastro Electrónico	3.532,8 Kw	1,353 Tn CO ₂	0,550 Tn CO ₂
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	3.091,2 Kw	1,184 Tn CO ₂	0,719 Tn CO ₂
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	3.091,2 Kw	1,184 Tn CO ₂	0,719 Tn CO ₂
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO ₂	0,846 Tn CO ₂
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO ₂	0,846 Tn CO ₂
11	Kit Adaptador Electr. para T5	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO ₂	0,846 Tn CO ₂
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	2.428,8 Kw	0,930 Tn CO ₂	0,973 Tn CO ₂
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	2.208,0 Kw	0,846 Tn CO ₂	1,057 Tn CO ₂
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	1.380,0 Kw	0,529 Tn CO ₂	1,374 Tn CO ₂
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	1.214,4 Kw	0,465 Tn CO ₂	1,438 Tn CO ₂

12.5. Conclusiones

Cualquiera de las soluciones economizadoras descritas anteriormente merece la pena, y aunque para algunos usos, algunas tecnologías tardan mucho en amortizarse, también ofrecen mucha vida adicional tras su amortización total. Por ejemplo el tubo Led, a parte de sus grandes ahorros económicos y energéticos, ofrece en este ejemplo un plazo de amortización de casi 10 años (9,9 años), todavía tiene una longevidad adicional de otros 8 años más de vida útil, lo que le hacen muy interesante, pues cada vez será más cara la energía. *(En este trabajo no se ha considerado el incremento constante del precio de la energía).*

Otras de las conclusiones reveladoras es que las soluciones de bajo consumo y larga vida (*versiones Long Life y ECO*), aportan ahorros económicos, no sólo por su pequeña reducción de costes energéticos, sino también por la ausencia o eliminación de reposiciones y mantenimiento, que al igual que la energía, la mano de obra será a futuro también más elevada. Resultando especialmente atractiva esta solución en puntos de consumo existentes ya modernizados con balastro electrónico.

Sin lugar a dudas, las soluciones que los fabricantes ofrecen, donde con la unión de varios elementos ya eficientes, se obtiene un conjunto tipo kit, ofrecen los mejores resultados en eficiencia, no por la medida propiamente dicha, sino por la posibilidad de utilizar la mitad de lámparas para la obtención de un determinado flujo luminoso en el plano de trabajo.

La facilidad de instalación, las mínimas modificaciones que exigen, lo hacen muy atractivo para luminarias antiguas, donde sobre todo no disponen de reflectores o pantallas que aprovechan el flujo luminoso.

Si además, se considera la posibilidad de no tener que eliminar la reactancia o balastro, aprovechando todo su cableado, sus portalámparas y porta cebadores, las soluciones se hacen muy atractivas.

Si bien es cierto que las soluciones mostradas en esta comparativa, no son válidas para todo tipo de luminarias, *(habrá que analizar y valorar, la solución más adecuada para cada caso)*, no lo es menos, que más del 40% del parque de luminarias en centros educativos, posee más de 10 años, por lo que la utilización de cualquiera de las tecnologías mostradas en este estudio, permite disminuir los consumos energéticos espectacularmente, con inversiones muy razonables y tasas de retorno de la inversión muy rápidas.

Por último, existen tecnologías basadas en Lámparas de Fluorescencia de Cátodo Frío (CCFL), de tecnología **«T-Thin»**, que no habiéndose incluido en este estudio, ofrecen niveles de ahorro superiores al 40% de un T8 tradicional, y cuentan con vida útiles superiores a las 55.000 horas, que las hacen ideales para zonas donde la accesibilidad, la ausencia de mantenimiento y su bajo consumo, primen en la selección.

Ascensores de última generación. Soluciones energéticamente eficientes y accesibilidad en centros escolares

13.1. Introducción

Para frenar el proceso de degradación del medio ambiente, aparecen como únicas soluciones dejar de contaminar o contaminar menos.

Esta última alternativa, basada en la eficiencia en el uso de la energía y en la utilización de fuentes renovables, parece la única posible.

Dentro del consumo energético en general, uno de los más importantes es el realizado en el interior de los edificios y, en particular, el de los ascensores. Reducirlo es responsabilidad de todos aquellos que participan en el diseño, la construcción, el uso y la conservación de los edificios.

En el folleto de 2007 de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM) «ELEVATE CON SEGURIDAD Y ENERGÍA» puede leerse que «El consumo de energía eléctrica de un ascensor puede alcanzar hasta el 80% del consumo eléctrico de una comunidad de propietarios».

13.1.1. Algunos datos y consideraciones relativos al ascensor

El ascensor es el medio de transporte más utilizado. En el mundo funcionan unos 10 millones de ascensores (más de 900.000 lo hacen en España y unos 150.000 en la Comunidad de Madrid). Realizan diariamente unos 200 millones de viajes, transportando el equivalente a 8 veces la población española.

Hasta 1853, gracias a un invento de Elisha Graves Otis, no se possibilitó el uso seguro del ascensor para el transporte de personas. Dicho invento consistió en un dispositivo (llamado paracaídas) que inmovilizaba al vehículo contra las guías por las que deslizaba (Figura 1).

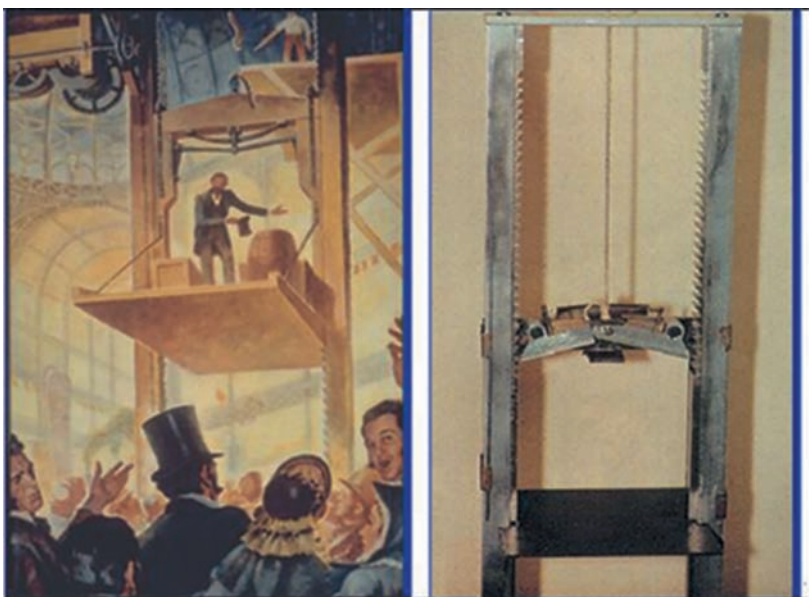


Figura 1. Invención del ascensor autorizado para pasajeros.

El ascensor es el único medio de transporte regulado en cuanto a la seguridad de usuarios, inspectores, trabajadores y público en general por Legislación y Normativa al mayor nivel. Sin embargo, todavía no es considerado en la reglamentación medioambiental y de ahorro energético en la edificación, aspecto que debe ser solucionado.

Este capítulo describe la evolución técnica de estos equipos para minimizar su impacto medioambiental y su consumo energético, así como la adaptación de los mismos en edificios existentes para mejorar las condiciones de accesibilidad.

13.2. Ascensores instalados más comunes

En la actualidad, y según su sistema de tracción, la mayoría de los ascensores instalados son de los tres tipos siguientes (Figura 2):

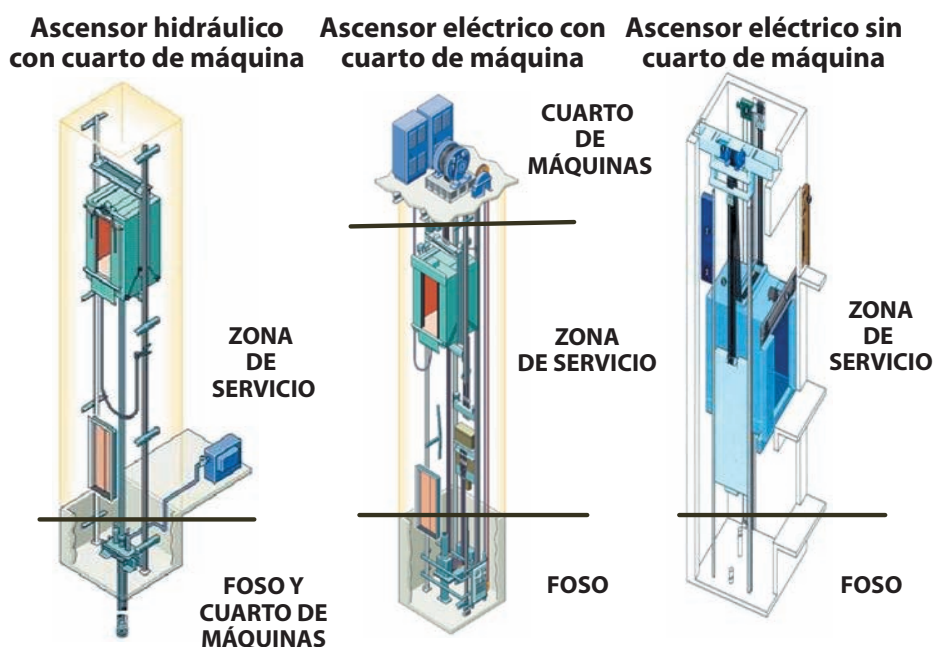


Figura 2. Esquema de configuración de los principales tipos de ascensores.

