

Guía de ahorro Energético

Guía de Ahorro Energético en el sector de las Artes Gráficas



Sector de las Artes Gráficas

Madrid Vive Ahorrando Energía



Fundación de la Energía
de la Comunidad de Madrid
www.fenercom.com

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe



Cámaras
Madrid

agm
asociación de empresas artes gráficas de Madrid



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

M
La Suma de Todos

Guía de ahorro energético en el sector de las artes gráficas



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2010

Esta Guía es descargable 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 más ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid
dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
fundacion@fenercom.com

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

Presentación

El sector de las Artes Gráficas es sumamente importante en la Comunidad de Madrid, además de uno de los sectores industriales de mayor tradición. Nuestra Región cuenta con, aproximadamente, el 25% de la industria gráfica de España, concentrándose en la capital el mayor número de empresas. La importancia del sector en el tejido industrial madrileño es, por tanto, evidente así como su impacto positivo en el conjunto de la economía de nuestra Comunidad.

Hoy por hoy, la Comunidad de Madrid cuenta con un sector de impresión moderno, que ha sabido adecuarse al desarrollo de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, y que ha evolucionado en su constante adaptación a las innovaciones tecnológicas, así como en materia de seguridad y medio ambiente.

En este contexto, la optimización del consumo energético tiene, como en el resto de actividades industriales, una especial relevancia en las empresas de Artes Gráficas. A lo largo de esta publicación, se describen las medidas de ahorro y eficiencia energética asociadas al sector, medidas que deben entenderse como herramientas clave para reducir los costes energéticos a los que se ven sometidas estas empresas.

Con el propósito de situar a las Artes Gráficas entre los sectores industriales más eficientes, la Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid, en colaboración con la Asociación de Empresarios de Artes Gráficas de Madrid, publica esta Guía, a fin de informar a los empresarios y profesionales relacionados con el sector de las ventajas de la adopción de medidas para la mejora de la eficiencia energética y de los incentivos existentes para ello.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas

Prólogo

Si bien es cierto que en todos los ámbitos de nuestra vida es ahora más necesario que nunca lograr la mayor eficiencia energética, no lo es menos que la industria es el sector de actividad más necesitado de ahorro de energía, ya que se encuentra inmerso en un escenario de competitividad muy exigente.

Somos conocedores de que llevamos años desarrollando políticas de optimización de costes y afinando la gestión para reducir lo más posible tanto los costes estratégicos como los generales, pero tenemos la obligación y la responsabilidad, ante la sociedad, de ir más allá en nuestras motivaciones, que han de ser tanto económicas como ambientales.

La sostenibilidad de las máquinas modernas, materiales, insumos y procesos ha mejorado como nunca antes y nuestro sector debe invertir en aquellas tecnologías que ofrecen los mejores resultados ecológicos y energéticos. Sólo así seremos capaces de cumplir con la afirmación de que el kilovatio más ecológico y barato es el kilovatio de energía que no se consume.

Hagamos pues un esfuerzo de transparencia en todos nuestros procesos de producción, las mediciones que sean necesarias para analizar la sostenibilidad de la empresa y sigamos los consejos de esta publicación que, por otra parte, sólo pretenden mejorar nuestra competitividad, mejorar el medio ambiente y, como consecuencia lógica, ensalzar la imagen de nuestra empresa y de nuestro sector.

Pedro Cuesta

Presidente de la Asociación de Empresarios
de Artes Gráficas de Madrid (AGM)

Autores

- Capítulo 1. **Medidas para la eficiencia energética**
Endesa. Dirección Empresas.
www.endesaonline.com/empresas
- Capítulo 2. **Diseño del edificio**
D. Miguel Burgos. Director de desarrollo de negocio
D. Pablo Díez. Director de la División de Plantas Industriales
b.o.d. Arquitectura e Ingeniería, S.A.
www.bod.es
- Capítulo 3. **Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado**
Philips División Comercial Alumbrado
Departamento de eficiencia energética
www.philips.es / www.alumbradoymedioambiente.es
- Capítulo 4. **Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura**
D. José Manuel Rodríguez
Orbis Tecnología Eléctrica, S.A.
www.orbis.es
- Capítulo 5. **Sistemas de ahorro de agua y energía**
D. Luis Ruiz Moya
Tecnología, Ecología e Hidroeficiencia, S.A. (Grupo TEHSA)
www.AhorrarAgua.org / www.tehsa.es
- Capítulo 6. **Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética**
D. José Mª Durán
Dpto. Comercial
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es
- Capítulo 7. **Sistemas de climatización**
Dª. Gema Martínez
Market Manager Regional de Industria
CIAT. Dpto. Comercial de España
www.ciatesa.es
- Capítulo 8. **Energía solar fotovoltaica**
D. Luis C. Blanco Machón
Servicio de Asesoramiento a Proyectos Schüco International KG
www.schuco.es

Capítulo 9. Eficiencia energética en equipos de impresión

D. Sergio Ródenas Esteban

Asociación de Empresarios de Artes Gráficas de Madrid

www.infoagm.com

Capítulo 10. Ayudas de la Comunidad de Madrid

D. José Antonio González Martínez

Subdirector General de Promoción Industrial y Energética de la

Dirección General de Industria, Energía y Minas

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

Índice

Capítulo 1. Medidas para la eficiencia energética	15
1.1. Introducción	15
1.2. Optimización tarifaria	17
1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad	18
1.3. Optimización de instalaciones	19
1.3.1. Estudio del consumo	19
1.3.1.1. Consumo de energía en el sector de las artes gráficas	19
1.3.1.2. Distribución del consumo energético	20
1.3.2. Parámetros de eficiencia energética	21
1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector	22
1.3.3.1. Iluminación	24
1.3.3.2. Climatización	31
1.3.3.3. Agua caliente sanitaria (ACS)	40
1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos	43
1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	44
1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	46
1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	48
1.4. Conclusiones	49
Capítulo 2. Diseño del edificio	53
2.1. Introducción	53
2.2. Plantas de prensa diaria	54
2.2.1. Sala de impresión	55
2.1.1.1. Sala de tintas	58
2.1.1.2. Cuadros eléctricos y UPS	59
2.1.1.3. Sala de control	60
2.2.2. Almacén de bobinas	60
2.2.3. Cierre	61
2.3. Plantas comerciales	62
Capítulo 3. Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado	65
3.1. Introducción	65
3.2. Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre la eficiencia energética	66
3.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)	67
3.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	68
3.2.2. Norma UNE 12464-1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores	82
3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	85
3.2.4. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de	87

determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos	
3.2.5. Real Decreto 838/2002. Requisitos de eficiencia energética de los balastos para lámparas fluorescentes	88
3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	92
3.3.1. Fase de proyecto	94
3.3.1.1. Predeterminación de los niveles de iluminación	95
3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	96
3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	101
3.3.2. Ejecución y explotación	102
3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica	102
3.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados	102
3.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados	102
3.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados	103
3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial	103
3.3.3. Mantenimiento	103
3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas	104
3.3.3.2. Respeto a la frecuencia de reemplazo de los componentes	105
3.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	105
3.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos	106
3.3.4. Consejos a la hora de elegir las lámparas. Coste Total de Propiedad (CTP)	106
3.3.5. Consejos para la realización de proyectos de alumbrado en el sector de las artes gráficas	113
Capítulo4. Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura	115
4.1. Introducción	115
4.2. Control eficiente de la iluminación	115
4.2.1. Zonas exteriores y letreros luminosos	115
4.2.2. Seccionamiento de áreas	118
4.2.3. Grandes zonas de iluminación exterior	120
4.2.3.1. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)	121
4.2.3.2. Ahorro por reactancia de doble nivel	121
4.2.3.3. Ahorro utilizando estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera	122
4.3. Climatización	125
Capítulo 5. Sistemas de ahorro de agua y energía	129
5.1. Introducción	129
5.2. ¿Por qué ahorrar agua?	130
5.2.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo	137
5.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?	138
5.3.1. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía	139
5.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para poder ahorrar agua y energía	142
5.5. Clasificación de equipos	144
5.5.1. Grifos monomando tradicionales	144
5.5.2. Grifos de volante tradicionales	147

5.5.3. Grifos termostáticos	148
5.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos	148
5.5.5. Grifos electrónicos táctiles y temporizados	150
5.5.6. Grifos temporizados	151
5.5.7. Grifos de ducha y torres de prelavado	153
5.5.8. Grifos de fregadero en cocinas	154
5.5.9. Fluxores para inodoros y vertederos	155
5.5.10. Cabezales y regaderas de ducha	156
5.5.11. Inodoros (WC)	159
5.6. Consejos generales para economizar agua y energía	164
Capítulo 6. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética	171
6.1. Introducción	171
6.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética	172
6.3. Calderas de baja temperatura	173
6.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple	176
6.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de baja temperatura	176
6.4. Calderas de Gas de condensación	178
6.4.1. Técnica de condensación	179
6.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior	180
6.4.2. Diseño de las calderas de condensación	182
6.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional	184
6.6. Conclusiones	185
Capítulo 7. Sistemas de climatización	187
7.1. Introducción	187
7.2. Sistemas de climatización	187
7.2.1. Sistemas "todo aire"	189
7.2.1.1. Equipos de expansión directa o equipos autónomos	190
7.2.1.2. Climatizadores	191
7.2.2. Sistemas "todo agua"	193
7.2.3. Sistemas aire-agua	194
7.2.4. Sistemas "todo refrigerante"	194
7.3. Sistemas de recuperación de calor y ahorro energético en instalaciones de climatización	195
7.4. Climatización de imprentas y rotativas	199
7.4.1. Parámetros a controlar por el sistema de climatización	201
7.4.1.1. Temperatura y humedad	201
7.4.1.2. Ventilación	203
7.4.1.3. Velocidad del aire	205
7.4.1.4. Nivel sonoro	207
7.4.2. Elección del sistema de climatización	208
7.4.2.1. Sistema de climatización y mejora de eficiencia energética en imprenta de pequeño tamaño	210
7.4.2.2. Sistema de climatización y mejora de eficiencia energética en rotativas	211
7.4.2.2.1. Climatización de rotativas con equipos autónomos	213
7.4.2.2.2. Climatización de rotativas con climatizadores	214

Capítulo 8. Energía solar fotovoltaica	217
8.1. Introducción	217
8.2. Energía solar fotovoltaica en la industria de las artes gráficas	218
8.3. Generación eléctrica por energía solar fotovoltaica	219
8.3.1. ¿Cómo se genera la energía eléctrica?	220
8.3.1.1. Tiempo de retorno energético	220
8.3.2. Variables eléctricas de los módulos solares	221
8.3.3. Constitución de los módulos solares	223
8.3.3.1. Módulos estándar	223
8.3.3.2. Módulos vidrio – vidrio	225
8.3.4. Montaje y conexión eléctrica de los módulos solares	226
8.3.5. Efectos adversos sobre el campo fotovoltaico	227
8.3.5.1. Efectos de sombras	227
8.3.5.2. Efectos de la temperatura	228
8.4. Transformación e inyección en red de la energía fotovoltaica generada	229
8.4.1 Inversor de conexión a red	229
8.4.2. Protecciones eléctricas	230
8.4.2.1. Protecciones en corriente continua. Aguas arriba del inversor	231
8.4.2.2. Protecciones en corriente alterna. Aguas abajo del inversor	231
8.4.3. RD 1663/00	231
Capítulo 9. Eficiencia energética en equipos de impresión	239
9.1. Introducción	239
9.2. Medidas para la eficiencia energética en equipos de impresión	240
9.2.1. Elección correcta del tamaño de máquina	240
9.2.2. Mejorar la eficiencia de los compresores de aire	241
9.2.2.1. Compresores de tornillo de bajas revoluciones	243
9.2.3. Motores síncronos de transmisión directa	244
9.2.4. Incremento de la eficiencia de los sistemas de depuración de gases por oxidación	245
9.2.4.1. Sistemas RTO	245
9.2.4.2. Optimización del secado	247
9.2.5. Aprovechamiento de la energía térmica en hornos y sistemas de depuración de gases	247
9.2.5.1. Reciclar el calor en un proceso de refrigeración por absorción	248
9.2.5.2. Recuperación de calor a través de un intercambiador de calor	248
9.2.5.3. Generación de electricidad mediante el uso del Ciclo de Rankine Orgánico (ORC)	249
9.2.6. Refrigeración del sistema y ventilación	251
Capítulo 10. Ayudas de la Comunidad de Madrid	253
10.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética	253
10.2. Fomento de las energías renovables	255
10.3. Plan Renove de Maquinaria Industrial	257
10.4. Plan de Apoyo a la Industria	258

1.1. Introducción

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

De la diversidad de instalaciones que puede acoger este sector, así como del catálogo de servicios que en ellos se ofrecen (oficina técnica, maquetación, impresión, almacenamiento, etc.) depende el suministro de energía.



Figura 1. Equipamiento en el sector.

Como norma general, se puede decir que las aplicaciones que más consumo de energía concentran son: maquinaria, climatización e iluminación.

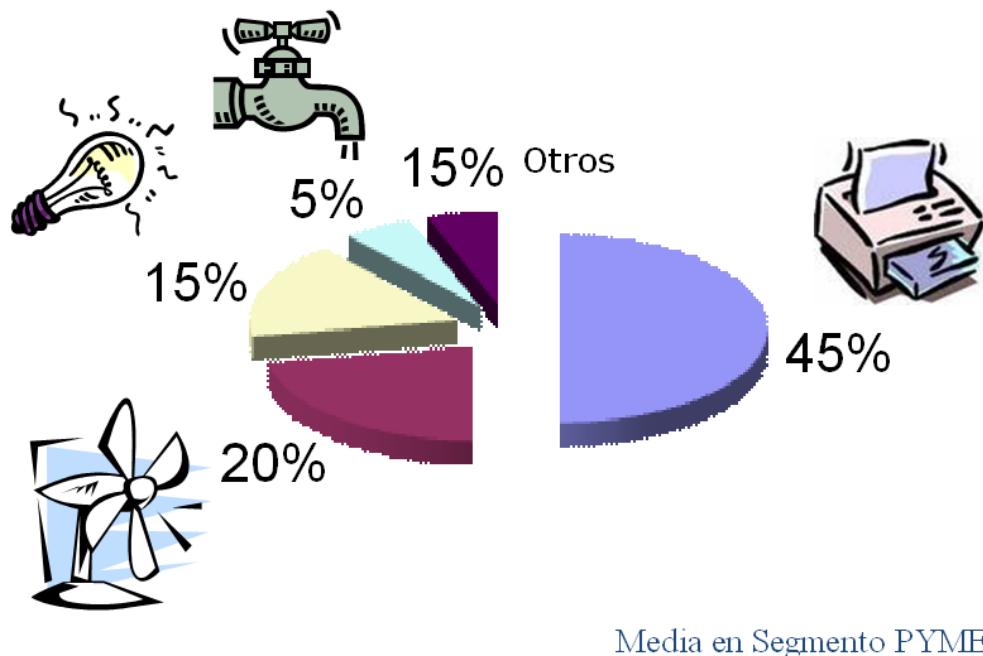


Figura 2. Consumo de energía de las distintas aplicaciones.

El consumo de energía, como una variable más dentro de la gestión de un negocio, adquiere relevancia cuando de esa **gestión** se pueden obtener ventajas que se traducen directamente en ahorros reflejados en la cuenta de resultados.

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

ARTES GRÁFICAS

INSTALACIONES	INFORMÁTICAS IMPRESIÓN
APLICACIONES ENERGÉTICAS	PRODUCCIÓN ILUMINACIÓN CLIMATIZACIÓN OTROS
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD GAS
CONSUMO(*) Media sectorial	45.500 kWh/año
COSTE (*) Media sectorial	9.600 € / año

□ OPTIMIZACIÓN DE TARIFA

REVISIÓN DE LOS CONTRATOS DE ENERGÍA.
- ELECTRICIDAD
- GAS

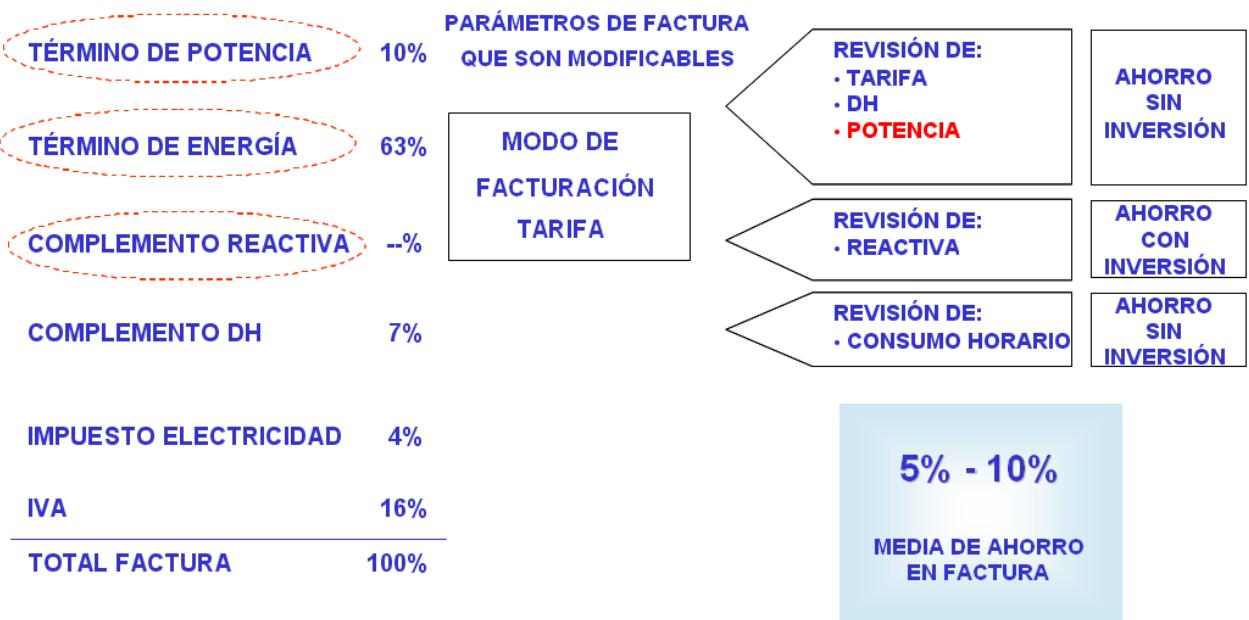
□ OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.