13.2.1. Ascensores Hidráulicos

En ellos, la cabina se mueve empujada por un pistón alimentado con aceite a presión bombeado por una central hidráulica.

Carecen de contrapeso, consumiendo una elevada cantidad de energía al subir. Por el contrario, el consumo al bajar es prácticamente nulo. A primera vista esto podría considerarse como una ventaja general, pero la cantidad de energía consumida durante el ascenso (y luego desperdiciada en su descenso) alcanza valores que hacen desaconsejable el uso de este tipo de ascensores desde el punto de vista de la eficiencia energética.

13.2.2. Ascensores Eléctricos

Una máquina, con un engranaje reductor de velocidad, acciona una polea motriz que hace moverse a cabina y contrapeso tirando de unos cables de acero.

La máquina tiene un motor eléctrico que sólo consume energía cuando el desequilibrio entre cabina y contrapeso es desfavorable al sentido del movimiento. En caso contrario, la propia gravedad es la que ayuda al movimiento del ascensor, actuando el motor como un generador de energía.

En función del control de su motor, existen dos tipos de ascensores eléctricos:

13.2.2.1. De una o dos velocidades

Cuando se alimenta el motor y se suelta el freno mecánico del mismo, la cabina se moverá, deteniéndose de nuevo cuando se deje de alimentar el motor y se accione el freno. El control es básico: alimentar o no el motor.

Los movimientos de arranque y parada son muy bruscos en el caso de motores de una velocidad (devanado simple), suavizándose un poco al incluir una velocidad intermedia (dos velocidades, doble devanado) antes de parar o alcanzar la velocidad de viaje. En ambos casos, se necesitan elevados picos de energía para iniciar el movimiento y el confort del viajero es pésimo.

13.2.2.2. De velocidad variable

Controlando la frecuencia y tensión de alimentación del motor eléctrico, se consigue variar suavemente la velocidad haciendo que la cabina arranque y frene progresivamente. En la Figura 3 se muestra el diagrama velocidad-tiempo según la alimentación y el control del motor.

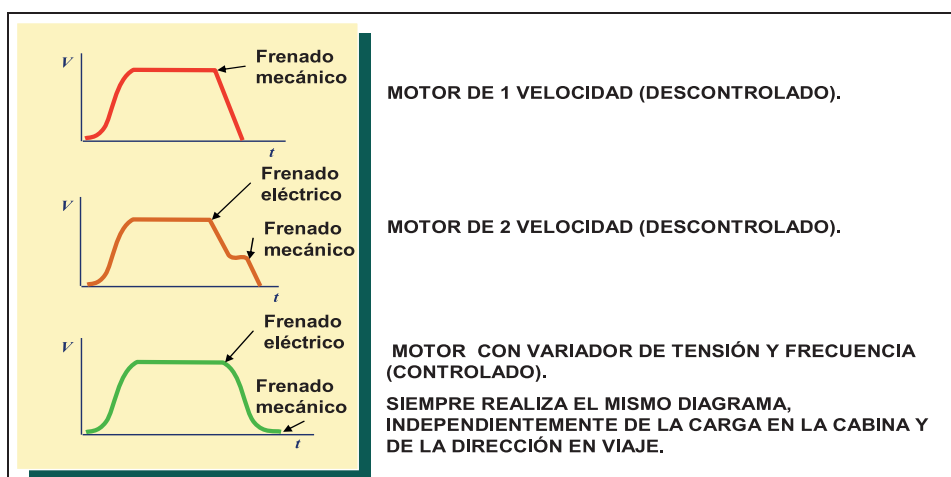


Figura 3. Curva de velocidad del ascensor según el control.

13.3. El ascensor de última generación

Los ascensores convencionales se distinguen por sus cables de tracción de acero trenzado, máquinas de engranajes (aceites), iluminación permanente en la cabina, el desperdicio de la energía no utilizada y por usar motores de elevada potencia nominal, generalmente no controlados.

La concienciación medioambiental ha favorecido la aparición de los denominados ascensores «Verdes» o de «Última Generación», cuyo criterio de diseño busca la eficiencia energética minimizando el consumo de energía para su funcionamiento.

Un ascensor es energéticamente eficiente cuando la mayoría de sus componentes han sido pensados para minimizar el consumo de energía, el espacio ocupado en el edificio, los ruidos y las vibraciones.

Los principales elementos que caracterizan a estos ascensores son:

13.3.1. Motores eléctricos de imanes permanentes

Utilizan máquinas de un solo eje, donde el control de la tensión y frecuencia de alimentación de su motor eléctrico (de imanes permanentes) permite la eliminación del engranaje reductor.

No requieren aceites lubricantes (ausencia de reductor) ni grandes intensidades de arranque, permitiendo menores potencias nominales y, por lo tanto, menor potencia a contratar.

Permiten un mayor confort de viaje, con precisiones de parada de $\pm 3\text{mm}$.

13.3.2. Sistemas regenerativos de energía

Estos sistemas permiten aprovechar el comportamiento del motor eléctrico según la dirección del viaje y la carga en la cabina.

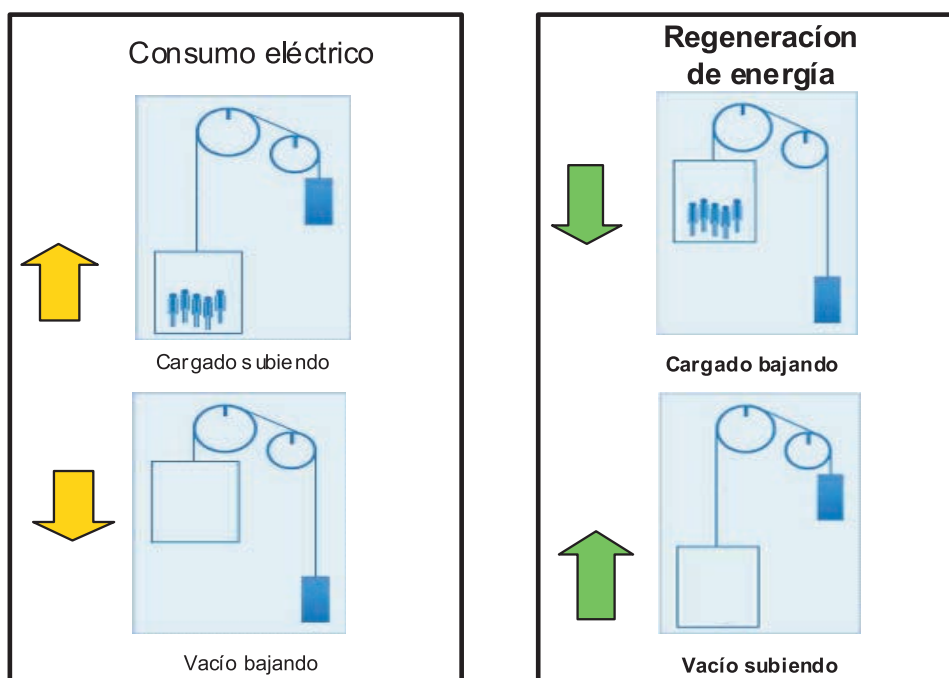


Figura 4. Consumo y Regeneración de energía en el ascensor.

Cuando la carga en cabina es favorable respecto a la dirección de viaje (por ejemplo, al bajar con la cabina llena o subir con ella vacía según se muestra en la Figura 4) el motor eléctrico del ascensor actúa como un generador, produciendo energía.

Los sistemas regenerativos permiten recuperar esa energía devolviéndola a la red o usándola para alimentar dispositivos del edificio, ascensor incluido (se puede reducir el consumo eléctrico del ascensor hasta en un 75%).

13.3.2.1. Otros sistemas

Existen otros sistemas de recuperar energía durante el funcionamiento del ascensor, como, por ejemplo, la alimentación de su motor mediante un sistema combinado de red y baterías recargables en lugar de hacerlo sólo a través de la red. Figura 5.

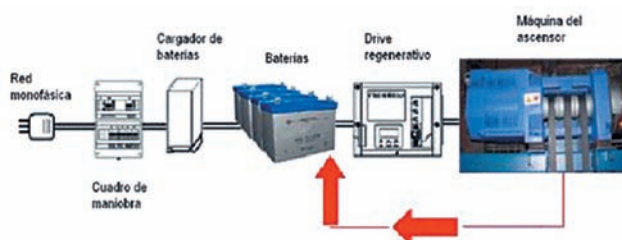


Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema de alimentación por baterías.

13.3.3. Nuevos elementos de suspensión y tracción

Los clásicos cables trenzados de acero se están sustituyendo progresivamente por otros de muy pequeño diámetro o por otras soluciones de mayor flexibilidad.

Suelen ser cables redondos de pocos mm de diámetro o de material sintético (Aramid, KEVLAR, etc.), o cintas planas compuestas por hilos de acero trenzado recubiertos con algún tipo de polímero.

La Figura 6 muestra esta solución y la transformación del cable tradicional de acero y su polea a sus equivalentes con esta nueva solución.

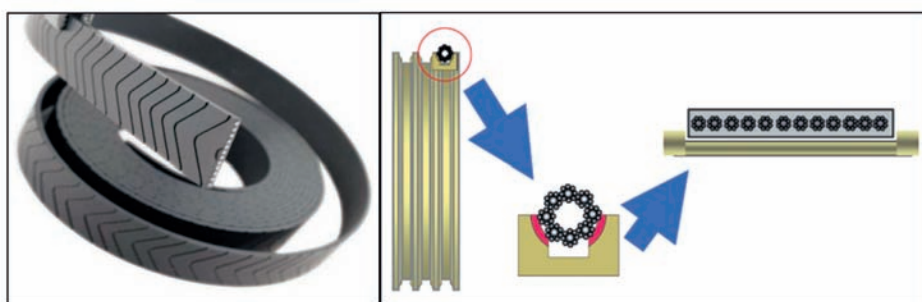


Figura 6. Cinta plana de cables de acero recubiertos de poliuretano.