- DETECCIÓN DE PUNTOS DE MEJORA
- ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE MEJORA
- VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA MEJORA

1.2. Optimización tarifaria

Para conseguir una adecuada optimización de 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.

Figura 3. Optimización tarifaria en la factura eléctrica.

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%

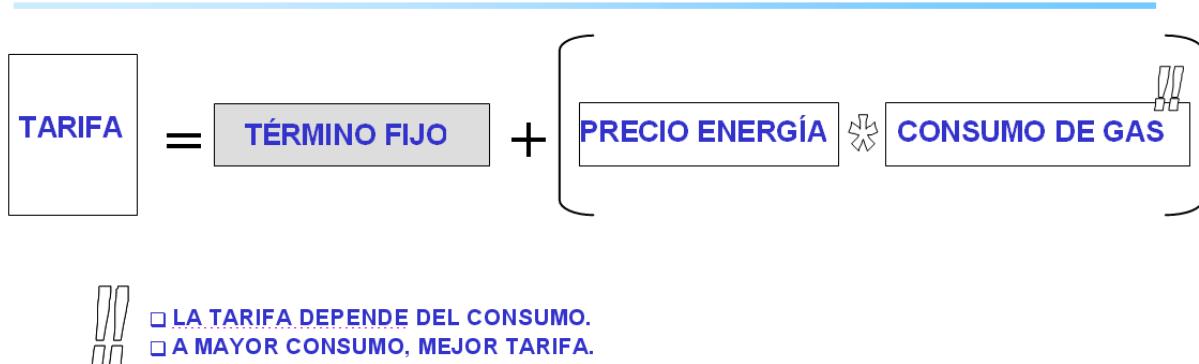


Figura 4. Optimización tarifaria en la factura del gas.

1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad

Los aspectos más relevantes de la contratación en el mercado liberalizado son los siguientes:

- ✿ **Precio:** no está fijado por la administración y la oferta varía en cada comercializadora.
- ✿ **Elección de la comercializadora:** debe basarse en el **catálogo de servicios adicionales**, además del precio.
- ✿ **¿Cómo se contrata?:** la **comercializadora** elegida gestiona el alta del nuevo contrato.

En todo caso, se ha de tener en cuenta:

- Con el cambio de comercializadora **no** se realiza ningún corte en el suministro.
- Los contratos suelen ser anuales.
- La comercializadora gestiona las incidencias de suministro, aunque es la distribuidora la responsable de las mismas.

1.3. Optimización de instalaciones

1.3.1. Estudio del consumo

El coste derivado del consumo de energía es susceptible de ser minorado a través de la optimización de las instalaciones y maquinaria con las que cuenta el sector de las artes gráficas.

Para ello, es necesario conocer el consumo y cuáles son las características de las instalaciones: su actividad concreta (elaboración de proyectos, impresión, almacenamiento, etc.), su tamaño, ubicación geográfica y tipología de construcción.

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.

1.3.1.1. Consumo de energía en el sector de las artes gráficas

En este apartado se van a utilizar los datos derivados de distintos trabajos realizados y los datos de consumo extraídos de la bibliografía disponible.

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por una empresa dedicada a las artes gráficas, depende de varios factores: del tipo de negocio, su situación, categoría, tamaño, características de su maquinaria y equipos, etc.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de consumo típico, aunque hay que tener en cuenta que, a nivel individual, existen grandes diferencias respecto de esta distribución, en función de los factores mencionados y especialmente entre Empresas de Proyectos e Imprentas.

TABLA 1. Distribución del consumo.

Instalaciones	ARTES GRÁFICAS
Aplicaciones energéticas	Informáticas Impresión Producción Iluminación Climatización Otros
Energías	Electricidad Gas
Consumo (*) Media sectorial	45.500 kWh/año
Coste (*) Media sectorial	9.600 €/año

Media en Segmento PYMEs.

1.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente, los establecimientos dedicados a las artes gráficas consumen, por una parte, energía eléctrica para su consumo en maquinaria, equipos informáticos, alumbrado, climatización, etc. También se están implantando, cada vez con mayor frecuencia, las bombas de calor eléctricas, que permiten el suministro de calefacción durante los meses fríos. Por otra parte, estos centros consumen algún combustible que se utiliza para la producción de agua caliente sanitaria y para calefacción (si no se dispone de bomba de calor).

A la hora de realizar la distribución del consumo energético se observa que, debido a la gran variedad de tipos de establecimientos, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en el sector de las artes gráficas, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra debido a estos factores. No obstante, en cualquier caso, el consumo energético principal de este tipo de instalaciones corresponde a la maquinaria y

equipos informáticos por su vinculación directa con la producción, la iluminación por la cantidad de horas que se utiliza, y la climatización por ser la encargada de asegurar las condiciones de confort que mejoran la productividad de los trabajadores.

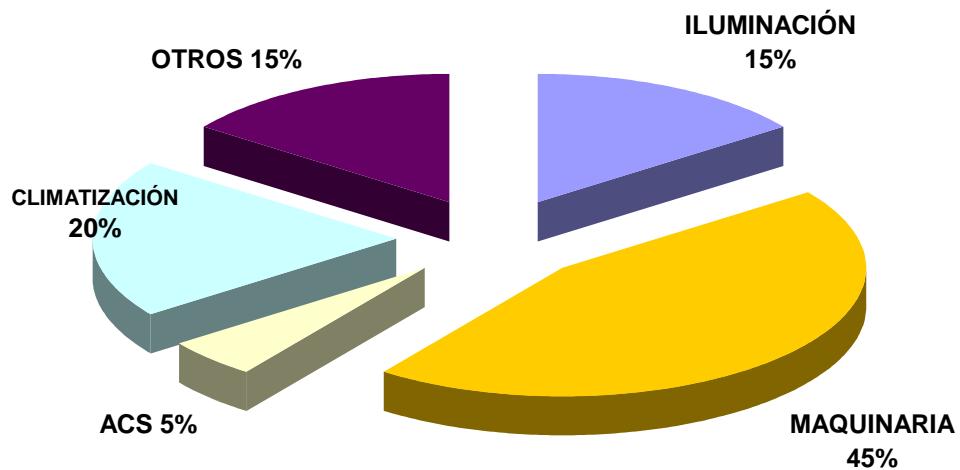


Figura 5. Porcentaje de consumos energéticos. Media en segmento PYMEs.

Por lo tanto, los principales esfuerzos de los empresarios a la hora de realizar inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción de dichos consumos (exceptuando el consumo en maquinaria que está asociado directamente a la producción), bien mediante la utilización de tecnologías más eficientes, bien mediante la reducción de la demanda, como se verá más adelante.

1.3.2. Parámetros de eficiencia energética

El consumo energético de una empresa de artes gráficas supone uno de sus gastos principales. La abundante maquinaria y la constante iluminación son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética.

Sin embargo, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort o a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptimo cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.

EFICIENCIA ENERGÉTICA



Figura 6. Eficiencia energética.

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

A partir de estos ratios, los profesionales del sector pueden clasificar y evaluar su establecimiento desde el punto de vista de la eficiencia energética, y tomar las medidas necesarias para reducir el consumo y coste de la energía.

1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector



Foto 1. Impresión variable.

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 2. Mejoras potenciales y estimación del ahorro en sistemas de equipamiento.

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 mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura eléctrica.	15
Motores general	Motores alto rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento	Disminución del consumo eléctrico.	20
Bombas circulación fluidos (general)*	Regulación de la potencia en función de la presión.	Sondas de presión y variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico.	15
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/gas.	30
Iluminación: Zonas auxiliares	Pasillos, lavabos, sótanos, etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores/detectores de presencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	60
Lámparas dicroicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	80
Iluminación exterior	Optimización del consumo.	Lámparas compactas de bajo consumo. Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	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.	20

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Iluminación interior (incandescencia)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio a lámparas de bajo consumo.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura.	85

1.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa aproximadamente el 15% 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 2. Iluminación general del área de producción.

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



Foto 3. Iluminación de la maquinaria de impresión.

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 eficaces, al empleo de sistemas de control y a la integración de la luz natural.

Además puede haber un ahorro adicional si el centro tiene aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor.

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

- **Fuente de luz o lámpara:** es el elemento destinado a suministrar la energía lumínica.
- **Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.
- **Equipo auxiliar:** muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.

Estos tres elementos constituyen la base del alumbrado y de ellos va a depender esencialmente su eficiencia energética.

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

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

Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad y pocos encendidos. 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 Tabla 3 se muestra cómo varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto de alta frecuencia.

TABLA 3. Comparación entre balasto convencional y balasto electrónico.

Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto convencional	Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto electrónico
POTENCIA ABSORBIDA	POTENCIA ABSORBIDA
Lámparas (2 x 58 W)	Lámparas (2 x 51 W)
Balasto Convencional	Balasto electrónico
TOTAL	TOTAL
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO	22,60%

Existen balastos electrónicos que facilitan la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual a su vez permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades.

El inconveniente de la aplicación del balasto electrónico está en su inversión, que es mayor que la de uno convencional, lo que hace que se recomiende

la sustitución en aquellas luminarias que tengan un elevado número de horas de funcionamiento.

BALASTOS ELECTRÓNICOS

- 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.

En el caso de instalación nueva, es recomendable a la hora de diseñar el alumbrado, tener en cuenta la posibilidad de colocar luminarias con balasto electrónico, ya que, en este caso, el coste de los equipos no es mucho mayor y se amortiza con el ahorro que produce.

● Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga de alta presión son hasta un 35% más eficientes que los tubos fluorescentes con 38 mm de diámetro, aunque presentan el inconveniente de que su rendimiento de color no es tan bueno.

Es por ello que su aplicación resulta interesante en los lugares donde no se requiere un elevado rendimiento de color, como en las salas informáticas o en la propia imprenta. También pueden regular su intensidad lumínica hasta un 50%, incluso existen algunas regulables hasta un 20%.

● 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.

TABLA 4. Equivalencia entre fluorescentes compactas e incandescentes.

Lámpara fluorescente compacta	Lámpara Incandescencia	Ahorro energético (%)
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

Tienen el inconveniente de que no alcanzan el 80% de su flujo luminoso hasta pasado un minuto de su encendido.

A continuación se expone un ejemplo práctico de la rentabilidad económica de esta medida.

TABLA 5. Comparativa de los costes y rentabilidad entre lámparas compactas e incandescentes.

	LÁMPARA INCANDESCENCIA DE 75 W	LÁMPARA COMPACTA DE 15 W
Potencia consumida	75 W	15 W
Flujo luminoso	900 lm	960 lm
Duración	1.000 horas	8.000 horas
Precio de la energía eléctrica	0,11 €/kWh	
Precio de compra estimado	0,70 €	20 €
Costes funcionamiento (8.000 horas)	71,60 €	33,20 €
AHORRO ECONÓMICO		54%
PLAZO DE AMORTIZACIÓN		3.000 horas de funcionamiento

En el siguiente ejemplo, se muestra una tabla orientativa sobre el porcentaje de ahorro aproximado que se puede conseguir por sustitución de lámparas por otras más eficientes:

TABLA 6. Ahorro energético por sustitución de lámparas.

ALUMBRADO EXTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	45%
Vapor de sodio alta presión	Vapor de sodio baja presión	25%
Halógena convencional	Halogenuros metálicos	70%
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80%

ALUMBRADO INTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80%
Halógena convencional	Fluorescentes compactas	70%

● **Sustituciones 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 instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento, generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

● **Aprovechamiento de la luz diurna**

El aporte de la luz natural tiene un impacto considerable en el aspecto del espacio iluminado y puede tener implicaciones importantes al nivel de eficiencia energética. Los ocupantes de un edificio generalmente prefieren un espacio bien iluminado con aporte de luz natural, siempre que se eviten los problemas de deslumbramiento (orientación correcta) y de calentamiento (doble ventana climalit).

Los principales factores que afectan a la iluminación de un interior, mediante luz natural, son la profundidad del local, el tamaño y la localización de

ventanas y claraboyas, de los vidriados utilizados y de las sombras externas. Estos factores dependen generalmente del diseño original del edificio. Un diseño cuidadoso da lugar a un edificio que será más eficiente energéticamente y que tendrá una atmósfera en su interior más agradable.



Foto 4. Iluminación natural en zona de almacén.

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.

Es también muy conveniente pintar las superficies de las paredes de colores claros con una buena reflectancia, de forma que se maximice la efectividad de la luz suministrada. Colores claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80% de la luz incidente, mientras que los colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente.

● **Sistemas de control y regulación (control horario, de presencia y de luminosidad combinado con presencia)**

Un buen sistema de control de alumbrado 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.

Un sistema de control de la iluminación completo combina sistemas de control de tiempo, sistemas de control de la ocupación, sistemas de aprovechamiento de la luz natural y sistemas de gestión de la iluminación.

1.3.3.2. Climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético en una instalación del sector. Como se ha visto, se pueden conseguir ahorros entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

TABLA 7. Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción con aplicaciones de mejora de eficiencia energética.

AHORROS DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN		
MEJORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES		
<i>Aislamiento caldera no calorifugada</i>	3	Inferior a 1,5 años
<i>Mejora calorifugado insuficiente</i>	2	Inferior a 3 años
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE		
<i>Aislamiento tuberías</i>	5	Inferior a 1,5 años
<i>Descalcificación tuberías</i>	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		
<i>Quemador</i>	9	Inferior a 3 años
<i>Caldera</i>	7	Inferior a 6 años
<i>Caldera y quemador</i>	16	Inferior a 6 años

✿ Características constructivas

Para unas condiciones climatológicas determinadas, la demanda térmica de una empresa de impresión dependerá de sus características constructivas: la ubicación y orientación del edificio, los cerramientos utilizados en fachadas y cubiertas, el tipo de carpintería, el acristalamiento, las protecciones solares, etc.



Foto 5. Iluminación natural; orientación de vanos.

✿ Control y regulación

Otra mejora importante a la hora de reducir la demanda energética de calefacción y aire acondicionado consiste en la implantación de un buen sistema de control y regulación de la instalación, que permita controlar el modo de operación en función de la demanda de cada momento y en cada zona de la instalación.

Se pueden obtener ahorros del 20-30% de la energía utilizada en este apartado mediante la zonificación de la climatización, 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 6. Control de extracción.



Foto 7. Control de regulación eléctrica.

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 los equipos en modo de pre-funcionamiento. Esta temperatura de espera se determina de modo que la temperatura del local o nave 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 y, así, refrigerar el edificio cuando las condiciones 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 este caso, puede ser una manera de contrarrestar el calor emitido por la maquinaria.

Ejemplo: sala de impresión de 300 m²:

TABLA 8. Ahorros energéticos con *free-cooling*.

APLICACIÓN	SALA DE 300 m ²
Potencia frigorífica instalada	150.000 frig/h
Horas funcionamiento <i>free-cooling</i>	1.600 h/año
Ahorro energético	93.000 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,11 € kWh
AHORRO ECONÓMICO	10.230 €/año

● Aprovechamiento de 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.



Foto 8. Instalación de climatización.



Foto 9. Colectora.

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

En este caso, si la maquinaria instalada es elevada, 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, mientras que, 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.

TABLA 9. Clasificación de las bombas de calor según el medio de origen y destino de la energía.

	MEDIO DEL QUE SE EXTRAЕ LA ENERГÍA	MEDIO AL QUE SE CEDE ENERГÍA
Según medio de origen y de destino de la energía	AIRE AIRE AGUA AGUA TIERRA TIERRA	AIRE AGUA AIRE AGUA AIRE AGUA

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 un sistema mixto de refrigeración y calefacción, y permiten, además, un ahorro de espacio y una simplificación de las operaciones de mantenimiento.

Algunos tipos de bombas de calor pueden producir simultáneamente frío y calor.

Otra posibilidad dentro de este apartado es la utilización de bombas de calor con motor de gas

Por otra parte, las bombas de calor ofrecen una clara ventaja en relación con el medio ambiente si se comparan con los equipos de calefacción convencionales.

Tanto la bomba de calor eléctrica como la de gas, emiten considerablemente menos CO₂ que las calderas. Una bomba de calor que funcione con electricidad procedente de energías renovables no desprende CO₂.



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.

Cuando se realice la revisión periódica de las calderas, es también recomendable realizar un análisis de la combustión para ver si está funcionando en condiciones óptimas de rendimiento.



Foto 10. Sala de calderas.

También es importante la conservación y reparación de los aislamientos de las calderas, de los depósitos acumuladores y en las tuberías de transporte del agua caliente.



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.

Las calderas de condensación están diseñadas 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 combustible utilizado principalmente en el sector es el gas natural, aún existen empresas con calderas 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.

CAMBIO DE GASÓLEO A GAS NATURAL

- Ahorro energético debido al mejor rendimiento energético de las calderas a gas.
- Menor coste de combustible.
- Utilización de un combustible más limpio con el que se eliminan las emisiones de SO₂ y se reducen las de CO₂, responsables del efecto invernadero.
- Menor mantenimiento de la instalación.

1.3.3.3. 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.

La instalación de sistemas de bajo consumo en duchas y baños que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también conllevan importantes ahorros energéticos debido a que disminuye notablemente el caudal de agua a calentar, con una reducción que, en algunos de estos equipos, alcanza valores del orden del 50-60% del consumo de agua.

Otra medida de ahorro en este concepto consiste en la instalación de válvulas termostáticas para la limitación y regulación de la temperatura del ACS, con lo cual se evitan las pérdidas de agua caliente por ajuste de la temperatura del grifo.

TABLA 10. Porcentaje de ahorro de energía en una instalación de agua caliente.

ACCIONES ECONOMIZADORAS DE ENERGÍA EN LA INSTALACIÓN DE AGUA SANITARIA		
ACCIONES ECONOMIZADORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
AISLAR EL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO.	10	Inferior a 1,5 años.
AISLAR LAS TUBERÍAS.	15	Inferior a 1,5 años.
INDIVIDUALIZAR LA PRODUCCIÓN.	25	Inferior a 6 años.
DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO.	Variable	Inferior a 6 años.
SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS OBSOLETOS: - Quemador (de más de 8 años). - Caldera (de más de 12 años). - Caldera y quemador.	9 7 16	Inferior a 4,5 años. Inferior a 6 años. Inferior a 6 años.
CONTROLAR LA COMBUSTIÓN, LIMPIAR LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO.	8	Inferior a 3 años.
LIMPIEZA DEL INTERCAMBIADOR.	12	Inferior a 1,5 años.
CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA CALIENTE.	5	Inferior a 1,5 años.

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 temperaturas de almacenamiento muy altas, con el fin de limitar las pérdidas.
- Aislarse adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento.
- Instalar grifos temporizados en lavabos y servicios de las zonas de servicios generales.
- Instalación de sistemas 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 redundaría 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.

El consumo de agua debido a las pérdidas en la instalación debe ser eliminado. Estas pérdidas, además de un mayor consumo de agua, provocan un mayor número de horas de funcionamiento de los equipos de bombeo, con el consiguiente incremento del gasto energético, y un mayor gasto en productos de tratamiento del agua.

Para disminuir el consumo de agua en las diferentes instalaciones, se proponen las siguientes medidas:

MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

- Trabajar con presiones de servicio moderadas: 15 mmca 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.

Para poder variar la velocidad de los motores, se utilizan reguladores eléctricos. 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.

A continuación, se expone un ejemplo de la aplicación práctica de un variador de frecuencia a una bomba de suministro de agua:

TABLA 11. Ejemplo de variador de velocidad en bombeo de agua.

MÁQUINA A ACCIONAR	Bomba de agua 7,5 kW
SITUACIÓN INICIAL	
Regulación mecánica	Válvula de entrangulamiento
Régimen medio funcionamiento	70%
Horas de trabajo	2.920 horas/año
Consumo eléctrico anual	19.864 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,092 €/kWh
Coste eléctrico anual	1.830 €/año
SITUACIÓN CON VARIADOR	
Consumo energía eléctrica	9.244 kWh/año
Coste eléctrico anual	851 €/año
AHORRO ENERGÉTICO	10.620 kWh/año
% AHORRO	53,50%
AHORRO ECONÓMICO	1.168 €/año
INVERSIÓN	2.400 €/año
AMORTIZACIÓN	2,05 años

1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos

Mantenimiento

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo adecuado, 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.

Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se pueden producir consumos excesivos de energía. Por ello, se debe establecer un programa regular de mantenimiento que incluya los siguientes puntos:

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.

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. Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema

experto, el objetivo es obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra, reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos como medidas principales. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

Normalmente, el sistema de gestión está compuesto por un ordenador y un *software* de gestión. No obstante, el elemento del programa debe ser siempre el operador o persona encargada de la gestión energética.

BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

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

Uno de los resultados más inmediatos de la instalación de un sistema de gestión es la disminución del consumo de energía, obteniéndose unos ahorros que oscilan entre el 10% y el 30%.

1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE

El 16 de diciembre de 2002 se aprobó la Directiva 2002/91/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, con el objeto de fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad Europea. De esta manera, se pretende limitar el consumo de energía y, por lo tanto, de las emisiones de dióxido de carbono del sector de la vivienda y de los servicios. Este sector, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe el 40% del consumo final de energía de la Comunidad Europea.

TABLA 12. Demanda final de energía de la UE por sectores y combustible en 1997 (Mtep).

Demanda final de energía por sectores y combustibles	Edificios (vivienda+terciario)	Demanda final total de energía	Industria	Demanda final total de energía	Transporte	Demanda final total de energía	TOTAL	Demanda final total de energía
Combustibles sólidos	8,7	0,9%	37,2	4,0%	0,0	0,0%	45,9	4,9%
Petróleo	101	10,8%	45,6	4,9%	283,4	30,5%	429,9	46,2%
Gas	129,1	13,9%	86,4	9,3%	0,3	0,0%	215,9	23,2%
Electricidad (14% procedente de energías renovables)	98	10,5%	74,3	8,0%	4,9	0,5%	177,2	19,0%
Calor derivado	16,2	1,7%	4,2	0,5%	0,0	0,0%	20,4	2,2%
Energías renovables	26,1	2,8%	15	1,6%	0,0	0,0%	41,1	4,9%
TOTAL	379,04	40,7%	262,72	28,2%	288,6	31,0%	930,4	100,0%

Fuente: "Energy in Europe - European Union Energy Outlook to 2020". Comisión Europea.

Los requisitos de eficiencia energética que se establezcan en cada país tendrán en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación entre el coste y la eficacia en cuanto a ahorro energético de las medidas que se exijan. Esta Directiva establece requisitos en relación con:

- El marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada en los edificios.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
- La certificación energética de edificios.
- La inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de las instalaciones de calefacción con calderas de más de 15 años.

En los edificios con una superficie útil total de más de 1.000 m², la Directiva establece que se considere y se tenga en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como:

- Sistemas de producción de energía basados en energías renovables.
- Sistemas de cogeneración (aporte de calor para ACS y climatización, generación y venta eléctrica).
- Calefacción o refrigeración central o urbana, cuando ésta esté disponible.
- Bombas de calor, en determinadas condiciones.

Para las construcciones existentes, la Directiva establece que se han de tomar las medidas necesarias para que, cuando se efectúen reformas importantes en edificios con una superficie útil total superior a 1.000 m², se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.



Foto 11. Paneles solares.

1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética

La Directiva establece que cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se ponga a disposición del propietario, o por parte del propietario a disposición del posible comprador o inquilino, un certificado de eficiencia energética. Este certificado tendrá una validez máxima de 10 años.

El certificado de eficiencia energética de un edificio ha de incluir valores de referencia, como la normativa vigente, y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio. El certificado ha de ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.



Foto 12. Control domótico.



Foto 13. Plegadora.

1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado

La Directiva exige que se establezcan inspecciones periódicas de las calderas que utilicen combustibles no renovables, líquidos o sólidos, y tengan una potencia nominal efectiva comprendida entre 20 y 100 kW.

Las calderas con una potencia nominal de más de 100 kW se han de inspeccionar al menos cada dos años. Para las calderas de gas, este período podrá ampliarse a cuatro años.

Para calefacciones con calderas de una potencia nominal superior a 20 kW y con más de 15 años de antigüedad, se ha de establecer una inspección única de todo el sistema de calefacción. A partir de esta inspección, los expertos asesorarán a los usuarios sobre la sustitución de la caldera, sobre otras modificaciones del sistema de calefacción y sobre soluciones alternativas.

En las instalaciones de aire acondicionado, se realizará una inspección periódica de los sistemas con una potencia nominal efectiva superior a 12 kW.

La inspección incluirá una evaluación del rendimiento del aire acondicionado y de su capacidad comparada con la demanda de refrigeración del edificio. Se asesorará a los usuarios sobre la sustitución del sistema de aire acondicionado, las mejoras que se pueden aportar o las soluciones alternativas.

Esta Directiva establecía la obligatoriedad por parte de los Estados Miembros de dar cumplimiento a esta Directiva antes del 4 de enero de 2006.

1.4. Conclusiones

El beneficio empresarial es el objetivo de toda actividad económica privada. 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 de la empresa a medio y largo plazo.

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos para lograr reducir los costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que se debe actuar para conseguir mayor eficacia en esta tarea. Por ello, en el sector de artes gráficas se debe tener en cuenta que estamos sometidos a elevados consumos energéticos. El ahorro energético que se puede conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad de la empresa y, a su vez, a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por la actividad.

Este capítulo recoge, aunque sea de un modo superficial e intentando evitar complicaciones técnicas excesivas, la idea de que un estudio pormenorizado de los consumos energéticos indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la mayor efectividad con el menor esfuerzo económico. **Esto se conseguirá con la realización de una Asesoría Energética.**

Las actuaciones recomendadas en este capítulo se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones (comerciales o no) y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y un Plan de Gestión Estratégica.

Parece una obviedad el recomendar antes de nada una revisión de la factura eléctrica, pero es fundamental conocer el punto de partida para establecer un objetivo. Y ese objetivo tiene una sola finalidad: el ahorro. Las necesidades varían a lo largo de la vida empresarial y es muy probable que una atenta revisión permita una selección de la tarifa más adecuada para el momento actual, que no tiene por qué ser la misma que la que se seleccionó al inicio de la actividad empresarial. Por otra parte, el consumo diario no es constante a lo largo de la jornada, por lo que el componente horario determinará las necesidades reales en cada momento del día. Una adecuada asesoría tarifaria ayudará en la detección de oportunidades de ahorro. El ahorro producido por una adecuada selección tarifaria es inmediato y se notará en la primera factura.

No hay que olvidar que la instalación y, por tanto, el entorno, debe ser el adecuado para los servicios prestados y la potencia contratada. En consecuencia, debe responder a las necesidades, buscando siempre la eficiencia energética en las instalaciones. Dicha eficiencia proporcionará ahorros que, sumados a los conseguidos con una adecuada selección tarifaria, rebajarán de modo ostensible los costes energéticos. Hay que tener en mente una máxima: la energía más barata es la que no se consume.

Además, el uso de otras posibilidades, como la energía solar térmica o la microcogeneración, puede ser una opción interesante para incrementar el suministro de manera rentable reduciendo los daños medioambientales.

Por otra parte, un adecuado estudio termográfico permitirá incrementar la seguridad y la prevención y, además, se evitarán las averías antes de que éstas se

producen y, con ello, las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas y sobre los equipos e instalaciones térmicas. Con ello, se evitan costes de oportunidad, se aumenta la eficiencia y se consiguen ahorros.

En cualquier caso, se han presentado sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en la factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Por ello, Endesa identifica minuciosamente a cada uno de sus clientes y establece con ellos una relación de compromiso en la que la versatilidad de su gama de productos es la clave fundamental para ofrecer el servicio que necesiten. En este sentido, una Asesoría Energética es el vehículo más adecuado para conocer las necesidades del cliente y las posibilidades de mejora que ENDESA pone a su disposición. Esta inquietud por la realización de Asesorías Energéticas es compartida por el propio Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que establece subvenciones para la promoción y realización de las mismas, así como para la implantación de las mejoras propuestas en ellas.

ENDESA propone hacer uso de esas ayudas económicas para la realización de la Asesoría Energética y la puesta en marcha de las mejores consecuencias de ese estudio. Dichas mejoras (algunas posibilidades han sido introducidas en este capítulo) significarán de manera inmediata el ahorro en los costes energéticos de la empresa y, con ello, la mejora de la cuenta de resultados y el incremento del beneficio.

2.1. Introducción

En cualquier edificio, la envolvente del mismo condiciona su consumo energético.

La orientación, la distribución de los huecos en fachada y en cubierta, y su tratamiento, la compacidad¹, las características de los cerramientos, etc., son los elementos que definirán el intercambio de energía entre el interior y exterior del edificio.

Cuanto mayor sea esta diferencia entre las condiciones de temperatura y humedad entre el interior y el exterior, mejor deberá ser el aislamiento del edificio. Las aberturas orientadas al sur permiten la entrada de luz natural para el alumbrado y es fácil controlar la incidencia de los rayos solares, perjudicial en verano, pero positiva en invierno.

El diseño de un edificio está condicionado, en primer lugar, por la normativa urbanística y la forma y topografía de la parcela en la que se va a construir. En segundo lugar están las necesidades que ha de cubrir el edificio en cuanto a la tipología de los espacios que necesita y su volumen. Después aparecen otros factores, como la imagen que se quiere proyectar, y, dependiendo del equipo de trabajo y la propiedad, los criterios de sostenibilidad que, en el desarrollo de este capítulo, son a los que más atención se va a prestar.

Como en cualquier edificio, el correcto aislamiento de las fachadas, la distribución de huecos y elementos de sombreado para limitar la incidencia de la radiación solar, la utilización de fachadas ventiladas o el uso de cerramientos

¹ La compacidad es la relación entre el volumen del edificio y el área de transmisión térmica de la envolvente. $c=V/At$ [m].

"pesados" con aislamiento exterior, que aumenten la inercia térmica del edificio, son estrategias a considerar en todas las fases del diseño.

El caso de la industria de las artes gráficas presenta condicionantes muy específicos en el diseño del edificio en cuanto a los espacios que necesita y sus características (superficie, altura, ventilación, condiciones termohigrométricas, etc.), que varían de una planta de impresión a otra en función de los productos que trabajen.

Los espacios principales a tener en cuenta, por ser los de mayor tamaño, son: el almacén de papel, la sala de impresión y, según a la industria a la que nos refiramos, la sala de expediciones, también llamada "Cierre".

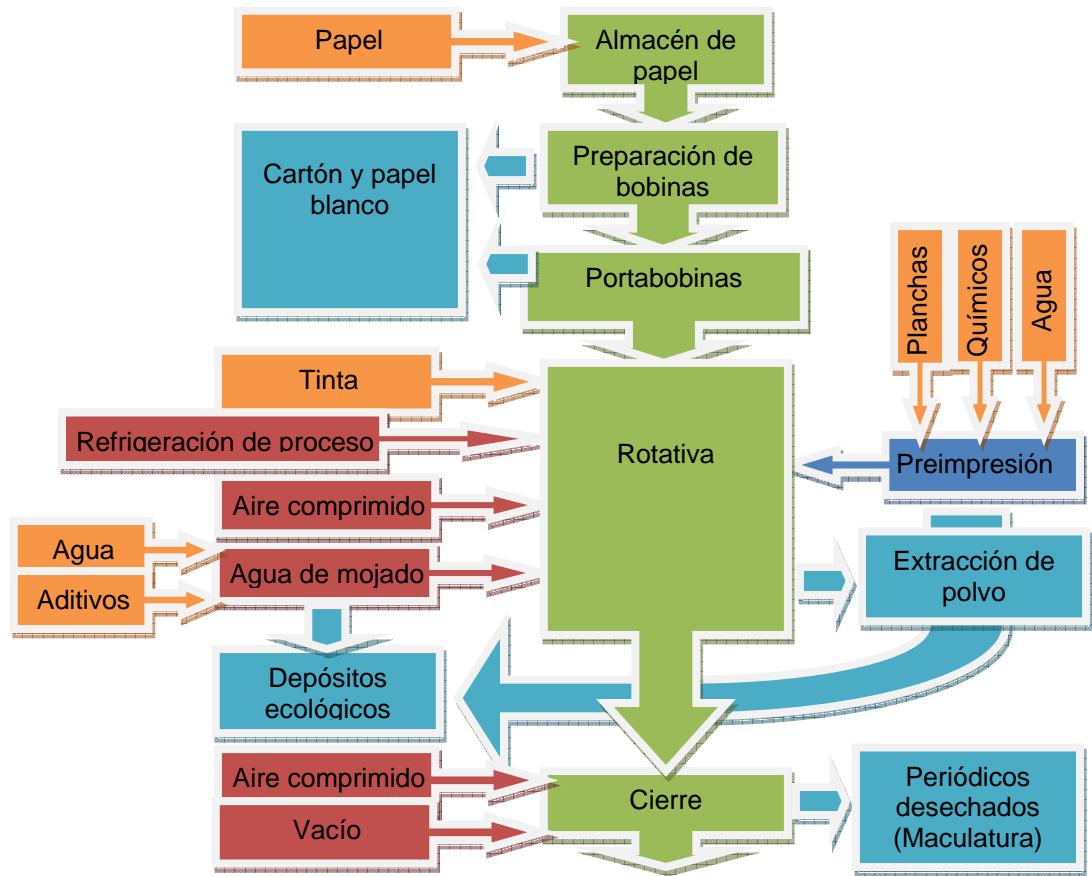
Dentro del mundo de las artes gráficas cabe diferenciar dos sectores: las plantas de prensa diaria (periódicos) y las plantas comerciales (revistas, publicidad y libros). Cada uno presenta unas particularidades que se reflejan en el tipo de edificio que necesitan para trabajar.

En estas plantas, y en especial la sala de impresión o nave de rotativas, debe tenerse en cuenta que son zonas excedentarias de calor y que, en muchos casos, para cumplir con las prescripciones de los fabricantes de la maquinaria, necesitan refrigeración para su funcionamiento, independientemente de la época del año.

En ambos sectores existe un flujo constante de energía, fluidos y materiales de una zona a otra, que se deben tener en cuenta al realizar la distribución de los espacios, como se verá más adelante. La Fig. 1 ilustra el flujo de trabajo típico de una rotativa de prensa

2.2. Plantas de prensa diaria

Los espacios principales de estos edificios van a determinar en gran parte la geometría del conjunto. Son: la sala de impresión, el almacén de papel y el cierre.



Verde = Proceso Principal de Impresión – Rojo = Procesos Secundarios – Azul = Residuos – Naranja = Materias Primas

Figura 1. Esquema simplificado del proceso de impresión en una planta de prensa.

2.2.1. Sala de impresión

Los condicionantes de estas salas son:

- ✿ En la impresión de periódicos se emplean rotativas offset con distintas configuraciones, cuya característica más significativa es la altura que alcanzan, que, sumada a la necesidad de un puente grúa para poder mover los distintos componentes de la rotativa tanto durante su montaje como en

algunas operaciones de mantenimiento, dan como resultado alturas útiles en estas naves superiores a 20 m.



Foto 1. Vista de la sala de impresión.