Al existir menos fricción que en el caso del cable trenzado de acero, las cintas no necesitan lubricación, tienen el triple de vida útil y su recubrimiento de poliuretano permite un funcionamiento más silencioso y con menores vibraciones.

Dado que su radio mínimo de curvatura es hasta ocho veces menor que el de un cable trenzado de acero, la polea motriz necesaria es de menor diámetro, posibilitando construir máquinas de un tamaño y potencia menores para conseguir las mismas prestaciones de movimiento (Figura 7).

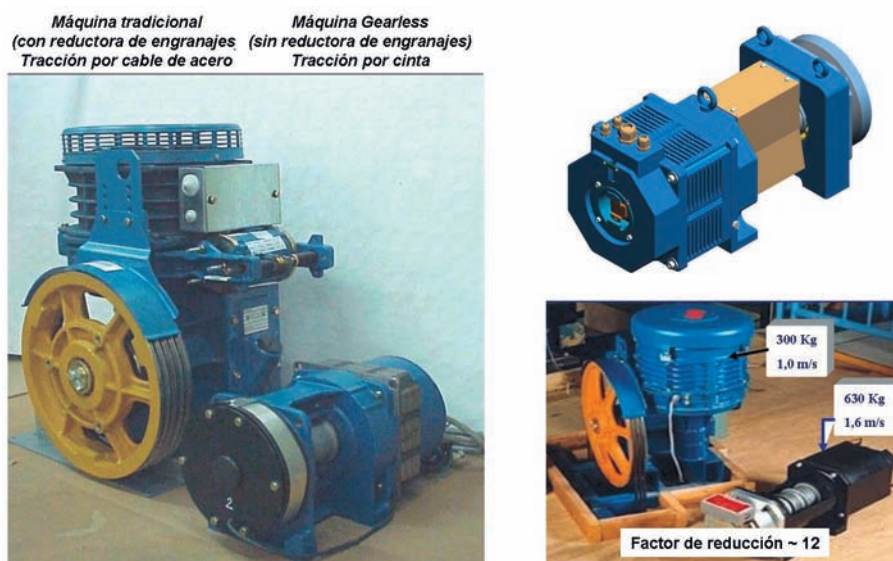


Figura 7. Máquinas tradicional y gearless.

13.3.4. Ascensor sin cuarto de máquinas

Como hemos visto, los nuevos medios de suspensión y tracción posibilitan reducir el tamaño de varios de los componentes del ascensor permitiendo que todo el ascensor y sus componentes se puedan instalar en el interior de su propio hueco.

Así, se elimina la necesidad del típico cuarto de máquinas en las azoteas, posibilitando una planta más de viviendas en un edificio de nueva construcción.

Sin embargo, la gran ventaja de no necesitar un cuarto de máquinas es que ahora sí es posible instalar de forma fácil ascensores en edificios existentes, lo que implica una mejora sustancial en la accesibilidad al interior de los mismos.

Hay varias posibilidades, pero desde el punto de vista de eficiencia energética, el ascensor sin cuarto de máquinas representa la mejor alternativa para cubrir ésta necesidad.

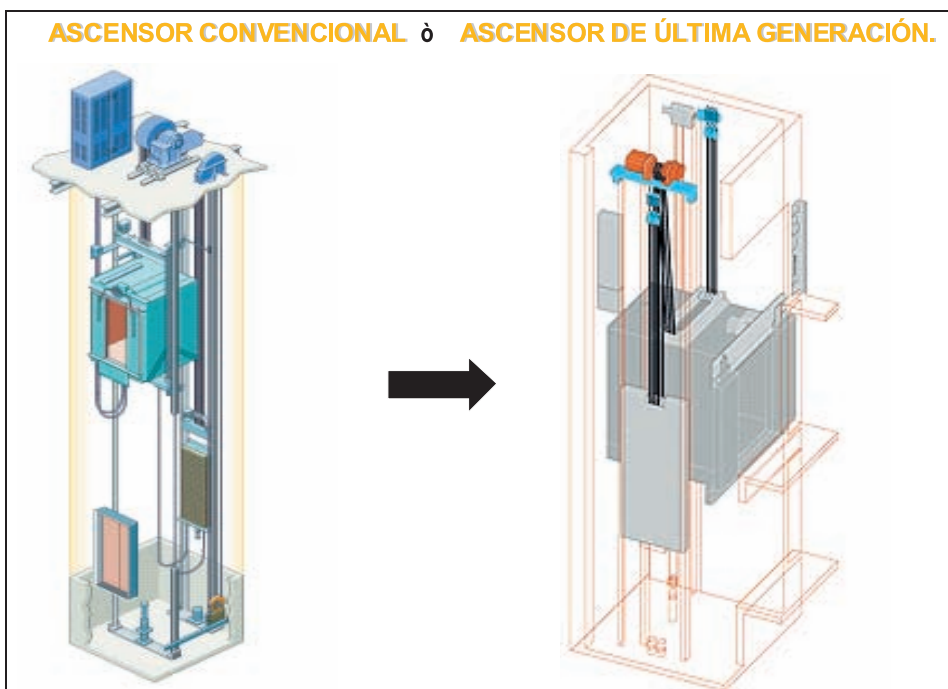


Figura 8. Ascensores con y sin cuarto de máquinas.

13.3.5. Apagado automático de luces de cabina

En la mayoría de los ascensores instalados, la iluminación de la cabina permanece encendida 24 horas al día y 365 días al año. Ello implica un elevado gasto innecesario de energía.

Con sistemas de apagado automático de la luz de cabina se logran ahorros considerables en el consumo eléctrico. También puede incrementarse el ahorro cambiando las lámparas incandescentes por otros elementos de bajo consumo.

13.3.6. Otras mejoras

La fijación de la máquina a su bancada mediante tacolastics, disminuye también el ruido y las vibraciones de funcionamiento, reduciendo la necesidad de aislamiento acústico. Ver la Foto 11.



Foto 1. Detalle de apoyo elástico de la máquina sobre la bancada.

Un ascensor de última generación es hasta 10 veces menos ruidoso, y más confortable que el convencional equivalente.

13.4. Paquete energéticamente eficiente para la modernización de los ascensores

Si se consideran los elementos principales que diferencian un ascensor convencional de su equivalente de última generación, se ve que la mayoría de los responsables del ahorro en el consumo de energía y en la reducción del impacto medioambiental pueden ser cambiados en el ascensor existente. Son los que constituyen el Paquete Energéticamente Eficiente (PEE).

El PEE de modernización incluiría las siguientes características principales:

- ✱ Máquina de tamaño reducido, sin reductor y con un nuevo medio de suspensión y tracción.
- ✱ Motor controlado por variador de frecuencia y tensión.
- ✱ Control y freno regenerativos de energía.
- ✱ Alumbrado de cabina con apagado automático inteligente y sustitución de los elementos de iluminación por otros de bajo consumo.

13.5. Ahorros energéticos

Los ascensores de última generación, ofrecen ahorros de hasta el 50% respecto a los ascensores eléctricos convencionales y hasta del 75% frente a los ascensores hidráulicos.

Si se sustituyesen todos los ascensores convencionales existentes en España por los actuales eficientemente energéticos, se ahorrarían unos 750 millones de kWh al año, equivalente al gasto doméstico de ciudades como Bilbao y Aranjuez.

Además, iluminar inteligentemente la cabina de un ascensor puede suponer ahorros a partir de 600 kWh al año.

Para la Comunidad de Madrid, modernizar con el PEE los ascensores existentes que lo permitan, llevaría a reducir el 40% el consumo actual.

13.6. Accesibilidad

La cada vez mayor concienciación en suprimir barreras arquitectónicas a las personas discapacitadas, ha motivado la aparición de la correspondiente normativa a nivel europeo, con sus respectivas adaptaciones a nivel español y autonómico.

Los aparatos elevadores juegan un papel fundamental en mejorar o posibilitar el movimiento por las zonas transitables de los edificios, sean éstos públicos o privados.

Las diferentes soluciones disponibles son las siguientes:

- * Escaleras mecánicas y andenes móviles.
- * Ascensores, por el exterior o por el interior del edificio.
- * Montasillas y montapersonas.

Si bien en edificios de nueva construcción es fácil prever el eliminar dichas barreras, el problema surge al intentar hacerlo o minimizarlas en los edificios ya existentes.

La única alternativa posible en estos casos es combinar el uso de ascensores con montasillas o montapersonas.

Como hemos visto anteriormente, el ascensor de última generación sin cuarto de máquinas, aparte de ser energéticamente eficiente, puede servirnos de gran ayuda.

En las fotos 2 a 5 pueden verse ejemplos reales de estas alternativas.



Foto 2. Soluciones disponibles.