- ✿ El proceso de impresión requiere unas condiciones controladas de humedad (entre 50% y 60%) y temperatura (entre 19 °C y 27 °C), las cuales se deben mantener en los dos niveles que suelen tener estas salas: portabobinas y

unidades de impresión. Aunque ambos recintos están separados por algún tipo de forjado, hay múltiples huecos que los unen para el paso de papel e instalaciones y acceso de operarios.

- En el nivel de portabobinas, la carga térmica de maquinaria es relativamente pequeña, mientras que en el de impresión esta carga es muy importante, hasta el nivel de que cuando la rotativa está funcionando es necesario dar refrigeración, independientemente de la estación del año, para cumplir con los requisitos demandados por los fabricantes.

Es decir, son salas muy altas, con una importante carga térmica y que deben climatizarse.

El volumen de la sala deberá reducirse al imprescindible para albergar la maquinaria y sus instalaciones auxiliares con los espacios de mantenimiento precisos. Hacer las salas más grandes aumenta las superficies de intercambio térmico con el exterior y el volumen de aire a climatizar. Tampoco se deben hacer demasiado pequeñas, de modo que el mantenimiento se pueda realizar de forma adecuada. Un mal mantenimiento, a la larga, aumenta el consumo de los equipos.

Las siguientes estrategias contribuyen al ahorro energético en estas salas:

- Favorecer una zona de estratificación desde el nivel superior de la rotativa hasta el techo. Esta zona, de entre dos y tres metros, incluye el espacio útil para el puente grúa.
- Combatir la estratificación en la zona útil, retornando el aire de la parte superior e impulsando en la inferior.
- Disponer de *free-cooling*² en las unidades de tratamiento de aire, pues durante buena parte del año, se podrá utilizar, especialmente cuando estas plantas funcionan muchas horas de noche.

² El *free-cooling* consiste en refrigerar utilizando el aire exterior, cuando las condiciones de éste sean más favorables que las del interior de la nave.

- La apertura de lucernarios y ventanas en la parte alta de la nave, siempre que se evite la radiación solar directa sobre la rotativa, es una fuente de luz natural que puede hacer innecesario encender el alumbrado durante el día.
- Si los lucernarios se hacen practicables automáticamente, permiten la evacuación del exceso de calor y es una buena estrategia para expulsar el aire durante el free-cooling, evitando la instalación de un ventilador de retorno en las unidades de tratamiento de aire.

En los siguientes apartados, se comentarán las diferentes instalaciones auxiliares que una rotativa necesita para funcionar.

2.1.1.1. Sala de tintas

En esta sala se almacena la tinta utilizada en el proceso de impresión. Habitualmente, se utilizan depósitos móviles que se van sustituyendo cuando se van vaciando, aunque en algunas plantas, con grandes tiradas, se emplean también depósitos fijos.

Para facilitar la carga y descarga de los depósitos fijos, la sala debe instalarse al nivel de la zona de carga y descarga, de modo que con una transpaleta puedan llevarse desde el camión hasta la sala sin necesidad de utilizar elevadores. También se ubicará cerca de la rotativa para minimizar la energía empleada en el bombeo de la tinta.

Esta sala debe mantenerse a una temperatura en torno a 28 °C para que la tinta tenga una fluidez adecuada para su utilización y transporte por tuberías hasta los tinteros. También debe tener ventilación para controlar la concentración de los compuestos volátiles orgánicos (VOC) que libera la tinta, especialmente cuando ésta es del tipo *heat-set*, por lo que debe disponer de fácil acceso al exterior.

Como estrategia de ahorro energético, se puede disponer la sala de compresores junto a la de tintas y evacuar el aire caliente de aquellos a través de

ésta, con la doble función de calefacción y ventilación. Dado que los compresores no están funcionando permanentemente, la sala debe contar con otros medios de calefacción y ventilación capaces de mantener por sí mismos las condiciones de temperatura y calidad de aire.

Para evitar la pérdida de calor durante la sustitución de los depósitos vacíos por otros llenos, se preverá una zona intermedia entre el exterior y la sala de tintas. En la Fig. 2 se muestra un esquema con la distribución propuesta.

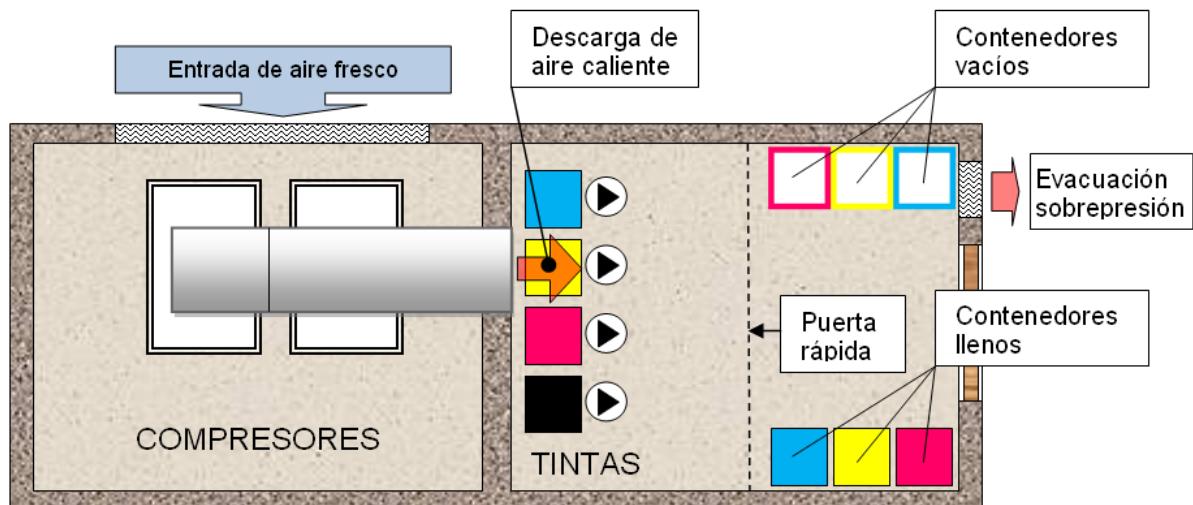


Figura 2. Esquema de sala de tintas y sala de compresores.

2.1.1.2. Cuadros eléctricos y UPS

Hoy en día, las rotativas llevan cada vez más electrónica, lo que obliga a refrigerar la sala donde se alojan los cuadros eléctricos para evitar que un exceso de temperatura haga saltar alguna protección.

Disponer estos cuartos con una de sus paredes hacia el exterior permite instalar un sistema de ventilación con un ventilador que impulse aire exterior cuando las condiciones de éste sean favorables y una ventilación, natural o forzada, para

evacuar el aire caliente, puede sustituir durante bastantes horas al año a los equipos de refrigeración, con un consumo eléctrico muy inferior.

2.1.1.3. Sala de control

Esta sala debe situarse de modo que tenga visión directa de la plegadora, la parte de la rotativa por la que sale el periódico impreso. Para reducir la longitud de las cadenas que transportan el periódico al cierre y reducir la energía necesaria para este transporte, esta sala debe situarse entre la sala de impresión y el cierre, preferiblemente con visión de ambos.

Esta es la única sala asociada a la rotativa que cuenta con puestos de trabajo permanentes, por lo que debe climatizarse. En esta sala, dado que suele ser totalmente interior, es preciso dar refrigeración durante todo el año, lo que permite implementar algún tipo de *free-cooling*.

La tendencia actual es instalar en el interior de esta sala el equipamiento de preimpresión para reducir la distancia entre los equipos generadores de planchas y la rotativa. Estos equipos (*Computer to Plate*) necesitan condiciones interiores similares a los de las salas de proceso de datos (CPD) y una evacuación de los gases que generan los productos que se utilizan en el procesado de las planchas.

2.2.2. Almacén de bobinas

Las plantas de impresión tienen que tener una capacidad de almacenamiento de bobinas de papel que les permita cubrir la impresión durante varias semanas. Este almacenamiento se suele hacer por estibación o, en las plantas más grandes, en almacenes automáticos. En ambos casos, no se climatiza, aunque en climas fríos es recomendable un atemperamiento para que la temperatura mínima no baje de 8 °C.

El almacén debe disponer de un acceso desde la calle para la recepción de bobinas y de un acceso interior al nivel de portabobinas de la nave de impresión. En el camino entre el almacén y los portabobinas debe existir un espacio para preparar las bobinas antes de introducirlas en el proceso de impresión. Con estas

premises básicas, este espacio debe situarse, siempre que sea posible, en la fachada con orientación más desfavorable, de modo que proteja otros espacios climatizados de las condiciones exteriores.

La instalación de lucernarios permitirá reducir las necesidades de alumbrado durante el día. Hacer éstos practicables ayudará a ventilar la nave durante el verano, evacuando el calor estratificado en los niveles superiores.

En muchos casos, es obligatoria la instalación de exitorios en estas naves. Estos elementos pueden cubrir las necesidades de ventilación y luz natural, a la vez que cumplen su función de elemento de control de humos en caso de incendio.

2.2.3. Cierre

En este espacio se añaden al periódico los encartes y se hacen los paquetes para la distribución a los puntos de venta. Este espacio necesita calefacción en invierno y refrigeración en verano.



Foto 2. Ventanas de salida del cierre.

Durante la impresión del periódico, las ventanas de salida de paquetes para la carga de furgonetas están abriéndose constantemente, permaneciendo abiertas mientras dura la carga. Para reducir las pérdidas de energía por estos huecos, se recomienda instalar cortinillas de plástico y, en climas muy fríos, poner túneles de salida, con cortinillas en ambos extremos, como se observa en la parte derecha de la Foto 2.

En esta nave es también aplicable el alumbrado con luz natural por medio de lucernarios.

2.3. Plantas comerciales

En estas plantas es habitual que el cierre esté integrado dentro de la misma sala de impresión, mientras que las exigencias del almacén de papel son iguales a las de las plantas de impresión de prensa diaria.

En este tipo de plantas la impresión se hace con máquinas planas o con rotativas, alimentadas por un único portabobinas y con los cuerpos situados en línea, de modo que la altura de las naves es significativamente más baja que en las tratadas anteriormente. El uso de tintas de tipo *heat-set* hace necesario que los pliegos impresos pasen por un horno para conseguir el correcto acabado del trabajo.

Dentro de una misma nave suelen instalarse varias máquinas, las cuales comparten el espacio con sus equipos auxiliares y otros equipos, como los de cierre.

Dado que las condiciones de temperatura y humedad que precisan las máquinas de impresión son más exigentes que en el resto de la nave, y que los hornos en funcionamiento evacúan grandes volúmenes de aire, llevándose el aire tratado al exterior, es recomendable la instalación de estas máquinas en "urnas", lo que limita el volumen de aire a tratar y, además, aísla a los operarios del ruido que generan durante su funcionamiento.

Una vez aisladas las máquinas de impresión, los criterios de ahorro energético a aplicar son los mismos que los que se utilizan en el cierre de las plantas de prensa diaria.

Por último, comentar que tanto la sala de tintas como la de UPS son iguales a las de las plantas de prensa diaria. Los cuadros eléctricos de la maquinaria de impresión suelen estar junto a ésta.

3.1. Introducción

El agotamiento de las fuentes de energía no renovables, el ahorro monetario o el cuidado del medio ambiente son algunas de las razones por las que comenzamos a familiarizarnos con el término eficiencia energética, pero, ¿de qué se habla exactamente cuando se utiliza esta expresión? De algo tan sencillo como de la adecuada administración de la energía y, en consecuencia, de su ahorro.



La energía es algo que utilizamos a diario y constantemente desde que nos levantamos hasta que nos acostamos, pero raramente pensamos en cómo administrarla, no sólo para ahorrar dinero, sino también para ayudar al medio ambiente. Y es que se debe tener claro que es la propia naturaleza la que más caro pagará todos nuestros derroches energéticos, sobre todo si se considera que un pequeño porcentaje de la energía utilizada en España proviene de fuentes renovables.



Resulta prioritario pues, reducir esta dependencia económica del petróleo y de combustibles fósiles, ya que se trata de fuentes que, poco a poco, se agotan y, para ello, hay dos soluciones: potenciar el uso de fuentes alternativas y renovables y, aún más importante, aprender a usar eficientemente la energía, cuestión en la que todos tenemos igual responsabilidad. El ahorro de energía se puede conseguir en cualquiera de las actividades diarias y, además, hoy día hay muchos adelantos tecnológicos orientados a este fin que han obtenido

buenos resultados. Se calcula que, desde 1970, se ha consumido un 20% menos de energía para generar los mismos bienes.

Debido al cambio climático, el aumento del precio de la energía, la escasez de recursos naturales y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (entre las que se encuentran las de CO₂), todos ellos problemas clave de nuestros días, se consideró necesario marcar unos objetivos por países, dentro del protocolo de Kyoto. Actualmente, las emisiones de CO₂ en España se encuentran a unos niveles muy alejados de los necesarios para poder alcanzar el objetivo prefijado en Kyoto para el año 2012.

La industria del alumbrado posee la tecnología necesaria para conseguir ahorros energéticos y reducciones muy significativas de las emisiones de CO₂. Cambiando a sistemas de alumbrado energéticamente más eficientes, se pueden obtener importantes ahorros en los costes de mantenimiento de las instalaciones. Las ventajas, por tanto, son muchas, tanto desde el punto de vista medioambiental como financiero.

3.2. Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre la eficiencia energética

Dados los efectos cada vez más alarmantes producidos por el cambio climático y la preocupación actual por el medio ambiente y su futuro, los gobiernos de la mayor parte de los países, y en concreto la Unión Europea, han redactado una serie de directivas, códigos, leyes, reglamentos y normas para acomodar el consumo excesivo de los escasos recursos a las verdaderas necesidades, evaluando, limitando y primando el empleo de fuentes de energía alternativas y, sobre todo, renovables. Por otro lado, los fabricantes de aparatos que consumen energía investigan y desarrollan cómo reducir los consumos manteniendo las prestaciones de sus productos.

No debe olvidarse que, en paralelo con este deseo de ahorrar energía, coexiste una obligación, que es la de conseguir satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo los niveles suficientes, sino también la satisfacción de todos aquellos parámetros que

contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los distintos lugares a iluminar.

3.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)

El Consejo de Ministros, mediante el Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, aprobó el Código Técnico de la Edificación (CTE), marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones.

El auge de la construcción en los últimos años y en décadas anteriores no siempre ha alcanzado unos parámetros de calidad adaptados a las nuevas demandas. El punto de inflexión que significó la firma del Protocolo de Kyoto en 1999 y los compromisos más exigentes de la Unión Europea con respecto a las emisiones de CO₂, marcan el desarrollo de una serie de Normativas que están cambiando los parámetros básicos de la construcción.

El CTE se aprueba con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y la sostenibilidad, aumentando la calidad básica de la construcción según se recogía en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE). Además, se han incorporado criterios de eficiencia energética para cumplir las exigencias derivadas de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de edificios.

A través de esta Normativa, se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

Esta nueva Norma regulará la construcción de todos los edificios nuevos y la rehabilitación de los existentes, tanto los destinados a viviendas como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural.

Dentro de esta nueva legislación, existen distintas secciones que afectan a la iluminación de los edificios. La más importante se recoge a continuación.

3.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Este es, sin duda, el documento que supondrá un mayor avance en materia de iluminación de las edificaciones. Su ámbito de aplicación son las instalaciones de iluminación de interior en:

- ✿ Edificios de nueva construcción.
- ✿ Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil de más de 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- ✿ Reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo donde se renueve la instalación de alumbrado.

Se excluyen, específicamente:

- ✿ Edificios y monumentos de valor histórico, cuando la aplicación de estas exigencias supongan alteraciones inaceptables para ellos.
- ✿ Construcciones provisionales para menos de 2 años.
- ✿ Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- ✿ Edificios independientes de menos de 50 m².
- ✿ Interiores de viviendas.

Aún en estos casos, se deben adoptar soluciones, debidamente justificadas en el proyecto, para el ahorro de energía en la iluminación. Para la aplicación de esta sección, se establece un procedimiento de verificación que debe incluir:

- ✿ Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (según se explica más adelante).
- ✿ Comprobación de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de luz natural.
- ✿ Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Así mismo, en la memoria del proyecto debe incluirse la siguiente documentación justificativa:

- Para cada zona figura, junto con los cálculos justificativos, la siguiente información: índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, factor de mantenimiento previsto (Fm), iluminancia media mantenida (Em), índice de deslumbramiento unificado (UGR), índice de rendimiento del color (Ra), el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) y las potencias de los conjuntos formados por lámpara más equipo auxiliar.
- Así mismo, para cada zona debe justificarse en la memoria del proyecto el sistema de control y regulación que corresponda.

A continuación, se detalla la caracterización y cuantificación de estas exigencias:

1. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Este valor se define como:

$$\text{VEEI} = \frac{\text{Potencia instalada} \times 100}{\text{Superficie iluminada (m}^2\text{)} \times \text{iluminancia media mantenida}}$$

Las unidades son, por tanto: W/m² por cada 100 Lux.

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. Se entienden por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio.

Analizando los sistemas actualmente utilizados para iluminación de los distintos espacios interiores, en el caso de instalaciones deportivas hay que prestar especial atención a las siguientes zonas:

Zonas de no representación:

- a) Iluminación general de oficinas: en general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 (siempre que sean gama 80 -trifósforo-) como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos. Únicamente determinadas soluciones de luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m² por cada 100 Lux.

Siempre se ha de prestar especial atención a que el alumbrado de acentuación se incluya en el cálculo de eficiencia, aunque no es muy habitual su uso en zonas de no representación.

- b) Zonas comunes: en estas zonas hay que evitar el uso abusivo de lámparas halógenas (para iluminación general), ya que harían imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. En caso de utilizar este tipo de lámparas, se debe hacer para aportar luz de acentuación en puntos concretos y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles.

Zonas de representación:

En general, los niveles de eficiencia exigidos para las zonas de no representación se consiguen con cierta facilidad, siempre que el alumbrado no se base en lámparas incandescentes o halógenas estándar. Este tipo de iluminación es todavía habitual en determinadas oficinas, galerías de exposiciones, pequeños comercios y hoteles. Para aumentar la eficiencia, es importante utilizar lámparas con la mayor eficiencia posible, como las lámparas de bajo consumo.