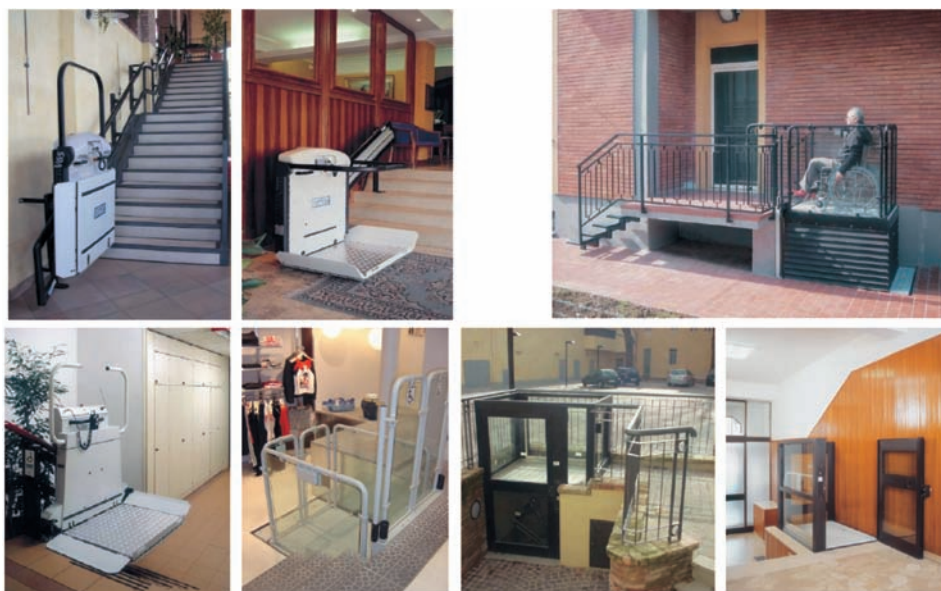


Foto 3. Soluciones disponibles.



Foto 4. Soluciones disponibles.



Foto 5. Soluciones disponibles.

13.7. Conclusiones

Hemos visto la influencia del ascensor en la conservación del medio ambiente, así como las soluciones técnicas desarrolladas para hacer un uso racional y eficiente de la energía consumida en el transporte vertical de las personas, animales y mercancías.

Hemos visto también la ventaja adicional que suponen esas soluciones para la mejora de la accesibilidad interna de los edificios.

Si bien la legislación y la normativa han evolucionado en gran medida en los últimos años en temas generales y de accesibilidad, todavía no existe ningún requerimiento relativo al consumo energético de los ascensores.

Es necesaria la inclusión de un apartado en el actual CTE y la creación de nuevos sistemas de clasificación energética, donde aparezca el ascensor como el importante elemento consumidor y potencial ahorrador de energía que es.

La clasificación energética de los ascensores debe estimular el uso de tecnologías que permitan al ascensor mejorar su consumo energético y, a la vez, promo-

ver la instalación de aquellos modelos que mejor se adapten a las necesidades y características propias de la edificación.

La norma ISO 25745 facilita una metodología de cálculo del consumo energético del ascensor y la norma interna alemana VDI 4707 propone una clasificación energética del ascensor, no muy feliz en nuestra opinión, pero la única que existe por el momento.

Una posible propuesta de etiqueta energética para el ascensor podría ser la que muestra la Figura 9.

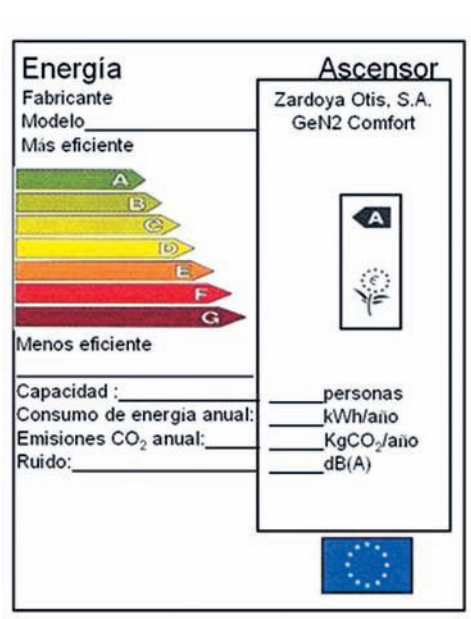


Figura 9. Propuesta de etiqueta de eficiencia energética del ascensor.

Al igual que ocurre con los electrodomésticos, los ascensores «verdes» o de clase A y los Paquetes Energéticamente Eficientes deberían estar subvencionados para todo tipo de edificios.

Ya se han dado los primeros pasos con las Administraciones Estatal y Autonómicas para conseguirlo, habiéndose logrado una favorable acogida inicial.

Entre ellas, destaca la Comunidad de Madrid como pionera en este campo, al ser la primera en haber lanzado un Plan Renove para ascensores y paquetes de modernización en los que se subvenciona el empleo de elementos que los hace más energéticamente eficientes.

De cualquier forma, y por conciencia pública, los promotores inmobiliarios, constructores y arquitectos sólo deberían considerar ascensores de última generación para los nuevos edificios.

Respecto a las comunidades de propietarios y, sobre todo, a los administradores de fincas, la primera oportunidad de actuación posible será cuando sea necesaria la sustitución de los ascensores o con la necesidad de su creación si en el edificio no existían.

En ambos casos, la Junta Directiva y la Asamblea General de la comunidad de propietarios, siguiendo los consejos técnicos del administrador, deberían decidir o la modernización con el Paquete Energéticamente Eficiente o que los nuevos ascensores sólo fueran de última generación, porque además de ser más confortables y silenciosos que los ascensores convencionales, son mucho más eficientes energéticamente.

Cuanto mayor y más rápida sea la implantación de los nuevos ascensores eficientes, tanto en nueva creación como en sustitución o la inclusión del Paquete Energéticamente Eficiente, mayor será el ahorro de energía, y más contribuiremos a preservar el medio ambiente.

Todo lo dicho anteriormente es especialmente importante y aplicable en los centros escolares, donde la accesibilidad toma una sensible relevancia y se forman las futuras generaciones que deben seguir luchando contra la degradación del medio ambiente y el cambio climático.

La Comunidad de Madrid desarrolla un amplio programa de ayudas dirigidas fundamentalmente a promover el desarrollo de las infraestructuras energéticas de la región, incidiendo especialmente en el impulso de las energías renovables, el fomento de la adopción de medidas de ahorro y eficiencia energética y la mejora de la seguridad de las instalaciones.

Los centros docentes de la Comunidad de Madrid pueden beneficiarse de distintas líneas de ayudas: programa de subvenciones específico para proyectos de ahorro y eficiencia energética; programa de ayudas para instalaciones de energías renovables y planes renove diversos (de ascensores o salas de calderas).

14.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética

La Comunidad de Madrid tiene implantado un programa de subvenciones para proyectos de ahorro y eficiencia energética en el marco de los Convenios de Colaboración que anualmente se vienen suscribiendo con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía para el desarrollo en la Comunidad de Madrid de la Estrategia de Eficiencia Energética en España.

La última convocatoria realizada, en el año 2010, se corresponde con la Orden de 15 de noviembre de 2010, del Consejero de Economía y Hacienda (B.O.C.M. de 10.12.10).

Se trata de unas subvenciones mediante la que cualquier centro docente puede solicitar ayudas para llevar a cabo actuaciones de ahorro y eficiencia energética, según sus bases reguladoras:

- ✱ Las actuaciones subvencionables y la cuantía de las ayudas son las siguientes:
 - Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de edificios existentes:
 - 22% de la inversión subvencionable.

- Auditorías energéticas: 50% de su coste, condicionado a la ejecución de la mejora.
- Mejora eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior de edificios existentes:
 - 22% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 10.000 € viviendas y 50.000 € otros usos.
 - Auditorías energéticas: 50% de su coste, condicionado a la ejecución de la mejora.
- Auditorías energéticas en cogeneraciones existentes en sector terciario:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 9.000 €.
- Plantas de cogeneración de alta eficiencia en los sectores no industriales:
 - 10% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 200.000 €, con cumplimiento de determinados ratios económico-energéticos.
- Plantas de cogeneración de pequeña potencia:
 - La cuantía de la ayuda oscila entre el 10% a 30% de la inversión subvencionable, en función de la potencia eléctrica de la planta.
- ✳ En función del tipo de beneficiario existen los siguientes límites máximos de ayuda:
 - Personas físicas: 200.000 €.
 - Empresas, empresarios autónomos, instituciones sin ánimo de lucro y otras entidades que desarrollen una actividad económica: 200.000 € en tres años (regla de «mínimis» de la Unión Europea).
 - Resto de beneficiarios: 500.000 €.
- ✳ El crédito disponible en la última convocatoria ha sido de 4.455.727 €.
- ✳ El plazo de presentación de las solicitudes es de dos meses, contados a partir de la publicación de la convocatoria en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid.

- ✱ El plazo de ejecución de las inversiones abarca desde el 1 de enero del año en el que se realiza la convocatoria y el 30 de septiembre del año siguiente.

14.2. Fomento de las energías renovables

Otra de las líneas de ayudas disponible se refiere a la que fomenta la realización de instalaciones de energías renovables para autoconsumo. También se realiza una convocatoria anual, en colaboración con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en desarrollo del Plan de Energías Renovables en España.

La última convocatoria realizada fue mediante la Orden de 11 de junio de 2010, del Consejero de Economía y Hacienda (B.O.C.M. de 24.06.10), está abierta a cualquier tipo de beneficiario.

Las principales características de estas subvenciones son las siguientes:

- ✱ Las actuaciones que se consideran subvencionables y la cuantía de las ayudas son las siguientes:
 - Solar térmica (excepto piscinas privadas e instalaciones obligatorias por Código Técnico Edificación u Ordenanzas municipales): 375 €/m² para refrigeración y 260 €/m² para el resto.
 - Solar fotovoltaica no conectada a red: 3,5 €/Wp con acumulación y 3 €/Wp sin acumulación.
 - Biomasa: 30% de la inversión subvencionable.
 - Geotérmica: 30% de la inversión subvencionable, con unos máximos en función del tipo de instalación y de su potencia.

En el caso de solicitudes de Corporaciones locales de municipios de menos de 10.000 habitantes, la cuantía de la subvención será del 50% de la inversión subvencionable.

- ✱ Además, hay que tener en cuenta que la subvención en ningún caso podrá superar el 70% de la inversión y que existen unas cuantías máximas de ayuda en función del tipo de beneficiario:
 - 200.000 € para personas físicas.

- 200.000 € en tres años para empresas o entidad con actividad económica (regla de «mínimis» de la Unión Europea).
 - 300.000 € para resto de beneficiarios.
- * El crédito disponible en la última convocatoria ha sido de 2.350.000 €.
 - * Se otorga un plazo de un mes para la presentación de las solicitudes, contado a partir de la publicación en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid de la Orden de convocatoria.
 - * El período de realización de la inversión suele abarcar desde el 20 de noviembre del año anterior a la convocatoria hasta el 20 de noviembre del año en curso.

14.3. Plan Renove de Ascensores

Los centros docentes con ascensores en funcionamiento pueden beneficiarse del Plan Renove de Ascensores cuyo objetivo está centrado en la mejora de la eficiencia energética de estas instalaciones mediante el empleo de las últimas tecnologías y de los sistemas más avanzados en ahorro energético.

- * Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:

El Plan subvenciona la modificación/sustitución del sistema de tracción que suponga una mayor eficiencia energética respecto al existente (incluyéndose en este apartado, además, los sistemas de control de optimización de llamadas cuando existan varios ascensores, los variadores de frecuencia, los motores, los sistemas de recuperación de energía en el movimiento del ascensor o aquellos elementos mecánicos y/o eléctricos que mejoren el rendimiento del conjunto tractor) y/o a la modificación/sustitución de las luminarias o sistemas de iluminación de la cabina por otros de mayor eficiencia energética, siempre que se consiga un ahorro de, al menos el 35% sobre el consumo previo a la reforma.

Las ayudas ascienden al 35% de la inversión, (IVA no incluido) limitadas, en cualquier caso, a 600 € para los sistemas de iluminación del ascensor y a 2.700 € para el sistema tractor y/o sistema de optimización de llamadas.

- * Dotación presupuestaria 2010: 1.500.000 €.

- * **Gestión:** La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid es la responsable del Plan, y lo gestiona con la colaboración de la Asociación Empresarial de Ascensores de Madrid (AEAM).

14.4. Plan Renove de Salas de Calderas

También en forma de Plan Renove, la Comunidad de Madrid pone a disposición de los titulares de las salas de calderas de la Región una línea de ayudas que tiene por objeto conseguir un consumo más eficiente de energía en este tipo de instalaciones.

- * **Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:**

El Plan subvenciona la transformación de salas de calderas de carbón, GLP, gasóleo o gas natural en la Comunidad de Madrid, por salas cuyas calderas sean de condensación y utilicen GLP, gasóleo o gas natural como combustible, según los casos.

El incentivo vendrá determinado en función de la potencia térmica nominal de la nueva instalación, quedando limitada al 30% de la inversión subvencionable (IVA no incluido), por parte de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

- * **Dotación presupuestaria 2010:** 7.400.000 €.
- * **Gestión:** La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid es la responsable del Plan, y lo gestiona con la colaboración de la Asociación de Empresarios de Fontanería, Saneamiento, Gas, Calefacción, Climatización, Mantenimiento, Electricidad y Afines de Madrid (ASEFOSAM).

Reforma y ampliación de sala de calderas en Colegio «Montessori School Los Fresnos» e introducción del agua caliente

1. Introducción

Sólo en la última década el área glaciar se ha reducido un 9%, una superficie equivalente a 10 veces el tamaño de España.

Nuestro primer reto en materia medioambiental debe consistir en facilitar el ahorro energético para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera y nuestra dependencia energética del exterior. Para conseguirlo se buscan constantemente nuevas maneras de minimizar la emisión de gases aumentando la eficiencia de las calderas. De ahí nació la idea de las calderas de condensación.

Instalando calderas de baja temperatura y de condensación aprovechamos al máximo la energía, cuidando nuestra economía y, sobre todo, protegiendo el medio ambiente.

Para ello vamos a analizar un caso práctico de cómo con la reforma y ampliación de la sala de calderas del Colegio «Montessori School Los Fresnos» Foto 1, además de la introducción de ACS, hemos logrado ambos objetivos «eficiencia energética y reducción de emisiones» sin disminuir el confort, si no que al contrario aumentándolo.



Foto 1. Colegio «Montessori School Los Fresnos».

2. Reforma y ampliación de sala de calderas e introducción de ACS

2.1. Antigua instalación

La antigua instalación constaba de una caldera de construcción estándar fabricada en el año 1980 y anexo a ella un quemador de gasóleo de una etapa, la cual podemos ver en la Foto 2.

El rendimiento máximo de la caldera estaba comprendido entre el 80-85%, pero el combustible para el que estaba diseñada la caldera era carbón y el rendimiento estimado estaba comprendido entre un 75 y 80%.

El horario de calefacción era de 12 horas continuas entre 4:00 y 16:00, y la temperatura de confort en dicho horario era de 22 °C.

A partir de las 16:00 la instalación de calefacción permanecía totalmente parada.

La regulación de temperatura de impulsión a radiadores era constante a 80 °C.

Se trata de reemplazar la caldera antigua por otra de mayor rendimiento.



Foto 2. Instalación antigua.

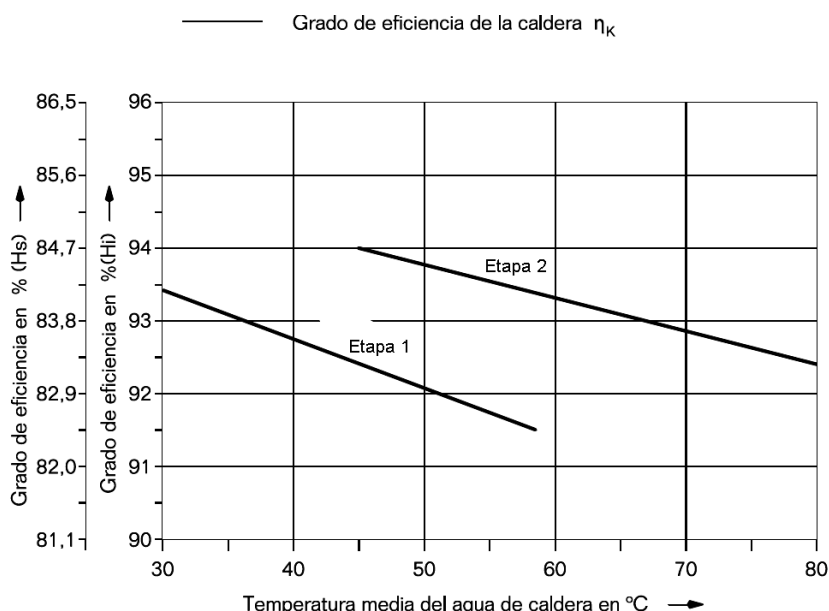
2.1.1. Reforma

La nueva instalación, realizada a finales del año 2009 por la empresa Grupo Miteco de Instalaciones S.L., cuenta con una caldera de baja temperatura de 90 kW Buderus G334 representada en la Foto 3, con un quemador de premezcla de gas natural de 2 etapas con bajas emisiones contaminantes ($\text{NO}_x < 80 \text{ mg/Kwh}$) incorporado.

El rendimiento de la caldera Buderus G334 es del 93%, esta mejora del rendimiento es debido a su tipo constructivo, al mayor aislamiento y la menor temperatura de humos, en la grafica 1 se representa el rendimiento de la misma.



Foto 3. Caldera G334.



Gráfica 1. Rendimiento caldera G334.

El horario de calefacción actual es de 6:00 a 18:00 a una temperatura de confort de 22 °C y de 18:00 a 06:00 se reduce la temperatura a 18 °C, es decir, ahora la calefacción trabaja las 24 horas del día.

La regulación de temperatura de impulsión al circuito de radiadores se realiza ahora en función de la temperatura exterior con una curva de -10 °C de temperatura exterior 75 °C de impulsión. Esta se va reduciendo en función de que la temperatura exterior vaya aumentando.

2.1.2. Ampliación de la sala e introducción de ACS

Además de producir calefacción con la nueva instalación a la zona anteriormente calefactada con una potencia total de radiadores instalada de 76 kW, se decide ampliar con 376 m² de suelo radiante una nueva zona del edificio, en la Foto 4 podemos ver el edificio blanco el cual es la nueva zona a calefactar.



Foto 4. Ampliación de instalación.