En los hoteles y hostelería también es habitual la instalación de luminarias de diseño decorativo que incorporan difusores opales de vidrio o tela. Este tipo

de luminarias no se deberá utilizar para hacer la iluminación general, ya que imposibilitará obtener las eficiencias mínimas exigidas. En todo caso, en el interior de estas luminarias, ayudará el sustituir cualquier fuente de luz halógena o incandescente por lámparas fluorescentes compactas.

2. Sistemas de control y regulación

Las instalaciones de iluminación deberán contar con un sistema de regulación y control.

Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, práctica muy habitual en la actualidad, por lo que se tendrá que instalar para cada zona, al menos, un sistema de encendido y apagado manual.

El sistema de control dispondrá, al menos, de detección de presencia o temporización en zonas de uso esporádico, lo que implica la obligación de instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.

Además, los edificios que dispongan de una suficiente iluminación natural tendrán un sistema de regulación en las luminarias más próximas a las ventanas, de manera que se aproveche el aporte de luz natural.

El CTE incluye las fórmulas que permiten calcular en qué tipo de edificios es obligatoria hacer esta regulación en función de la superficie acristalada, respecto a la de la planta del edificio, la trasmisión del cerramiento acristalado y los posibles obstáculos exteriores al edificio, y que proyecten sombras sobre ellos. Se puede concluir que, en la mayoría de las configuraciones de los actuales edificios de oficinas, será necesaria su instalación. Así mismo, en muchos centros comerciales y polideportivos cubiertos, se cuenta hoy en día con el suficiente aporte de luz natural.

Quedan explícitamente excluidas del requerimiento de regulación:

1. Las zonas comunes de edificios residenciales.
2. Las habitaciones de hospitales.
3. Las habitaciones de hoteles.
4. Tiendas y pequeños comercios.

3. Cálculo

Se establece que los parámetros de calidad de la instalación aceptados como mínimos son los que se establecen en la Norma UNE 12464-1, "Iluminación en lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo interiores" y en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos laborales.

Dentro de la Norma UNE 12464-1, hay que prestar especial interés a los valores de deslumbramiento directo (UGR) e indirecto (límite de luminancia en luminarias con flujo hacia el hemisferio inferior; $\text{cd}/\text{m}^2 < 65^\circ$), ya que en las instalaciones actuales estos parámetros de calidad suelen no ser considerados.

Los parámetros mínimos de cálculo que se tienen que obtener para cada zona son:

- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Iluminancia media mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Así mismo, se deberán indicar el índice de rendimiento cromático (R_a) y las potencias de los conjuntos lámparas – equipo auxiliar. El cálculo se puede realizar manualmente o bien mediante ordenador (por ejemplo con el programa Dialux).

4. Productos de la construcción

Se establecen unos valores mínimos de eficiencia de los equipos eléctricos asociados a las lámparas fluorescentes, halógenas de baja tensión y de descarga. Los valores exigidos para fluorescencia son los ya incluidos con anterioridad en el Real Decreto 838/2002 (posteriormente analizado).

Para lámparas de descarga y halógenas de bajo voltaje, se exigen unos niveles inferiores a los que ofrecen algunos fabricantes en equipos convencionales. Utilizar reactancias y transformadores electrónicos garantiza el cumplimiento de este punto, en todos los casos.

5. Mantenimiento y conservación

El CTE obliga a elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación, de manera que se garantice el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y de la eficiencia energética.

Dicho plan contemplará los períodos de reposición de las lámparas, los de la limpieza de luminarias, así como la metodología a emplear. Actualmente, es práctica común hacer un mantenimiento puntual de las lámparas, lo cual impide garantizar las condiciones de calidad de la instalación.

TEXTO OFICIAL DEL B.O.E.

1. Generalidades.

1.1. Ámbito de aplicación.

1.- Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- a) Edificios de nueva construcción.
- b) Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- c) Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

2.- Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) Edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- b) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años.
- c) Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- d) Edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m².
- e) Interiores de viviendas.

3.- En los casos excluidos en el punto anterior, en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

4.- También se excluyen de este ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.

1.2. Procedimiento de verificación.

1.- Para la aplicación de esta sección, debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- a) Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) en cada zona, constatando que no se superan los valores límite consignados en la Tabla 2.1.
- b) Comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación, que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 2.2.
- c) Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento que cumpla con lo dispuesto en el apartado 5.

1.3. Documentación justificativa.

1.- En la memoria del proyecto, para cada zona figurarán, junto con los cálculos justificativos, al menos:

- a) El índice del local (K) utilizado en el cálculo.
- b) El número de puntos considerados en el proyecto.
- c) El factor de mantenimiento (Fm) previsto.
- d) La iluminancia media horizontal mantenida (Em) obtenida.
- e) El índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado.
- f) Los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas.
- g) El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante en el cálculo.
- h) Las potencias de los conjuntos de lámpara más equipo auxiliar.

2.- Así mismo, debe justificarse en la memoria del proyecto, para cada zona, el sistema de control y regulación que corresponda.

2. Caracterización y cuantificación de las exigencias.

2.1. Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI).

1.- La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

The diagram illustrates the formula for Volumetric Energy Efficiency Index (VEEI) as follows:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

Where:

- P la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];
- S la superficie iluminada [m²];
- E_m la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

- 2.- Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los dos grupos siguientes:
- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
 - Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, es preponderante frente a los criterios de eficiencia energética.
- 3.- Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la Tabla 2.1. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

2.2. Sistemas de control y regulación.

- 1.- Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:
- 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.

TABLA 1. Valores límite de eficiencia energética de la instalación.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
I Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
2 Zonas de representación	Recintos interiores asimilables a grupo I no descritos en la lista anterior	4,5
	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Religioso en general	10
	Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

(1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

(2) Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas de clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y salas de manualidades.

(3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

(4) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de exámenes generales, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo, y salas de tratamiento. Sin embargo, quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentistas, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios, y otras salas que, por su actividad, puedan considerarse como salas especiales.

(5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento como de competición, pero no se incluyen las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1.

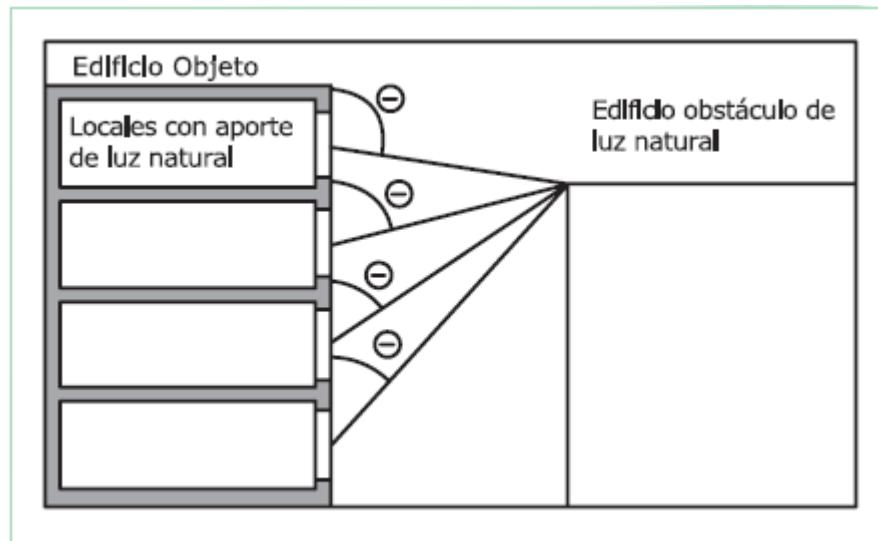
(6) Espacios destinados al tránsito de viajeros, como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de congresos, etc.

(7) Incluye la instalación de iluminación general y de acento. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc., se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

(8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público, como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

(9) Incluye la instalación de iluminación general y de acento de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

- b) Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen el nivel de iluminación en función de su aporte, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos:
- En las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
 - El ángulo θ sea superior a 65° ($\theta > 65^\circ$), siendo θ el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales.

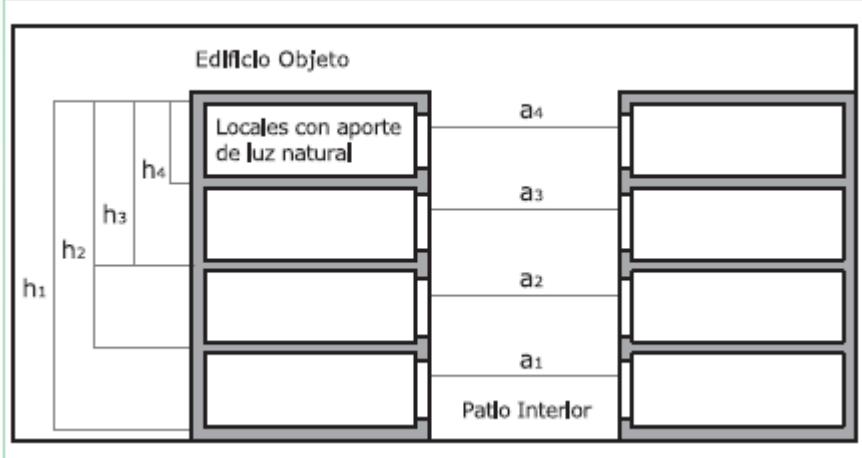


- Se cumpla la expresión $T(Aw/A) > 0,07$ siendo:

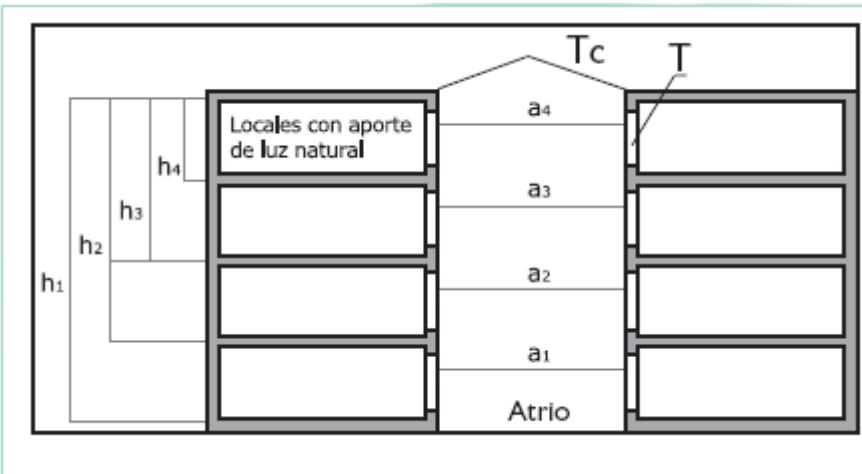
T : coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local, en tanto por uno.

Aw : área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].

A : área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].
- ii) En todas las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
 - En el caso de patios no cubiertos, cuando éstos tengan una anchura (ai) superior a dos veces la distancia (hi), siendo hi la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio y la cubierta del edificio.



- En el caso de patios cubiertos por acristalamientos, cuando su anchura (a_1) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se encuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en tanto por uno.



- Se cumpla la expresión $T(Aw/A) > 0,07$ siendo:

T : coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local, en tanto por uno.

Aw : área de acristalamiento de la ventana de la zona $[m^2]$.

A : área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) $[m^2]$.

Quedan excluidas de cumplir las exigencias de los puntos i e ii anteriores, las siguientes zonas de la Tabla 2.1:

- Zonas comunes en edificios residenciales.

- Habitaciones de hospital.
- Habitaciones de hoteles, hostales, etc.
- Tiendas y pequeño comercio.

3. Cálculo.

3.1. Datos previos.

- 1.- Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:
 - a) El uso de la zona a iluminar.
 - b) El tipo de tarea visual a realizar.
 - c) Las necesidades de luz y del usuario del local.
 - d) Índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura).
 - e) Las reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala.
 - f) Las características y tipo de techo.
 - g) Las condiciones de la luz natural.
 - h) El tipo de acabado y decoración.
 - i) El mobiliario previsto.

- 2.- Podrá utilizarse cualquier método de cálculo que cumpla las exigencias de esta sección, los parámetros de iluminación y las recomendaciones para el cálculo contenidas en las zonas de referencia.

3.2. Método de cálculo.

- 1.- El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el apartado 3.1, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares y luminarias.
- 2.- Se obtendrán, como mínimo, los siguientes resultados para cada zona:
 - a) Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
 - b) Iluminancia media horizontal mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
 - c) Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Así mismo, se incluirán los valores del índice de rendimiento de color (Ra) y las potencias de los conjuntos de lámpara más equipo auxiliar utilizado en el cálculo.

3.- El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo, como mínimo, los resultados mencionados en el punto 2 anterior. Estos programas informáticos podrán establecerse, en su caso, como Documentos Reconocidos.

4. Productos de construcción.

4.1. Equipos.

1.- Las lámparas, equipos auxiliares, luminarias y resto de dispositivos, cumplirán lo dispuesto en la normativa específica para cada tipo de material. Particularmente, las lámparas fluorescentes cumplirán con los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

2.- Salvo justificación, las lámparas utilizadas en la instalación de iluminación de cada zona tendrán limitadas las pérdidas de sus equipos auxiliares, por lo que la potencia del conjunto de lámpara más equipo auxiliar no superará los valores indicados en las Tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Lámparas de descarga

Potencia total del conjunto (W)			
Potencia Nominal de lámpara (W)	Vapor de mercurio	Vapor de sodio de alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	—
70	—	84	84
80	92	—	—
100	—	116	116
125	139	—	—
150	—	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277 (3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

NOTA: Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

Tabla 3.2 Lámparas halógenas de baja tensión

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

4.2. Control de recepción en obra de productos.

- 1.- Se comprobará que los conjuntos de las lámparas y sus equipos auxiliares disponen de un certificado del fabricante que acredite su potencia total.

5. Mantenimiento y conservación.

- 1.- Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación VEEI, se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo, en ambas, la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

NORMAS DE REFERENCIA

1. Parámetros de iluminación.

- 1.- A efectos del cumplimiento de las exigencias de esta sección, se consideran aceptables los valores de los distintos parámetros de iluminación que definen la calidad de las instalaciones de iluminación interior, dispuestos en la siguiente Normativa:
 - a) UNE 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores. (Véase siguiente apartado)
 - b) Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la Norma UNE 12464, y ha sido elaborada en virtud de lo dispuesto

en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, y en la disposición final primera del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, que desarrollan la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- c) Norma UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.

2. Recomendaciones.

- 1.- UNE 72112 Tareas visuales. Clasificación.
- 2.- UNE 72163 Niveles de iluminación. Asignación de Tareas.

3.2.2. Norma UNE 12464-1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores

En el ámbito de la Unión Europea, el Parlamento y el Consejo redactaron y publicaron en el año 2002 la Directiva 2002/91/CE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, de aplicación obligatoria en los países miembros (entre los cuales se encuentra España), una vez transcurrido el período transitorio de adecuación correspondiente.

Esta Directiva impulsa la consecución de la mayor eficiencia energética posible en todas y cada una de las instalaciones que concurren en un edificio, entre las cuales se encuentra la iluminación. Tal y como se indica en sus capítulos, se trata de reducir los consumos excesivos de energía hasta en un 22%, obligando a la adopción de medidas de ahorro y recuperación energética, y se aconseja la sustitución de ciertas fuentes de energía escasas y contaminantes por otras renovables y menos agresivas con el medio ambiente.

Inmersos en el cumplimiento de dicha Directiva, en nuestro país se están desarrollando múltiples esfuerzos enfocados a la consecución de dicha mejora energética en las instalaciones de alumbrado, constituyendo, de este modo, una seria y responsable respuesta a las peticiones que surgen de todos los ámbitos de la sociedad.

Pero no debe nunca olvidarse que, en paralelo con este deseo de ahorrar energía, coexiste una obligación, que es la de conseguir satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo los

niveles suficientes, sino también la satisfacción de todos aquellos parámetros que contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los lugares de trabajo.

Afortunadamente, en septiembre de 2002, se aceptó la redacción, por parte de la Comisión de Normalización Europea, de la Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior", por lo que, a finales de mayo de 2003, han tenido que ser retiradas todas aquellas normas nacionales que pudieran entrar en conflicto con la nueva Norma.

Esta nueva Norma, a la que debe acudirse en el origen de todos los proyectos de iluminación para lugares de trabajo en interiores, recomienda el cumplimiento no sólo cuantitativo, sino cualitativo, de dos aspectos de la tarea visual que se resumen brevemente:

- Confort visual.
- Rendimiento de colores.

Dentro del confort visual, estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz o, incluso, el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

En un aspecto más materialista, se describe, de modo muy detenido, la importancia de la utilización de factores de mantenimiento correctos a emplear en las instalaciones de alumbrado, teniendo en cuenta las pérdidas propias de envejecimiento de los componentes o el ensuciamiento de sus superficies ópticas.

Pero lo que de verdad introduce una novedad notable, por lo que significa de mejora para el usuario de las instalaciones, es el aspecto relativo al rendimiento de colores.

Como todo el mundo probablemente conoce, existen una serie de fuentes de luz, masivamente empleadas en la iluminación de interiores por razones exclusivamente crematísticas, que no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta Norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

Así, por ejemplo, se exige un Ra > 80 en la conocida escala de 0 a 100, para iluminar cualquier tarea visual en salas o recintos en los que la ocupación sea de gran duración o permanente, y no ocasional como podría suceder en corredores o pasillos.

Estas prescripciones, recogidas convenientemente en esta nueva Norma, contribuirán a diseñar y ejecutar instalaciones de iluminación en interiores mucho más "humanas" y protectoras de la calidad de vida y condiciones de trabajo en el quehacer cotidiano.

Cabe pensar que hay que felicitarse porque la Comisión Europea de Normalización y los países de la Unión Europea hayan refrendado los deseos de los usuarios de las instalaciones satisfaciendo sus ya antiguas reivindicaciones en cuanto al tratamiento de los colores y del confort visual, además de la seguridad.