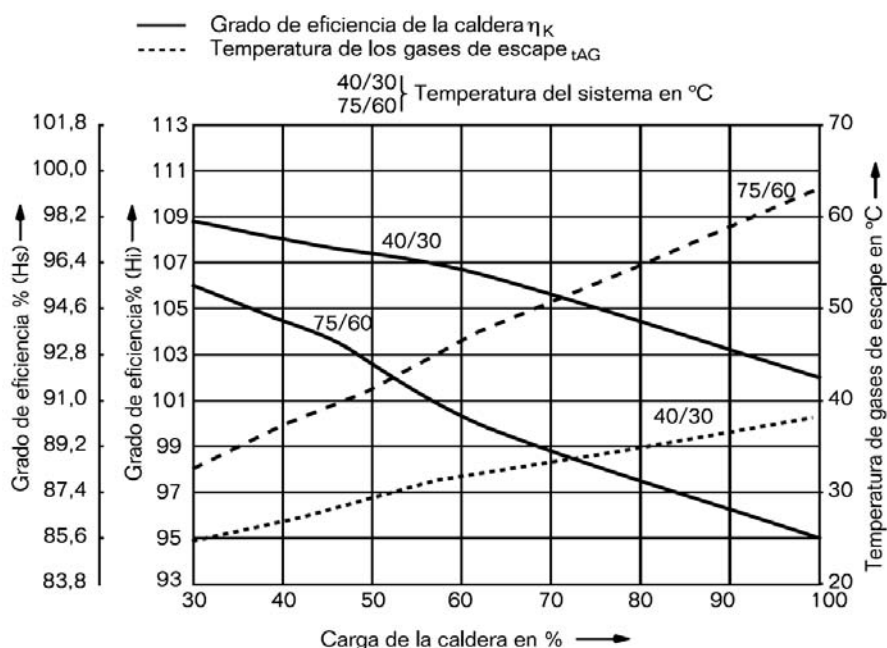
En la nueva instalación se introduce además un acumulador de agua caliente de 500 litros que acumula agua a 60 °C para dar servicio a 12 lavabos, 2 duchas, 9 pilas en las aulas, baldeo y limpieza.

La ampliación dispone de 2 calderas de condensación Buderus GB112, Foto 5, de gas natural, de Clase 5 en emisiones de NO_x y de 60 kW de potencia.



Foto 5. Calderas GB 112.

Con una modulación desde el 30 al 100% y un rendimiento de hasta el 109% que trabajan en secuencia, Gráfica 2.



Gráfica 2. Rendimiento GB 112.

Existe la previsión de una nueva ampliación por lo que en el dimensionado de la potencia de las calderas ya se ha tenido en cuenta. El horario de calefacción actual es de 6:00 a 18:00 a una temperatura de confort de 22 °C y de 18:00 a 06:00 se reduce la temperatura a 20 °C. Al igual que en la zona de radiadores la temperatura de impulsión al circuito de suelo radiante se realiza en función de la temperatura exterior con una curva, en este caso, de -10 °C de temperatura exterior 45 °C de impulsión.

2.2. Eficiencia energética y reducción de emisiones

El cálculo del ahorro producido en 6 meses (desde Noviembre hasta Abril) lo estimamos a continuación, ya que al haberse realizado una ampliación ambas instalaciones no son comparables ni en potencia ni en servicios.

El gasto de **gasóleo** que se producía en la **antigua** instalación era de **14.000 litros/temporada** calefactando sólo la instalación de radiadores.

Dentro del consumo total de gas de la nueva instalación (radiadores + suelo radiante + ACS) de 15.192 m³ de gas natural despejamos el consumo

de la caldera de baja temperatura a través de sus contadores horarios resultando:

Horas de funcionamiento en 1ª etapa – 450 horas

$$450 \text{ horas} \times 45 \text{ kWh} = 20.250 \text{ kWh} = 17.415.000 \text{ kcal/h}$$

$$17.415.000 \text{ kcal/h} / 9.500 \text{ kcal por m}^3 \text{ de gas} = \mathbf{1.833 \text{ m}^3 \text{ de gas}}$$

Horas de funcionamiento en 2ª etapa – 867 horas

$$867 \text{ horas} \times 90 \text{ kWh} = 78.030 \text{ kWh} = 67.105.800 \text{ kcal/h}$$

$$67.105.800 \text{ kcal/h} / 9.500 \text{ kcal por m}^3 \text{ de gas} = \mathbf{7.063 \text{ m}^3 \text{ de gas}}$$

Total m³ de gas

$$1.833 \text{ m}^3 + 7.063 \text{ m}^3 = 8.896 \text{ m}^3 / 93\% \text{ rendimiento} = \mathbf{9.565 \text{ m}^3 \text{ de gas aprox.}}$$

Estudio económico

$$98.280 \text{ kWh} \times 0,029515 \text{ €/kWh} = 2.900 \text{ €}$$

$$2.900 \text{ €} + 757,56 \text{ € (término fijo anual)} + \text{IVA} = \mathbf{4.243 \text{ € en los 6 meses}}$$

Si a este gasto se le suma la hipótesis de que la calefacción permanecerá encendida el mes de Mayo y el de Octubre (1 año total) y se le suma lo consumido hasta el momento, esto dará como resultado:

$$98.280 \text{ kWh} + 32.760 \text{ kWh (2 meses ficticios)} \times 0,029515 \text{ €/kWh} = 3.868 \text{ €}$$

$$3.868 \text{ €} + 757,56 \text{ € (término fijo)} + \text{IVA} = \mathbf{5.366 \text{ € en la temporada}}$$

Gasto en gasóleo

$$14.000 \text{ litros de gasóleo} \times 0,5826 \text{ €/litro} = \mathbf{8.156 \text{ € en gasóleo}}$$

Ahorro aproximado en la temporada

$$8.156 \text{ € gasóleo} - 5.366 \text{ € gas natural} = 2.790 \text{ € de ahorro total estimado}$$

Hay que tener en cuenta que este ahorro es únicamente de la instalación antigua, ya que con 5.625 m³ de gas más (1.834 € según los cálculos anteriores) el centro disfruta actualmente de agua caliente sanitaria y de la ampliación del sistema de suelo radiante.

En cuanto a emisiones de CO_2 y NO_x :

14.000 Litros de gasóleo = 37.240 kg de CO_2 (2,66 kg x litro de gasóleo) y 58 kg de NO_x (350 mg/kWh)

9.565 m^3 de gas = 16.260 kg de CO_2 (1,7 kg x m^3 de gas) y 5,28 kg de NO_x (+/- 50 mg/kWh G334)

Por tanto la reducción de emisiones ha sido de un 55% menos de CO_2 y de un 91% menos de NO_x .

En definitiva, la nueva instalación dispone ahora de calefacción de forma permanente a la misma temperatura de confort que la instalación antigua.

Se han mejorado los servicios del centro, incorporando agua caliente en lavabos y duchas, y se ha ampliado en 376 m^2 la superficie calefactada con horario continuado. Hemos conseguido un mayor confort, con una mejor eficiencia energética, con el mismo desembolso económico y menos emisiones.

Actuaciones en eficiencia energética en los centros docentes del Ayuntamiento de Torrelaguna

El Ayuntamiento de Torrelaguna (Madrid) ha implantado un Plan de Eficiencia Energética y Sostenibilidad demostrando su liderazgo en la adopción de políticas municipales de carácter transversal, que favorezcan el cumplimiento del Protocolo de Kioto y la lucha contra el cambio climático.

El plan consta de 2 fases a ejecutarse en los períodos 2008-2010 y 2011-2012. Las actuaciones realizadas ya han cubierto la primera fase en su totalidad y comprende las siguientes líneas de actuación:

- * Fomento y utilización de energías renovables.
- * Eficiencia energética en todos los edificios municipales.
- * Ahorro de agua y energía.



Foto 1. Fachada de uno de los centros docentes, «Colegio Público Cardenal Cisneros».

Dentro de los distintos objetivos que abarca el proyecto cabe destacar a nivel:

✳ *Ambiental:*

- Mejorar el medio ambiente y la calidad de vida en el municipio.
- Reducir la «huella ecológica» del Ayuntamiento, mediante:
 - La reducción de emisiones causantes del cambio climático
 - El ahorro de recursos naturales
 - La optimización en el uso de las energías no renovables.

✳ *Social:*

- Generar empleos en actuaciones de sostenibilidad.
- Fomentar el compromiso y las buenas prácticas medioambientales de los ciudadanos.

✳ *Económico:*

- Reducir el gasto económico en agua, energía eléctrica y combustibles.
- Mejorar la cuenta de resultados del Ayuntamiento.

De los distintos proyectos desarrollados o llevados a cabo, en concreto en los edificios municipales: Ayuntamiento y Biblioteca, Polideportivo y Piscinas, Colegio Infantil, Colegio Cardenal Cisneros, Casa de Niños, Escuela de Adultos, Hogar de la Tercera Edad y Casa de la Cultura, se acometieron actuaciones en el ámbito del ahorro de agua y energía (en ACS y AFCH), así como en eficiencia en iluminación interior, instalándose también una Planta Solar Térmica en la cubierta de la Piscina Municipal, y otra Planta Solar Fotovoltaica, en la cubierta del Polideportivo.



Foto 2. Edificio optimizado «Casa de Niños» Ayuntamiento de Torrelaguna.

Dentro de las distintas acciones desarrolladas y llevadas a cabo, requieren una especial atención, las acometidas en dos áreas concretas, la de **eficiencia en**

iluminación interior y la de **optimización de los consumos de agua y energía** de los centros. Los resultados los realzan como proyectos singulares y emblemáticos, y aunque el resto de las actuaciones son igual de interesantes, no son tan novedosas como las antes mencionadas.

En materia de ahorro de agua y energía, se trataba de reducir los consumos de agua y de energía utilizada para su calentamiento, sin sacrificar el confort de los usuarios ni detrimento del servicio. Se han utilizado para ello productos de alta calidad y durabilidad, con el mínimo mantenimiento, robustos y que aportaran la máxima eficiencia posible. Los productos seleccionados son de tecnología «Long Life» de una reconocida y prestigiosa marca especializada en la materia.

Para ello se utilizaron principalmente perлизadores para los grifos existentes, reductores volumétricos de caudal, duchas ecológicas de aceleración por turbulencias, mecanismos de doble pulsador para inodoros, pistones ecológicos para los fluxores de inodoro e instalación de grifería temporizada de alta eficiencia y realizándose una revisión, limpieza y ajuste del 100% de los equipos sanitarios existentes.