Los requisitos de iluminación se determinan con el fin de satisfacer tres necesidades humanas básicas:

- ✿ Confort visual, en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar. De un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de la productividad.
- ✿ Prestaciones visuales, en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante períodos más largos.
- ✿ Seguridad.

A continuación se muestra una tabla para el caso de actividades industriales y artesanales, en concreto para el caso de imprentas, que podemos usar como referencia para el sector de las artes gráficas:

Tabla de Actividades industriales y artesanales

16. Imprentas					
16.1	Corte, grabado, clichés, placas...	500	19	80	
16.2	Clasificación de papel e impresión	500	19	80	
16.3	Ajustes, retoques, litografía	1000	19	80	
16.4	Inspección de colores	1500	16	90	- Tcp≥5.000 K
16.5	Grabado en acero y cobre	2000	16	80	

Columna 1: recoge el **número de referencia** para cada (área) interior, tarea o actividad.

Columna 2: recoge las **(áreas) interiores, tareas o actividades**, para las que están dados los requisitos específicos. Si el (área) interior, tarea o actividad particular no está recogida, deberían adoptarse los valores dados para una situación similar, comparable.

Columna 3: da la **iluminancia mantenida Em** en la superficie de referencia para el (área) interior, tarea o actividad dada en la columna 2. La iluminancia media para cada tarea no debe caer del valor en tablas para cada área, independientemente de la edad y estado de la instalación. La iluminancia mantenida puede ser disminuida en circunstancias inusuales o aumentada en circunstancias críticas (trabajos de precisión).

Columna 4: cuando los **límites de UGR (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado UGR)** son aplicables a la situación recogida en la columna 2.

Columna 5: proporciona los **índices de rendimiento de colores (Ra)** mínimos para la situación recogida en la columna 2.

Columna 6: se dan avisos y pies de notas para excepciones y aplicaciones especiales para las situaciones recogidas en la columna 2.

3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos

El Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto 208/2005 el 25 de febrero de 2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos, con el que se pretende mejorar el comportamiento ambiental de todos los agentes (productores, distribuidores y usuarios) que intervienen en el ciclo de vida de estos aparatos y, en particular, el de aquellos agentes directamente implicados en la gestión de los residuos derivados.

El Real Decreto incorpora al derecho español las Directivas europeas 2002/96/CE, de 27 de enero de 2003, y la Directiva 2003/108/CE, de 8 de diciembre de 2003.

Establece medidas de prevención desde la fase de diseño y fabricación de los aparatos eléctricos o electrónicos, para limitar la inclusión en ellos de sustancias peligrosas. Estas medidas son exigibles a los aparatos que han salido al mercado desde el 1 de julio de 2006.

También se determina cómo gestionar estos aparatos para minimizar el impacto ambiental de sus residuos, con especial consideración de los procedentes de hogares particulares, por su porcentaje mayoritario en el cómputo total de residuos de estos aparatos. La Norma aprobada establece que los últimos poseedores podrán devolver los aparatos sin coste a los distribuidores o a las entidades locales. Posteriormente, los productores deberán hacerse cargo de ellos y proceder a su correcta gestión, bien directamente o mediante gestores autorizados.

El Real Decreto aprobado, concreta las operaciones de su tratamiento, que deben ajustarse a las mejores técnicas disponibles, en el sentido indicado por la ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación.

En aplicación del principio "quien contamina paga", el productor debe hacerse cargo de los costes de la gestión, incluida la recogida desde las instalaciones de almacenamiento temporal establecidas por los entes locales o desde los distribuidores, de los residuos que se generen tras el uso de los aparatos eléctricos o electrónicos que se hayan puesto en el mercado a partir del 13 de agosto de 2005. A partir de esa fecha, los aparatos que se pusieron en el mercado se marcaron para identificar a su productor y para constatar que habían sido puestos en el mercado después de dicha fecha. Así, se etiquetaron con el símbolo indicativo de la necesaria recogida selectiva y diferenciada del resto de residuos urbanos, según el estándar europeo desarrollado para este fin.

Así mismo, se prevé la financiación de los costes de gestión de los residuos procedentes de productos puestos en el mercado antes del 13 de agosto de 2005. En los aparatos puestos en el mercado a partir de la entrada en vigor del Real Decreto, los productores deberán informar a los usuarios sobre la repercusión de los costes de gestión de los aparatos existentes en el mercado antes de dicha fecha, siendo esta información especificada en la factura. Esta obligación podrá mantenerse hasta el 13 de febrero de 2011, con algunas excepciones en las que puede mantenerse hasta el 13 de febrero de 2013.

De conformidad con lo dispuesto en el RD 208/2005, el fabricante especificará en sus facturas la información relativa a la repercusión en el precio de sus productos de los costes de gestión de los aparatos puestos en el mercado antes del 13 de agosto de 2005, cuando devengan residuos.

Finalmente, se establecen los requisitos técnicos tanto de las instalaciones de recepción, incluso provisionales, como los de las instalaciones de tratamiento de residuos de aparatos eléctricos o electrónicos, y se determina la información que los distintos agentes económicos deben remitir a las Comunidades Autónomas y al Registro de establecimientos industriales de ámbito estatal, así como la que éstos deben enviar al Ministerio de Medio Ambiente para su remisión a la Unión Europea.

Los productores pueden desarrollar su propio sistema de recogida, reciclado y valorización, o realizar este servicio a través de un Sistema Integrado de Gestión (S.I.G.). Philips Alumbrado cuenta con la Asociación sin ánimo de lucro Ambilamp para los residuos de lámparas (www.ambilamp.es) y con la Fundación Eculum para luminarias (www.eculum.es).

3.2.4. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos

Desde el 1 de julio de 2006, son de aplicación las medidas previstas en la Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, también conocida como Directiva RoHS (transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero), medidas que tienen un impacto significativo en las cantidades de sustancias peligrosas emitidas al medio ambiente. Complementa la Directiva RAEE reduciendo las cantidades de materiales potencialmente peligrosos contenidos en productos eléctricos y electrónicos.

Una de las principales consecuencias de la Directiva RoHS es la restricción de aquellos productos que no cumplan con las cantidades de sustancias contaminantes que en esta Directiva se especifican, así como reducir los riesgos en la manipulación de los productos en su ciclo de reciclaje.

Se prohíben las siguientes sustancias en lámparas y equipos:

- Plomo (Pb).
- Mercurio (Hg).
- Cromo hexavalente (Cr VI).

- Cadmio (Cd).
- Bifenilos polibromados (PBB).
- Difeniléteres polibromados (PBDE).

La Directiva RoHS afecta tanto a las lámparas como a los equipos y, conjuntamente con la Directiva RAEE, tiene un impacto significativo en las cantidades de sustancias peligrosas emitidas al medio ambiente. Se ha de tener en cuenta que las lámparas incandescentes y halógenas, a diferencia de la Directiva RAEE, sí están incluidas en RoHS.

La Normativa sobre el mercurio y el plomo contempla algunas exenciones en iluminación, basadas en los niveles que se utilizan actualmente en el sector (ver tabla siguiente relativa a exenciones en iluminación de la Directiva RoHS). La razón es que se requiere algo de mercurio para que las lámparas de descarga en gas funcionen eficientemente, así como la ausencia de alternativas técnicas industriales al plomo en determinadas categorías de producto. Una de las principales consecuencias de la Directiva RoHS es la restricción de los productos de baja calidad.

Sustancia	Aplicaciones	Exención Máx. valor
Mercurio	Compactas Integradas y No Integradas	< 5 mg
	Lámparas fluorescentes rectas (fines generales)	< 10 mg
	Halofosfatos (lámparas estándar)	< 5 mg
	Trifosfatos vida normal (Gama 80)	< 8 mg
	Trifosfatos vida prolongada (Xtra/Xtreme)	Exento
	Fluorescentes para fines especiales	Exento
	Lámparas HID (compactas)	Exento
Plomo	Vidrio de arrancadores y tubos fluorescentes	Exento
	Soldaduras de alta temperatura de fusión ($Pb > 85\%$)	Exento
	Piezas cerámicas electrónicas (por ejemplo, en excitadores)	Exento

3.2.5. Real Decreto 838/2002. Requisitos de eficiencia energética de los balastos para lámparas fluorescentes

El Real Decreto 838/2002, del 2 de agosto, traspone la Directiva 2000/55/CE que fue aprobada en el Parlamento Europeo el 18 de septiembre. Esta Directiva

regula los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

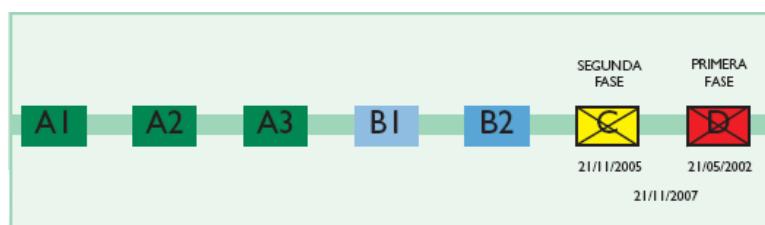
La presente Directiva tiene como objeto reducir el consumo de energía de los balastos para lámparas fluorescentes, abandonando poco a poco aquellos que sean menos eficientes, a favor de balastos más eficientes que permitan, además, un importante ahorro energético.

Esta Directiva se debe aplicar a los balastos de fluorescencia alimentados a través de la red eléctrica. Están excluidos los balastos integrados en lámparas, los balastos que, estando destinados a luminarias, han de instalarse en muebles y los balastos destinados a la exportación fuera de la Comunidad Europea.

Los balastos deber de ir con el marcado "CE". El marcado "CE" habrá de colocarse de manera visible, legible e indeleble en los balastos y en sus embalajes. Es decisión del fabricante incorporar en el balasto una etiqueta indicando el Índice de Eficiencia Energética.

Se define como Índice de Eficiencia Energética, la potencia máxima de entrada del circuito balasto-lámpara. Existen siete niveles de eficiencia que, clasificados de mejor a peor, son:

- A1, electrónicos regulables.
- A2, electrónicos de bajas pérdidas.
- A3, electrónicos estándar.
- B1, electromagnéticos de muy bajas pérdidas.
- B2, electromagnéticos de bajas pérdidas.
- C, electromagnéticos de pérdidas moderadas.
- D, electromagnéticos de altas pérdidas.



Esta última es función de la potencia de la lámpara y del tipo de balasto. Por lo tanto, la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara para un tipo de balasto determinado, se define como la potencia máxima del circuito balasto-lámpara con distintos niveles para cada potencia de lámpara y para cada tipo de balasto.

Para calcular la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara de un tipo determinado de balasto, habrá que situarlo en la categoría adecuada de la lista siguiente:

<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>
1	Balasto para lámpara tubular
2	Balasto para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balasto para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balasto para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balasto para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balasto para lámpara de tipo 2 D

En el siguiente cuadro se establece la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara expresada en W:

Potencia de lámpara (W)			CLASE						
	50 Hz.	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
GRUPO I	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
GRUPO 4	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
GRUPO 4	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
GRUPO 4	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	>18
	13	12,5	8	14	16	17	19	21	>21
	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
GRUPO 4	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
GRUPO 4	10	9	6,5	11	13	14	16	18	>18
	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
	21	19	12	22	24	27	29	31	>31
	28	25	15,5	29	31	34	36	38	>38
	38	34	20	38	40	43	45	47	>47

En las tablas anexas se muestra, de forma rápida y sencilla, cómo comprobar la potencia total del sistema (lámpara + balasto). La primera columna indica el tipo de lámpara, mientras que las dos siguientes indican el consumo de la lámpara, bien trabajando a 50 Hz o bien trabajando con balasto de alta frecuencia. Las columnas con las distintas clases de balastos indican el consumo total del sistema (lámpara + balasto). Para los balastos de clase A1, A2 y A3, se toma como potencia de la lámpara los datos de la columna HF y, para el resto de clases, los de la columna 50 Hz.

Potencia de lámpara (W)			CLASE						
	50 Hz.	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TL-D	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
PL-L	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
PL-F	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
PL-C	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	>18
	13	12,5	8	14	16	17	19	21	>21
	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
PL-T	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
PL-Q	10	9	6,5	11	13	14	16	18	>18
	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
	21	19	12	22	24	27	29	31	>31
	28	25	15,5	29	31	34	36	38	>38
	38	34	20	38	40	43	45	47	>47
PL-S	5	4,5	4	7	8	10	12	14	>14
	7	6,5	5	9	10	12	14	16	>16
	9	8	6	11	12	14	16	18	>18
	11	11	7,5	14	15	16	18	20	>20
TL-MINI	4	3,4	3,5	6	7	9	11	13	>13
	6	5,1	4	8	9	11	13	15	>15
	8	6,7	5	11	12	13	15	17	>17
	13	11,8	8	15	16	17	19	21	>21
TL-E	22	19	12	22	24	28	30	32	>32
	32	30	18,5	35	37	38	40	42	>42
	42	32	19,5	37	39	46	48	50	>50

Para las lámparas que trabajan únicamente con balastos electrónicos de alta frecuencia, se utiliza la siguiente tabla:

	Potencia de lámpara (W)	CLASE						
		HF	A1	A2	A3	B1	B2	C
TL-5	14	9,5	17	19				
	21	13	24	26				
	24	14	26	28				
	28	17	32	34				
	35	21	39	42				
	39	23	43	46				
	49	29	55	58				
	54	31,5	60	63				
	80	47,5	88	92				
TL-5 CIRCULA	22	14	26	28				
	40	24	45	48				
	55	32,5	61	65				

3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado

La luz es una necesidad humana elemental y una buena luz, por lo tanto, es esencial para el bienestar y la salud.

La iluminación debe servir a tres objetivos fundamentales:

- Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.



Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las tareas y actividades que se desarrollen. Aplicando criterios de calidad

adecuados al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, se obtendrán los resultados de confort visual requeridos, garantizando la máxima eficiencia energética y, por lo tanto, los mínimos costes de explotación.

En una instalación de alumbrado de una oficina o despacho, podemos encontrar problemáticas específicas, tales como:

- Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, tanto por defecto como por exceso.

Por otro lado, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta eficacia lumínica (lumen/vatio), unidas al uso de sistemas de control y regulación cuando sea posible, y adecuados a las necesidades del espacio a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

Conociendo los requisitos generales del usuario, es posible determinar los criterios de alumbrado para cada uno de los diferentes espacios: pasillos, áreas de mesas de trabajo, salas de reunión, zonas de descanso, etc.



La calidad de la luz

(nivel de iluminación, reproducción de color, temperatura de color y grado de deslumbramiento) ha de ser siempre suficiente para garantizar un rendimiento visual adecuado de la tarea en cuestión. El rendimiento visual de una persona depende de la calidad de la luz y de sus propias "capacidades visuales". En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación.

Los efectos estimulantes de la luz son reconocidos por casi todo el mundo. No sólo los distintos efectos de la luz solar, sino también los efectos de la luz en los entornos cerrados. Existen estudios que sugieren que la luz repercute positivamente en la salud de las personas.

Una iluminación de baja calidad puede requerir un mayor esfuerzo y/o un mayor número de errores o accidentes, con la consiguiente disminución de las capacidades de actuación. Las causas son, con frecuencia, el escaso nivel de iluminación, el deslumbramiento y las relaciones de luminancia mal equilibradas en el lugar, o el consabido parpadeo de los tubos fluorescentes que funcionan con equipos convencionales.

Está demostrado que muchos tipos de errores y accidentes se podrían evitar si se mejorara la visibilidad aumentando el nivel de iluminación, mejorando la uniformidad, evitando deslumbramientos o instalando balastos electrónicos para evitar el efecto estroboscópico o parpadeo.

A continuación, se analizan cuáles son las fases de una instalación de alumbrado en las que se puede ahorrar energía en cantidades muy considerables, analizando detenidamente dónde, cómo y cuándo adoptar las medidas más eficaces para llevar a la práctica la consecución del ahorro deseado.

3.3.1. Fase de proyecto

En esta fase, se debe prestar una especial atención a elegir y cuantificar aquellos criterios realmente fundamentales para conseguir una instalación de iluminación eficiente y de alta calidad. De entre todos los parámetros cuantitativos y cualitativos, hay que prestar una especial atención a:

- La predeterminación de los niveles de iluminación.
- La elección de los componentes de la instalación.
- La elección de sistemas de control y regulación.

3.3.1.1. Predeterminación de los niveles de iluminación

Deben tenerse muy en cuenta las necesidades visuales del observador tipo, convenientemente recogidas en las recomendaciones y normas relativas a tareas visuales a realizar por el ser humano. En resumen, todo se reduce a la apreciación de un objeto contra un fondo, ya sean objetos físicos, letras u otros elementos.

A) Niveles de iluminación mantenidos

Cuando se realiza el proyecto de iluminación, normalmente se establece un nivel de iluminación inicial superior, según los ciclos de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento de las mismas. Con el tiempo, el nivel de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en luminarias, paredes, techos y suelos.

Se deben realizar ciclos de mantenimiento y limpieza para mantener un nivel de iluminación adecuado a las actividades que se realizan. Se tendrán que sustituir las lámparas justo antes de alcanzar este nivel mínimo, asegurando, así, que la tarea se pueda realizar según las necesidades visuales.

Por supuesto, se satisfarán otros criterios cualitativos simultáneamente, tales como la reproducción de colores, el color aparente de la luz, el ambiente en que se encuentren las personas en su interior, el control del deslumbramiento, la simultaneidad con la luz natural, etc.

B) Tiempo de ocupación del recinto

En una tarea visual que se desarrolla dentro de un recinto cerrado, el tiempo de ocupación tiene mucho que ver con el consumo de energía eléctrica. Así, la permanencia de la instalación encendida cuando no hay personas dentro de dicho recinto es uno de los mayores despilfarros energéticos.

C) Aportación de luz natural

Deberá estudiarse la superficie abierta, la orientación respecto al sol, la proximidad de otros edificios, en resumen, todo aquello que suponga una

aportación de luz natural, que no sólo es vital desde el punto de vista psicológico, sino sobre todo desde el punto de vista de ahorro de energía.

D) **Flexibilidad de la actividad que se realice**



El análisis de los supuestos de partida no debe despreciar nunca la realización de actividades variadas en una misma sala, para lo que será preciso flexibilizar la instalación y no duplicarla o triplicarla.

3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación

Otro de los elementos básicos en la fase de proyecto es el proceso de estudio y elección de los elementos componentes, tales como las fuentes de luz, los equipos eléctricos precisos para el funcionamiento de las fuentes de luz y las luminarias.

En cualquier caso, cuando se comparan sistemas que son equivalentes en términos luminotécnicos, el análisis de costes hace la elección más sencilla. Al realizar tal análisis, se debe calcular no sólo el coste inicial, sino también los costes de explotación previstos (energía y mantenimiento de la instalación), entre otras razones, porque los costes de la energía son uno de los factores más importantes del coste global de la instalación.

Para realizar un análisis de costes, se necesitan los siguientes datos:

- ✿ Número y tipo de luminarias/proyectores necesarios.
- ✿ Precio de la luminaria/proyector.
- ✿ Número y tipo de lámparas necesarias.
- ✿ Precio de la lámpara y equipo auxiliar.
- ✿ Consumo por luminaria/proyector, incluyendo las pérdidas de los equipos.
- ✿ Tarifas de electricidad.
- ✿ Vida útil de la lámpara.
- ✿ Horas de funcionamiento anual de la instalación.
- ✿ Financiación y amortización.

A) Lámparas

Además de por sus características cromáticas, tanto de reproducción de colores como de apariencia de su luz, las lámparas se diferencian, sobre todo en términos de eficiencia energética, por un parámetro que la define: la eficacia luminosa, o cantidad de luz (en lúmenes) dividida por la potencia eléctrica consumida (en vatios). Nada mejor que una gráfica como la de la Fig. 1 para representar de una forma simple y rápida la diferencia entre las distintas fuentes de luz artificial.

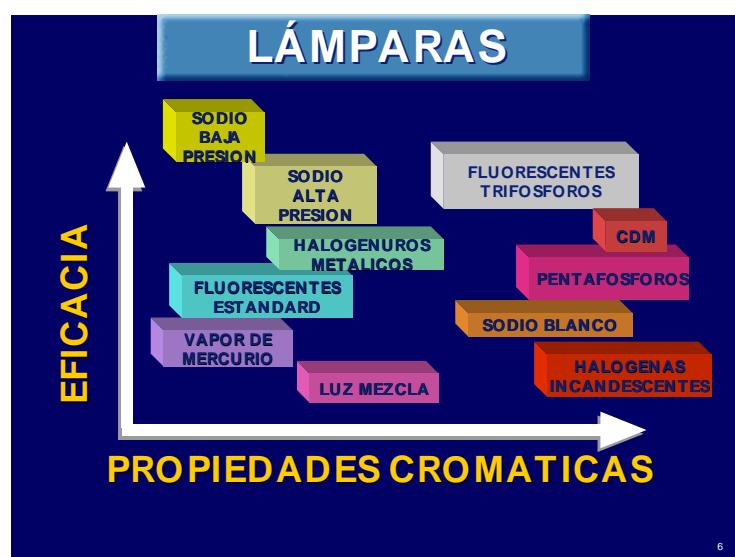


Figura 1. Cuadro comparativo de eficacia de las lámparas.

Es importante para las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar, que los colores del entorno, de los objetos y de la piel humana se reproduzcan de forma natural, correctamente y de tal modo que haga que las personas parezcan atractivas y saludables.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento en color de una fuente luminosa, se ha definido el Índice de Rendimiento en Color (Ra o I.R.C.). El Ra se obtiene como una nota de examen, siendo resultado de la comparación de 8 o 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme se aleja de 100, se puede esperar una menor definición sobre todos los colores.

$Ra < 60$	Pobre
$60 < Ra < 80$	Bueno
$80 < Ra < 90$	Muy Bueno
$Ra > 90$	Excelente

Las lámparas con un índice de rendimiento en color menor de 80 no deberían usarse en interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos períodos.

La “apariencia de color” o “temperatura de color” de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. La luz blanca puede variar desde tonalidades cálidas a frías, en función de las sensaciones psicológicas que producen.

Para las aplicaciones generales, la Comisión Internacional de Iluminación divide las fuentes de luz en tres clases, según su temperatura de color:

Blanco Cálido	$T_c < 3.300\text{ K}$
Blanco Neutro	$3.300\text{ K} < T_c < 5.300\text{ K}$
Blanco Frío	$T_c > 5.300\text{ K}$

La elección de apariencia de color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminancia, colores del espacio y objetos del mismo, clima circundante y de su aplicación.

B) Balastos

Las lámparas incandescentes y las halógenas directas a red, son las únicas que no necesitan de un equipo auxiliar (transformador o reactancia o balasto electrónico) para funcionar. Las lámparas de descarga se utilizan en combinación con diferentes tipos de balastos. Éstos pueden ser electrónicos (también llamados electrónicos de alta frecuencia) o electromagnéticos.

Bajo la categoría de balastos electromagnéticos se encuentran los de cobre-hierro tradicionales para lámparas fluorescentes. Estos balastos deben combinarse con cebadores y, habitualmente, con condensadores de corrección del factor de potencia.

Los balastos electrónicos ofrecen numerosas e importantes ventajas en comparación con los balastos electromagnéticos tradicionales:

- Las pérdidas de potencia en los balastos tradicionales (electromagnéticos) oscilan entre un 6-7% hasta un 20%, mientras que en los balastos electrónicos puros son de 0 vatios.
- Ahorros de coste debidos a la reducción del consumo de energía en, aproximadamente, un 25%, por la duración de la lámpara considerablemente mayor y por la reducción notable de los costes de mantenimiento.
- Al confort general de la iluminación se añade que no producen parpadeos y que un interruptor de seguridad automático desconecta el circuito al acabar la vida de la lámpara, evitando los intentos de encendido indefinidos. El encendido de la lámpara rápido y fluido está garantizado, y se evita el potencialmente peligroso efecto estroboscópico.
- Mayor seguridad mediante la detección de sobrecargas de voltaje, una temperatura de funcionamiento significativamente inferior y, en la mayoría de los tipos, un control de protección de la tensión de red de entrada.
- Mayor flexibilidad. Con los balastos de regulación, las instalaciones con lámparas fluorescentes pueden regularse, lo que permite el ajuste de los niveles de iluminación de acuerdo a las preferencias personales, además de proporcionar un ahorro adicional de energía.
- Las unidades de balasto electrónico son más ligeras y relativamente sencillas de instalar, comparadas con los balastos electromagnéticos, y requieren menos cableado y componentes de circuito (no hay cebadores).
- El funcionamiento de los balastos electrónicos a alta frecuencia, por encima de 16 kHz, hace aumentar la eficacia del tubo en un 10%.

Los balastos electrónicos de precaldeo calientan los electrodos antes de aplicar la tensión de arranque. El precalentamiento del electrodo de la lámpara es posible en todas las lámparas fluorescentes. El precalentamiento tiene dos ventajas:

- ✿ Los electrodos de la lámpara sufren muy poco con cada arranque.
- ✿ La tensión de arranque necesaria es inferior que en un circuito de arranque frío.

Por lo tanto, con el precaldeo se pueden realizar tantas comutaciones como sea necesario.



Figura 2. Algunos tipos comunes de balastos electrónicos.

C) Luminarias

La eficiencia energética de las luminarias está basada en el máximo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por la lámpara, con un tope del 100%, pero que, en casos muy especiales, se aproxima al 90%, como máximo. A esta eficiencia contribuyen de modo muy importante el tamaño físico de la lámpara (cuanto más se aproxima a un foco luminoso puntual mayor será su eficiencia dentro de un sistema óptico).

No obstante, no hay que olvidar que, además de estas prestaciones iniciales, las luminarias tienen como exigencia su conservación el mayor tiempo posible, ya sea evitando el ensuciamiento interno del sistema óptico, o

evitando la degradación de las superficies reflectoras, transmisoras o refractoras.

Los deslumbramientos pueden provocar cansancio y dolores oculares, pudiendo llegar a producir irritación de ojos y dolores de cabeza. Se debe tener especial atención al deslumbramiento en aquellos lugares donde la estancia es prolongada o donde la tarea es de mayor precisión.

El Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR), es el nuevo sistema que la Comisión Internacional de Iluminación recomienda para determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones, atendiendo a la posibilidad de deslumbramiento que ésta puede provocar, debido a la construcción de la óptica y la posición de las lámparas. El sistema utiliza una serie de fórmulas para determinar, en función de la luminaria, la posición de instalación de la misma, las condiciones del local, y nivel de iluminación, y el posible deslumbramiento producido en los ojos de una persona que esté presente en el local. El resultado final es un número comprendido entre 10 y 31, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto sea el valor obtenido.

3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación

Además del conjunto formado por lámpara, balasto y luminaria, que debe ser lo más eficiente posible, hay una serie de dispositivos, denominados genéricamente sistemas de regulación y control, que tratan de simplificar y automatizar la gestión de las instalaciones de alumbrado. Entre los diferentes sistemas, se pueden destacar:

- ✿ Sistemas automáticos de encendido y apagado.
- ✿ Sistemas de regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor, pulsador, mando a distancia, etc.
- ✿ Sistemas de regulación de la iluminación artificial de acuerdo con la aportación de luz natural a través de acristalamientos de diversa índole.
- ✿ Sistemas de detección de presencia o ausencia para encender o apagar la luz, o incluso regular su flujo luminoso.
- ✿ Sistemas de gestión centralizada, automatizada o no.

3.3.2. Ejecución y explotación

Esta fase de la instalación posee una importancia decisiva a la hora de respetar todos aquellos principios que han justificado la decisión de una solución en la fase de proyecto. Para ello, se requiere prestar una atención especial a una serie de circunstancias y datos que se enumeran en los siguientes apartados.

3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica

La comprobación y revisión de la existencia de subtensiones o sobretensiones justifica la toma de medidas eléctricas de la red de suministro, tanto durante la fase de ejecución inicial, como durante la explotación de la instalación, pues, aunque el Reglamento de Verificación admite tolerancias de $\pm 7\%$ en las tensiones nominales de alimentación, una sobretensión de un 10% puede provocar un exceso de consumo energético de hasta un 20%, además del acortamiento muy significativo de la vida de la lámpara y del balasto.

3.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados

No deberán tolerarse las deficiencias de los niveles de iluminación proyectados, ni los excesos. Las primeras pueden dar origen a la realización defectuosa de la tarea visual. Los segundos pueden representar consumos excesivos innecesarios, directamente proporcionales a la eficacia luminosa de las lámparas empleadas en la instalación.

3.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados

Hay que respetar al máximo las soluciones de Proyecto pues, aunque la tendencia a equiparar componentes y soluciones esté muy extendida en función de las diferencias de precios de adquisición que, a veces, son muy importantes, las consecuencias de una falta de respeto del Proyecto puede dar lugar a pérdidas energéticas como consecuencia de los incumplimientos de los parámetros de calidad que, ocasionalmente, pueden involucrar incluso la renovación de la instalación en un plazo de tiempo inferior al de su amortización.

3.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados

Barajando las posibilidades que se han mencionado en la fase de Proyecto, se trata de comprobar que dichos supuestos se cumplen en la realidad, es decir, que las zonas iluminadas que fueron así proyectadas soportan una actividad similar a aquella para la que se diseñaron. De acuerdo con ello, utilizando alguno o varios de los sistemas enunciados, se pueden llegar a ahorros energéticos de consumo del orden de hasta un 50%.

3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial

La regulación del flujo luminoso para compensar la aportación de la luz natural que penetra por las zonas abiertas, Fig. 3, puede conducir a ahorros enormes de consumo de energía eléctrica, evaluables según la orientación y superficie abierta. Ningún edificio con aportación de luz natural debería proyectarse sin regulación del flujo luminoso o apagado de las fuentes más próximas a los espacios abiertos. Esto se recoge perfectamente en los últimos comentarios dentro del Código Técnico de la Edificación.

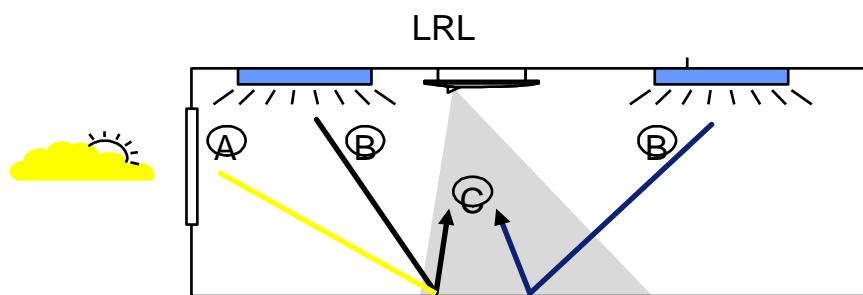


Figura 3. Combinación de luz natural y luz artificial mediante control por célula.

3.3.3. Mantenimiento

No por ser la última fase es la menos importante. El capítulo de mantenimiento es el conjunto de todos aquellos trabajos, programados u ocasionales, que sirven para conservar el funcionamiento de la instalación y las prestaciones de la misma dentro de los límites que se consideraron convenientes en la fase de Proyecto, y que se tratan de respetar en la fase de Ejecución y

Explotación. Así pues, habrá que prestar una atención especial a los siguientes métodos operativos.

3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas

Las tareas de mantenimiento, tales como la reposición de lámparas, la limpieza de las luminarias, la revisión de los equipos eléctricos y del resto de componentes de la instalación, requiere una organización que, dependiendo de las condiciones de suciedad o limpieza de la zona a iluminar, de la duración de vida de las lámparas y de las solicitudes a que estén sometidas éstas y los equipos, suponga la adopción de una frecuencia de mantenimiento. Cuando estas tareas se realizan de forma general o por zonas, con un *planning* establecido, se denominan operaciones programadas.



Con estas operaciones programadas se puede llegar a ahorros equivalentes a lo que supondría el coste del 50% de las operaciones casuales u ocasionales, es decir, cuando se tiene que acudir apresuradamente para reemplazar una lámpara o componente que ha fallado.

El mantenimiento comprende el reemplazo regular de lámparas y otros componentes con duración limitada, así como el reemplazo temporal de elementos deteriorados o estropeados. Contribuye, además, a un consumo eficaz de la energía y evita costes innecesarios. Las lámparas pueden reemplazarse individualmente o todas al mismo tiempo (reemplazo en grupo).

A parte de las lámparas que fallen prematuramente, es mucho mejor cambiar la totalidad al mismo tiempo. Así se evitan grandes diferencias de flujo luminoso entre lámparas nuevas y antiguas.

El reemplazo individual se hace necesario si la contribución del punto de luz en cuestión es indispensable. Se emplea en instalaciones al exterior con pequeña cantidad de lámparas o para alumbrados de emergencia y seguridad.

El mantenimiento de la instalación de alumbrado debe tenerse en cuenta ya en la etapa de diseño de la misma, debiéndose prevenir con certeza que las luminarias sean fácil y económicamente accesibles para el mantenimiento y cambio de lámparas.

Cuando se cambian las lámparas, hay que tener especial cuidado en que las luminarias vayan equipadas con el tipo correcto. La instalación eléctrica deberá comprobarse y cualquier elemento desaparecido o estropeado será repuesto de nuevo.

3.3.3.2. Respeto a la frecuencia de reemplazo de los componentes

Una de las normas más estrictas en el mantenimiento de una instalación es que se respeten las frecuencias marcadas para las operaciones programadas pues, en caso de no cumplirse, pueden llegar a cometerse errores tales como el de que las lámparas se vayan apagando y haya que recurrir a las operaciones de recambio casuales, o que el consumo se mantenga en un máximo para conseguir resultados inferiores a los necesarios.

3.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos

Uno de los problemas más frecuentes que se observa en el mantenimiento de algunas instalaciones es que, al realizarse las tareas de reposición, ya sea casual o programada, se sustituyen elementos de un tipo por otros similares pero de diferentes prestaciones. Esto que es tan evidente en el color de la luz de las lámparas, y que se aprecia a simple vista, no es tan visible en los componentes del equipo eléctrico, pudiendo reemplazarse unos elementos por otros que no sean los

correctos y den origen a fallos en la instalación. Obviamente, el cuidado que se exige en todas estas acciones tiene un rendimiento muy favorable, pues la instalación se comporta adecuadamente a lo largo de toda su vida, consiguiéndose los ahorros para los que fue proyectada.

3.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos

A pesar de la publicación de la Directiva Europea RAEE para la recogida y reciclaje de sustancias o componentes tóxicos empleados en material eléctrico, y aunque parece que no guarda relación con la eficiencia energética propiamente dicha, las tareas encaminadas a cumplir con esta Directiva permitirán conseguir resultados muy convenientes para la conservación del medio ambiente, al tiempo que obligará a los fabricantes a sustituir componentes considerados como peligrosos, por otros alternativos.

Como conclusiones de este apartado, se ha pretendido recoger, de una forma breve pero completa, el abanico de posibilidades que pueden barajarse en las instalaciones de iluminación de recintos interiores para conseguir la mayor eficiencia energética y ahorro de consumo posibles que, evidentemente, se traducirá en una menor producción de dióxido de carbono y de otros contaminantes a la atmósfera, como consecuencia de la reducción de la producción de energía que se habrá ahorrado.

Por último, resaltar el enorme interés de todos los expertos en iluminación en este país, y en el mundo, por desarrollar instalaciones cada vez más eficientes energéticamente.