Lo significativo y emblemático de este proyecto, es que todas estas medidas correctoras implementadas tienen una ventaja sobre otras tecnologías existentes, y es que *son demostrables los ahorros antes de implementar las medidas*, ya que pueden probarse y medirse el antes y el después de las medidas o soluciones propuestas.

En la primera fase del proyecto, se realizó una auditoría de todos los puntos de consumo, midiéndose y comprobando los consumos existentes y las distintas soluciones posibles, seleccionando aquellas que ofrecían unos mejores resultados, unos niveles de mayor confort. Analizando posteriormente y en gabinete, las tasas de retorno de estas inversiones.



Foto 3. Equipos utilizados para la optimización de consumos de agua y energía.

Las actuaciones llevadas a cabo cubrieron *más de 526 puntos de consumo*, generando unos ahorros anuales exclusivamente en agua de más de **7.460 m³**, lo que supone una media del **50% de ahorro** (exclusivamente sobre el consumo sanitario afectado), y casi un **30%** aproximadamente de la energía utilizada para su calentamiento.

En costes, los ahorros suponen una reducción de la factura del agua mínima anual de más de 8.000 €, y de unos beneficios por ahorro a lo largo de su vida garantizada (5 años), de al menos **56.385 €** si consideramos el agua y la energía dejada de consumir.

Todo ello unido a la energía que se deja de consumir, facilitan la reducción de más de **5.770 kg de CO₂**, dejados de emitir a la atmosfera.

En materia de eficiencia en iluminación interior, se trataba de minimizar los consumos energéticos en las instalaciones de iluminación. Dichas instalaciones estaban basadas principalmente, y casi en un 80%, en fluorescencia, en un 13% en lámparas de filamento, y un 7% para el resto de tecnologías, centrándose lógicamente en estos dos grupos.

Por otra parte el objetivo perseguía el aprovechamiento de las luminarias existentes, sin restricciones en la calidad lumínica de los recintos, mejorando todo lo posible el nivel de eficiencia, ya que predominaban los **Índices de Eficiencia Energética: EEI = C y B2** en la gran mayoría de los equipos.

La implantación de balastos electrónicos y el cambio de lámparas por otras más eficientes se descartó, no porque no fueran interesantes esas medidas, sino por la mano de obra tan elevada que exigía el recableado y manipulación de la totalidad de las luminarias, donde casi compensaba en algunos casos, sustituirlas por otras nuevas.

La solución adoptada estaba basada en un adaptador de tecnología **«TE-HSAsave»** que lo que permite es aprovechar el 100% de la luminaria, actualizando la misma a tubos T5 de alta eficiencia, que junto con el adaptador electrónico, convierten la luminaria en electrónica, generando entre un **35 y un 50% de ahorro en energía** (en función del tamaño de la lámpara), prolongando la vida de 6.000-8.000 horas a 25.000, eliminado los parpadeos, ruidos y mejorando el factor de potencia de las instalaciones (FPmed>0,95).



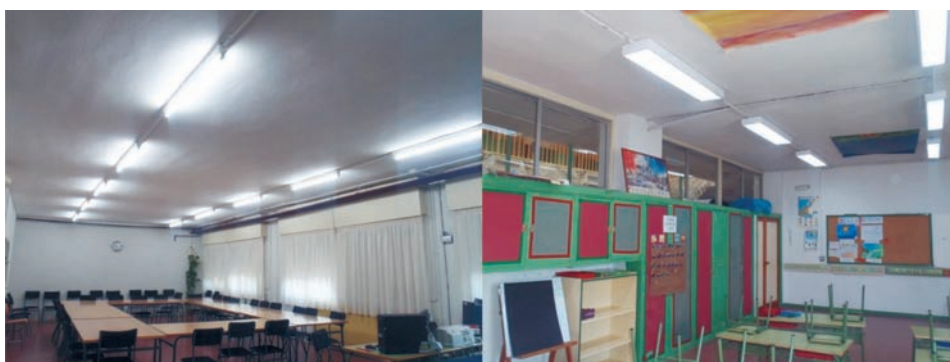
Foto 4. Tubos fluorescentes T5 con adaptadores TEHSAsave electrónicos.

Los puntos optimizados fueron 1.674 de los cuales 250 fueron sustituciones de lámparas tradicionales de 60-80 y 100 W, por otras de bajo consumo de 15 W, obteniendo los siguientes resultados estadísticos según las mediciones realizadas:

Tipo de Lámparas	Potencia Lámpara	Consumo Total Real		Ahorros	Numero de Unid.	Total Consumo Ahorrado	
		Previo	Posterior			Por Hora	Al Año
Tubos Fluorescentes Tipo T12 y T10 con Balastro Electromagnético EEI=C	20,0 W	28,0 W	14,0 W	50%	112	1,6 KWh	3.844 KWh
	40,0 W	50,0 W	27,0 W	46%	80	1,8 KWh	4.510 KWh
	60,0 W	72,0 W	35,0 W	51%	68	2,5 KWh	6.167 KWh
Tubos Fluorescentes T8 con Balastro Electromagnético EEI=B2	18,0 W	22,0 W	14,0 W	36%	480	3,8 KWh	9.413 KWh
	36,0 W	42,0 W	26,0 W	38%	602	9,6 KWh	23.611 KWh
	58,0 W	66,0 W	35,0 W	47%	82	2,5 KWh	6.231 KWh
Lámparas E27 (promedio)	80,0 W	80,0 W	15,0 W	81%	250	16,3 KWh	39.833 KWh

Ahorros anuales estimados: **93.609 KWh**

Los costes de energía ahorrados anualmente superarán los **11.233 €** y a lo largo de su vida útil, generarán más de 85.371 €, habiendo dejado de emitir a la atmósfera, más de **37,4 Tn CO₂ al año**, con un ahorro equivalente de **80,05 tep** al año (Toneladas equivalentes de petróleo).



Fotos 5 y 6. Vista de las aulas una vez optimizadas, mediante adaptadores en los fluorescentes.

Los centros optimizados, han pasado de ser centros educativos con muy bajo nivel de eficiencia luminosa, a la máxima eficiencia posible, (sin utilización de equipos de control).

De esta manera los centros educativos optimizados, no solo han reducido notablemente el consumo de agua y mejorado su nivel de eficiencia luminosa con el menor coste posible, sino que alcanzan importantes ahorros económicos y un mayor estándar ambiental al reducir su «huella ecológica».

Este es un vivo ejemplo, de cómo los centros educativos, pueden avanzar hacia la sostenibilidad y transformarse en escuelas verdes.

Detectores de presencia en el colegio San Lorenzo en El Escorial

Centro:

Colegio San Lorenzo.
Calle del Rey, 43. San Lorenzo de El Escorial.

Inicio de las obras: 2010.

Participantes: Electricidad y suministros Escorial (ELSUES).



Foto 1. Cartel colegio San Lorenzo.

1. Descripción

El colegio público San Lorenzo en la localidad madrileña de San Lorenzo de El Escorial ha renovado su instalación de iluminación en pasillos y aulas. Para ello se han elegido los detectores de presencia ThebenHTS en las siguientes zonas:

- ✱ **Pasillos:** al ser pasillos bastante largos y no poder instalarse en el techo los detectores, se eligen detectores para montaje en pared PresenceLight 180 con un alcance de 16 m. Con funcionamiento totalmente automático tanto para el encendido como para el apagado.



Foto 2. Instalación del PresenceLight 180 en pasillo.

- ✱ **Salones distribuidores:** al ser una zona de paso y también de trabajo de los alumnos, se necesita un detector de presencia con alta sensibilidad y gran alcance. Para ello se instala el modelo ECO IR 360 C NT. Este detector abarca con facilidad el área de 9 x 9 metros que necesitamos para esta zona.



Foto 3. Salón distribuidor con detector ECO IR 360 C NT.

- ✱ **Aulas:** para lograr el mayor aprovechamiento energético de la luz natural y artificial y proveer la mejor iluminación para los alumnos, los responsables han elegido el detector compact office DIM, que permite regular la iluminación de luces regulables de 1 a 10 V. De forma que cuanto más luz natural entra por la ventana, menor es la cantidad de luz artificial que se aporta hasta llegar el nivel de lux (500 lux) que se establece como el adecuado

para el estudio según el reglamento. Esto se conoce como el **control de luz constante y permite el mayor ahorro energético**, ya que se aporta la cantidad mínima necesaria para la iluminación óptima en cada momento. Así se cumple con el nuevo reglamento del CTE sobre el control de luz constante en la iluminación junto a ventanales. Además por si fuera poco el ahorro, cuando no hay nadie en la habitación la luz se apaga.



Foto 4. Aula con control de luz constante con Compact.

Por otro lado las pantallas se han reformado con tubos fluorescentes T5 que ofrecen mayor luminosidad con menor consumo energético. En las salas y pasillos se instalaron fluorescentes conmutables de 28 W. En cambio en las aulas se instalaron fluorescentes regulables de 54 W.

Nuestros colegios públicos no sólo se apuesta por la enseñanza de calidad y bilingüe, sino además se da ejemplo de ahorro y eficiencia energética en sus propias instalaciones.

2. Resultados

En cuanto a los resultados obtenidos, debe indicarse que el colegio aún sigue renovando otras plantas, con lo que aún no se dispone de resultados suficientes para elaborar y evaluar un histórico de ahorro energético.

La acogida entre el profesorado ha sido muy buena ya que han mejorado los niveles de luminosidad y el confort visual al automatizarse la iluminación.

Control de iluminación en colegio Maristas de Logroño

1. Introducción



El colegio de Maristas San José es un colegio muy arraigado en Logroño y su fundación se remonta a 1927. Con los recursos del centro y el apoyo de la ONCE atiende a alumnos con deficiencias auditivas y visuales.

Pese a su antigüedad, cuenta con buenas instalaciones, y en la actualidad se encuentra mejorándolas trasladándose a un moderno complejo educativo. Como apuesta, el colegio ha decidido implementar un sistema de control de la iluminación para el nuevo colegio en su totalidad.

Los principales objetivos que busca el colegio con la implementación del nuevo sistema de control se describen a continuación:

- ✱ Alcanzar ahorros de energía del orden del 30%, en comparación a un centro convencional.
- ✱ Monitorización de todos sus equipos de iluminación para mantenimiento predictivo.
- ✱ Contribuir ecológicamente al reducir considerablemente las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

El nuevo complejo educativo cuenta con cinco edificios que albergan 300 dependencias con 6.315 luminarias controladas por un sistema automatizado de ISDE buscando siempre los objetivos de ahorro energético y mantenimiento que el centro busca.

2. Descripción del sistema

El sistema utilizado para el control del Colegio Maristas se basa en productos del fabricante madrileño ISDE con la tecnología LonWorks empleada por más de 1.000 fabricantes en todo el mundo. A continuación se describe la filosofía del sistema:



- ✱ **Control manual de la iluminación.** Es importante que las personas mantengan el control del sistema en todo momento, por lo que en cada estancia existirán pulsadores para encender, apagar y regular los circuitos de iluminación. Estos pulsadores no dependen de la red sino que están conectados al mismo equipo que regula el circuito de iluminación de manera que su funcionamiento sea 100% seguro.
- ✱ **Control de la iluminación, según nivel de luz exterior.** En los pasillos de los distintos edificios, el encendido de la iluminación se realiza en función del nivel de iluminación del exterior del edificio y de la detección de movimiento. De este modo por el día no se encienden las luminarias porque el aporte de luz exterior es suficiente y por la noche únicamente se encienden las luminarias cuando se detecte movimiento.
- ✱ **Regulación de la iluminación, según nivel de luz interior.** En las aulas, despachos y salas de reuniones el control de la iluminación se realiza a través de sensores de luminosidad interiores. Las luminarias se regulan por plano de trabajo de manera que el nivel de iluminación de la estancia se mantenga constante in-

dependientemente de las variaciones exteriores de iluminación o de las aperturas y cierres de persianas. Este tipo de control permite alcanzar las mejores condiciones para el aprendizaje del alumno y ahorrar energía cuando la luz exterior sea suficiente para alcanzar estas condiciones. El colegio Maristas San José se distingue especialmente por los grandes ventanales de sus aulas y por el gran aporte de luz exterior que no se traduciría en un importante ahorro energético si no se hubiera instalado el sistema de control de ISDE.



- ✱ **Configuración de escenas.** Capacidad de crear diferentes escenas de iluminación a partir de los parámetros estipulados (ej: escena de presentación, escena de lectura, etc). Estas escenas se llaman fácilmente desde la mesa del profesor.



- ✱ **Control desde puesto de control y supervisión (PSC).** Capacidad de monitorizar y actuar en cada uno de los circuitos de iluminación de forma manual o mediante programaciones horarias. Este tipo de control permite que nunca se queden encendidas las luces por la noche. Control de horas de funcionamiento de cada luminaria y alarma de fin de vida útil para prever el reemplazo de luminarias y facilitar el mantenimiento.

Domótica para control de iluminación en el Colegio British School de Játiva

Usuario final: Colegio British School Játiva, Valencia

Integrador de sistemas: IniTech

Diseño y ejecución: Schneider Electric España

Ubicación: Játiva, Valencia

Año ejecución: 2008

Tipo edificio: Terciario

Aplicaciones: — Escenas
— Aplicaciones exteriores
— Alarma intrusos
— Alarma humo/fuego
— Comunicación remota

1. Centro

Centro de estudios emplazado en la localidad valenciana de Játiva. Este centro educativo nace con la pretensión de convertirse en un modelo de centro de enseñanza infantil y primaria para el resto de centros docentes de la Comunidad Valenciana. En el British School Xàtiva se unifican unas instalaciones de primer orden junto a un plan educativo avanzado en el que prima la diversidad idiomática y que motiva y prepara al alumno para la universidad.



Foto 1. Vista exterior del centro.

2. Requerimientos del proyecto

La dirección del centro manifiesta una clara sensibilidad hacia el medio ambiente y las tecnologías que ayudan a reducir el consumo de energía y por tanto son beneficiosas tanto a nivel de costes operativos del centro como para el medio ambiente. También se busca una solución que sea consecuente con diseño del centro de estudios en el cual priman las zonas acristaladas que proporcionan gran cantidad de luz natural. Por otro lado se requiere que las soluciones adoptadas puedan ser controladas de un modo centralizado así como que se permita un control más localizado en cada aula.

Especificaciones técnicas:

- * Control de la iluminación en función de presencia.
- * Regulación de iluminación constante en función de una consigna de Luxes.
- * Control con distintos horarios para zonas interiores de las instalaciones y zonas exteriores.
- * Pulsadores para ajustar el control entre Automático/Manual para cada zona.

3. Descripción del proyecto. Solución adoptada

La solución escogida para satisfacer las necesidades del cliente fue la integración del sistema KNX, mediante el cuál se realizó el control de la iluminación DALI e iluminación de tipo on/off. En concreto el sistema DALI es mayoritario para la práctica totalidad de las luminarias instaladas, posibilitando de este modo la realización de regulación constante de luminosidad en todas las aulas y zonas comunes del centro, aprovechando la gran cantidad de luz natural disponible y de este modo reduciendo el consumo de un modo muy importante sin alterar el confort de la instalación. Por otro lado los aseos han sido dotados de encendidos on/off controlados mediante detector de presencia, mejorando el consumo y la usabilidad por parte de los estudiantes.

Todo el sistema de iluminación puede ser comandado desde una pantalla táctil central situada en el edificio de administración, pudiendo regular consignas para la regulación constante, llevar a cabo encendidos/apagados a distancia y ajustar horarios de encendido/apagado para distintas zonas.

Desde cada aula puede anularse el modo automático desde pulsadores instalados a tal efecto y llevar a cabo un manejo manual de la instalación pudiendo encender/apagar/regular la iluminación así como devolverla a su modo de funcionamiento automático (por detector de presencia y regulación constante).

Adicionalmente existen pulsadores de emergencia asociados a cada pasarela KNX-DALI para accionar el encendido/apagado de las luces en caso de fallo en la red de control.

La integración del sistema KNX de Schneider Electric ha sido realizada por el integrador IniTech que tiene amplia experiencia en integración de sistemas de control de edificios.

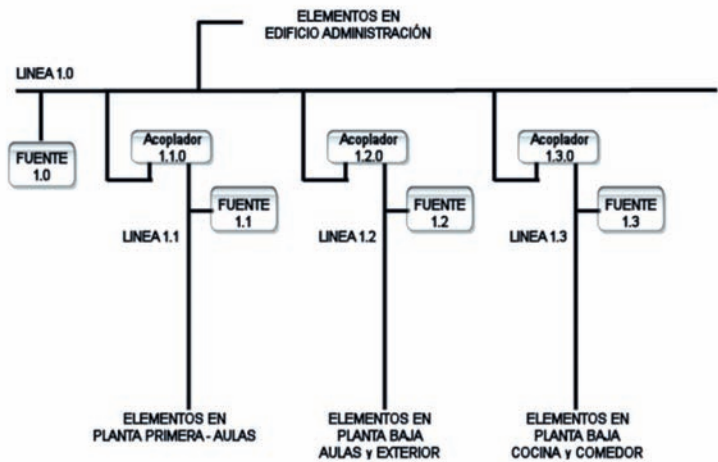


Figura 1. Diagrama de distribución de los elementos.

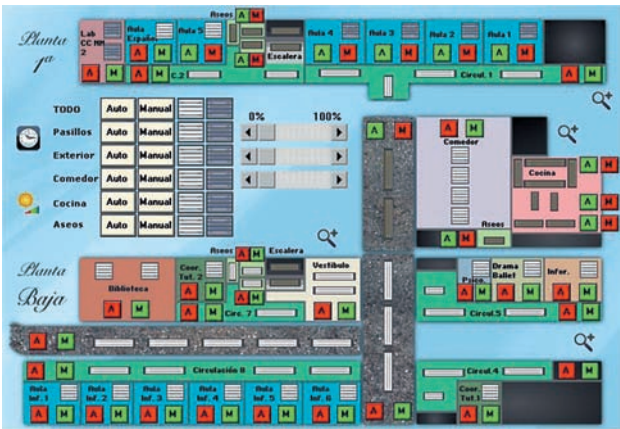


Figura 2. Detalle del sistema.

3.1 Aulas y Oficinas

Todas las aulas así como los despachos del personal del centro disponen de regulación constante de iluminación basada en una consigna, así como la posibilidad de habilitar el control manual para llevar a cabo la gestión de la iluminación de manera local. La instalación de grandes ventanales garantiza un gran aporte de luz natural reduciendo de manera drástica el consumo eléctrico cuando se opera en modo automático.



Foto 2. Oficinas.

3.2 Exteriores

Toda la iluminación exterior del centro es controlada mediante regulación constante y horarios para cada día de la semana. Este sistema de iluminación es gestionado desde la pantalla táctil de control.



Foto 3. Exterior del centro.