3.3.4. Consejos a la hora de elegir las lámparas. Coste Total de Propiedad (CTP)

A la hora de invertir en una instalación de alumbrado no sólo se deben de tener en cuenta la inversión inicial, coste de lámparas + luminarias + equipos y el coste de la instalación. Se deben de tener en cuenta también los siguientes costes:

- Costes de reemplazo de las lámparas (mano de obra y precio lámpara).
- Costes energéticos, precio del kWh. Consumo energético del sistema.
- Costes de mantenimiento: que serán la suma de los costes laborales, costes operacionales y los costes por alteración o interrupción producida.

Los CTP se pueden reducir:

- Reduciendo el coste de la instalación.
- Utilizando lámparas de mayor vida útil (lámparas de larga duración).
- Utilizando equipos energéticamente más eficientes (balastos electrónicos).
- Utilizando sistemas de control que permitan un uso racionalizado de la luz.

Los criterios luminotécnicos a tener en cuenta para realizar un proyecto de alumbrado son:

- **Iluminancia:** la iluminancia evalúa la cantidad de luz que incide sobre una determinada superficie, ya sea horizontal o vertical, y se define como el flujo luminoso incidente (medido en lúmenes) sobre un plano dividido por su superficie (expresada en m²). La unidad de medida es el lux (lúmen/m²). Existen varios tipos de iluminancia según la superficie en la que se mida, iluminancia horizontal (E_{hor}) o vertical (E_{vert}).
- **Iluminancia media:** valores medios de la iluminancia en una superficie determinada (E_m).
- **Uniformidad:** relación entre las iluminancias mínima y máxima sobre una superficie ($E_{mín}/E_{máx}$). Lo que indica este parámetro es la homogeneidad en los niveles de iluminación de una superficie, evitando la sensación de "manchas" y que toda la superficie tenga unos niveles de iluminación homogéneos.

Además de estos criterios luminotécnicos se tendrán en cuenta los definidos anteriormente:

- Índice de Rendimiento en Color (I.R.C. o Ra).
- Temperatura de color.
- Índice de deslumbramiento Unificado (U.G.R.).



La elección de las luminarias estará en función del trabajo que se realice en el espacio a iluminar y de la altura a la que debamos colocar las luminarias.

Las lámparas que se utilizan principalmente en el sector de las artes gráficas serán del tipo fluorescencia. Hemos realizado diversos supuestos de instalaciones para valorar los ahorros y ventajas de unos frente a otros.

A) Fluorescentes estándar vs. Fluorescentes Trifósforo

Las lámparas fluorescentes son las más utilizadas debido a su bajo coste, su versatilidad y su simplicidad de uso. Los ahorros obtenidos por la utilización de uno u otro tipo difieren considerablemente en función del balasto con el que trabajan. A parte del ahorro económico, la utilización de un tubo trifósforo frente a un tubo estándar otorga una mejor reproducción cromática y un mayor flujo lumínico además de una vida más larga.

Tipo de fluorescente	Ra	Eficacia	Contenido en mercurio
Tubo estándar	50-60	67-79	8 mg
Tubo trifósforo	>80	75-93	2 mg

En los siguientes supuestos se muestran cuales son los verdaderos costes totales de propiedad anuales. Se entiende por coste total de propiedad la suma de los costes de las lámparas, costes de electricidad y costes de mantenimiento.

Bajo un ciclo de encendido de 12 horas (dos encendidos diarios):

A.1 Tubo fluorescente trifósforo 36 W vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electromagnético**:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12 h / día – 3600 h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo
Número de tubos	1	1
Potencia (vatio)	36	36
Vida útil (horas)	7500	12000
Precio medio (€)	3	6
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	2,79 €
Ahorro anual		0,23 €

A.2 Tubo fluorescente trifósforo 36 W vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electrónico**:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12 h / día – 3600 h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo
Número de tubos	1	1
Potencia (vatio)	36	36
Vida útil (horas)	7500	19000
Precio medio (€)	3	6
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,76 €
Ahorro anual		1,26 €

Tanto si se dispone de un balasto electromagnético como electrónico, los ahorros en mantenimiento por lámpara instalada son considerables. A este beneficio económico, hay que añadir la mejor reproducción cromática de la gama trifósforo (cumplimiento de la Normativa UNE 12464-1), disminución del contenido en mercurio de la lámpara, siendo de este modo más respetuoso con el medioambiente y una mejora de la eficacia de las lámparas, permitiendo incluso la disminución del número de lámparas instaladas manteniendo el mismo flujo lumínico.

B) Fluorescentes estándar vs. Fluorescentes Trifósforo de Larga Vida

Para lograr un mayor ahorro en CTP, en los últimos años, han aparecido lámparas fluorescentes trifósforo de larga vida. Los ahorros al utilizar estas lámparas son considerables si las comparamos con lámparas estándar o convencionales.

Tipo de fluorescente	Ra	Eficacia	Contenido en mercurio
Tubo estándar	50-60	75-93	8 mg
Tubo trifósforo	>80	70-90	2 mg

En función de los ciclos de encendido y del tipo de balasto, las lámparas de larga vida pueden durar desde 24.000 h hasta 79.000 horas de vida útil.

A continuación, se muestran dos ejemplos comparativos en función del balasto utilizado en la instalación:

B.1 Tubo fluorescente trifósforo de larga duración 36 W vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electromagnético**:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12 h / día – 3600 h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtreme
Número de tubos	1	1
Potencia (vatio)	36	36
Vida útil (horas)	7500	58000
Precio medio (€)	3	18
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,32 €
Ahorro anual		1,70 €

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtra
Número de tubos	1	1
Potencia (vatio)	36	36
Vida útil (horas)	7500	40000
Precio medio (€)	3	10
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,20 €
Ahorro anual		1,83 €

Tanto con la utilización de tubos de larga vida Xtra o Xtreme, los ahorros anuales por tubo fluorescente instalados son considerables. A este beneficio económico, hay que añadir la mejor reproducción cromática de la gama trifósforo (cumplimiento de la Normativa UNE 12464-1), disminución del contenido en mercurio de la lámpara, siendo de este modo más respetuoso con el medioambiente y una mejora de la eficacia de las lámparas, permitiendo incluso la disminución del número de lámparas instaladas manteniendo el mismo flujo lumínico.

Estos ahorros anuales varían principalmente por el número de horas de encendido, equipos de funcionamiento, etc.

B.2 Tubo fluorescente trifósforo de larga vida 36 W vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con equipo electrónico:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12 h / día – 3600 h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtra
Número de tubos	1	1
Potencia (vatos)	36	36
Vida útil (horas)	7500	55000
Precio medio (€)	3	10
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	0,87 €
Ahorro anual		2,15 €

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtreme
Número de tubos	1	1
Potencia (wattios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	79000
Precio medio (€)	3	18
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	0,97 €
Ahorro anual		2,05 €

Al igual que en el caso anterior, se logran ahorros en mantenimiento mayores al trabajar con equipos electrónicos.

3.3.5. Consejos para la realización de proyectos de alumbrado en el sector de las artes gráficas

En el sector de las artes gráficas, será importante usar lámparas de alta eficacia que además sean capaces de reproducir fielmente los colores y de esta forma garantizar las condiciones lumínicas óptimas para actividades que requieren de precisión y detalle. Como hemos visto en anteriores puntos de este capítulo, en áreas de inspección de colores o grabado de metales se recomiendan, según la normativa UNE 12464.1 de Iluminación para interiores CEN (*European Committee for Standardisation*), 1500 ó incluso 2000 luxes y por lo tanto es necesario seleccionar lámparas que sean capaces de dar esas potencias de una forma eficaz. Las lámparas que dan una mayor reproducción cromática son las incandescentes o las halógenas. Sin embargo, a la hora de buscar una mayor eficacia en interiores es recomendable optar por la fluorescencia. Actualmente, Philips tiene en el mercado lámparas fluorescentes de la gama 90, que combinan la eficacia propia de la fluorescencia con una reproducción cromática superior a 90, es decir muy buena teniendo en cuenta que 100 será la reproducción cromática de la incandescencia.

Pero no son sólo importantes las lámparas. A la hora de seleccionar las luminarias que contienen a los tubos fluorescentes, será importante elegir ópticas y

reflectores adecuados que repartan la luz de forma uniforme donde es útil, en el plano de trabajo. Si usamos equipos electrónicos en dichas luminarias garantizaremos además que las pérdidas de energía sean menores que con los tradicionales electromagnéticos.

Bibliografía

1. Código técnico de la edificación de "Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado".
2. "Introducción al alumbrado". Philips Ibérica.
3. "Luz sobre la Norma Europea". Philips Ibérica.
4. "Manual de Iluminación". Philips Ibérica.
5. "Revista internacional de luminotecnia". Philips Ibérica

Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura

4.1. Introducción

Son estos dos aspectos, la iluminación y la temperatura, donde posiblemente existan más mecanismos y posibilidades para realizar un control eficiente que derive en un significativo ahorro energético. En este capítulo se presentan con detalle todas las posibilidades para el control de la iluminación de las oficinas, letreros luminosos, áreas de trabajo, áreas de paso y grandes áreas de iluminación exterior. A continuación se muestran distintos dispositivos de control automático de la temperatura mediante cronotermostatos.

4.2. Control eficiente de la iluminación

Se puede actuar en el funcionamiento normal del ciclo de iluminación desde varios puntos: por un lado optimizando los tiempos de encendido (en el ocaso) y de apagado (en el orto), ajustándolos exactamente a las condiciones de ahorro deseadas. Esto se realiza mediante el uso de equipos de control destinados a estas funciones, como pueden ser los interruptores crepusculares y los interruptores horarios astronómicos. Igualmente se puede actuar sobre la intensidad lumínosa del alumbrado mediante la reducción del nivel luminoso.

4.2.1. Zonas exteriores y letreros luminosos

Los dispositivos de control de tiempos de la iluminación más sencillos son los interruptores crepusculares. Son dispositivos electrónicos capaces de comutar un circuito en función de la luminosidad ambiente. Para ello utilizan un componente

sensible a la luz (célula fotoeléctrica) que detecta la cantidad de luz natural que existe en el lugar de instalación, comparando este valor con el ajustado previamente. En función de esta comparación, se activa o desactiva un relé que estará conectado en la instalación con los elementos de maniobra de encendido-apagado de la iluminación. Véanse ejemplos de interruptores crepusculares en la Foto 1.



Foto 1. Ejemplos de interruptores crepusculares.

Para un correcto funcionamiento de las instalaciones con interruptores crepusculares, éstos deben estar dotados de circuitos que incorporen histéresis, es decir un retardo antes de las maniobras que permita eliminar fallos de encendidos o apagados debidos a fenómenos meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes, rayos, etc. o luces de automóviles.

Los inconvenientes del uso de los interruptores crepusculares son el difícil acceso a los mismos durante su mantenimiento o reparación, ya que normalmente se instalan en lugares de difícil acceso. Además, la polución provoca un paulatino oscurecimiento de las envolventes, por lo que a lo largo del tiempo las maniobras no se realizan en los momentos esperados.

Los equipos más avanzados para el control de la iluminación son los interruptores horarios astronómicos. Son interruptores horarios que incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la gran ventaja que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional.

Estos interruptores horarios deben incorporar dos circuitos independientes, uno para el encendido y apagado total de la iluminación y otro para las órdenes de apagado durante las horas de menos tránsito. Existen modelos que permiten incorporar días especiales, en los que las maniobras son distintas debido a festividades, fines de semana, etc.

La integración de estos equipos digitales ha llegado hasta el punto de poder disponer de modelos con tamaño muy reducido, dos módulos de carril DIN, con sistemas de ayuda a la programación directamente sobre el visualizador, con textos en diversos idiomas. Cabe destacar la incorporación del ajuste automático de hora verano-invierno y sobre todo las últimas innovaciones que facilitan enormemente la programación, ya que simplemente hay que elegir la capital de provincia más próxima al lugar de instalación y la corrección en minutos de encendido y apagado sobre el valor real de ocaso y de orto calculado por el equipo, Foto 2.



Foto 2. Interruptor horario astronómico con selección de ciudades.

Por último, no hay que olvidar que para que el interruptor horario no derive la ejecución de las maniobras a lo largo del tiempo, debe cumplir con una buena base de tiempos y un ajuste adecuado de su precisión de marcha.

4.2.2. Seccionamiento de áreas

Cuando las zonas a iluminar se pueden seccionar en distintas áreas (pasillos, oficinas, servicios, etc.), se puede dotar a cada una de ellas de un interruptor de proximidad. Estos dispositivos son capaces de detectar el movimiento, normalmente de personas, dentro de una zona de cobertura, y encender una iluminación durante un tiempo configurado. De esta forma el alumbrado permanece apagado cuando no es necesario.

La eficacia de estos interruptores de proximidad ha permitido disponer de una gran variedad de modelos, Foto 3.



Foto 3. Ejemplos de interruptores de proximidad.

La selección del modelo más adecuado depende de los siguientes factores:

- ✿ del modo de instalación (en esquina, en superficie, en falso techo, en lugar de una lámpara dicroica);
- ✿ de la zona de cobertura (desde 120° hasta los 360° en los modelos de instalación en techo);
- ✿ del tipo de carga a controlar (de 10 a 16 A)

Los interruptores de proximidad se conocen también como PIR's (*Passive Infrared*), es decir, infrarrojos pasivos. Este nombre se refiere al modo de funcionamiento: sus sensores dividen el área de cobertura en sectores, y la detección es efectiva cuando una fuente de calor (una persona) pasa de un sector a otro. Si la fuente de calor no atraviesa dos sectores (aunque exista movimiento) o si no hay suficiente contraste de temperatura entre lo que se mueve y la temperatura ambiente (temperatura ambiente de 30 °C), la detección no es efectiva. Esta situación se resuelve normalmente con una correcta selección de los lugares de instalación de los interruptores de proximidad (por ejemplo haciendo que los sectores del sensor sean cortados por la persona que entra por la puerta).

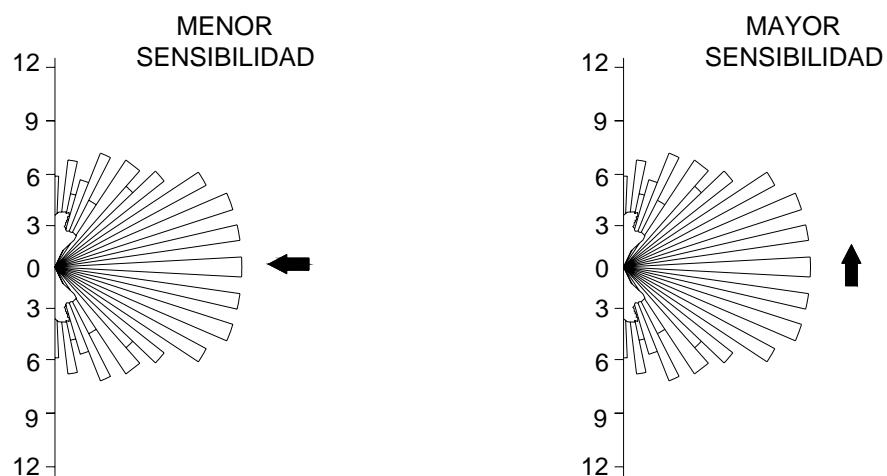


Figura 1. Correcta instalación interruptores proximidad.

Para instalaciones en las que no es posible resolver el problema de cobertura por algún motivo, o existen limitaciones estéticas, se han desarrollado unos modernos dispositivos cuya detección es activa; es decir funcionan como un pequeño radar, detectando cualquier movimiento, sea cual sea el sentido del mismo o la temperatura ambiente. También la detección puede atravesar pequeñas paredes o cristales, con lo que se pueden instalar en falsos techos, evitando el posible impacto visual, Foto 4.



Foto 4. Interruptor de proximidad activo.

4.2.3. Grandes zonas de iluminación exterior

Las zonas exteriores (zonas de carga y descarga, aparcamientos, etc.) suelen iluminarse con lámparas de descarga. Los sistemas para iluminación que integran lámparas de descarga asociadas a balastos tipo serie, de vapor de Sodio alta presión (VSAP) o vapor de Mercurio (VM), son muy susceptibles a las variaciones en su tensión de alimentación. Tensiones superiores al 105% del valor nominal para el que fueron diseñadas disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos incrementando el consumo de energía eléctrica. El incremento del 7% produce una

disminución en la vida de la lámpara del 50% y un exceso de consumo del 16%. De ahí la gran importancia de estabilizar la alimentación que llega a los receptores de alumbrado.

4.2.3.1. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)

Con este sistema lo que se consigue es reducir el consumo apagando parte de las luminarias durante un periodo de tiempo determinado, siendo el ahorro conseguido directamente proporcional al número de luminarias apagadas.

Aunque el sistema es efectivo, su mayor inconveniente es la pérdida de uniformidad lumínica. Además, en las situaciones donde siempre se apagan las mismas luminarias existe una disparidad en la vida de las lámparas. Por estos motivos, se desarrollaron los interruptores horarios astronómicos con circuitos alternativos, de forma que cada día alternaba el circuito a apagar.

4.2.3.2. Ahorro por reactancia de doble nivel

Este sistema se basa en una reactancia que permite variar la impedancia del circuito mediante un relé exterior, reduciendo la intensidad que circula por las lámparas y consiguiendo ahorros del 40% aproximadamente. La orden de activación viene dada por un hilo de mando o por un temporizador interno.

Pese a evitar el problema de la falta de uniformidad lumínica, el cambio brusco de régimen normal a régimen reducido provoca una sensación de falta de luz en el usuario.

En los sistemas que incorporan un temporizador para evitar la instalación de la línea de mando, la reducción no está sincronizada y se produce a destiempo en las lámparas. En caso de un reencendido de la instalación de alumbrado cuando está en situación de nivel reducido, el temporizador inicia un nuevo retardo al volver la tensión de red, perdiéndose prácticamente el ahorro correspondiente al tiempo de régimen reducido.

Ninguno de los dos sistemas anteriormente descritos solventan los problemas de sobretensión en la red que disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos, y que provocan un gran incremento en el consumo de energía eléctrica.

4.2.3.3. Ahorro utilizando estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera

La ventaja principal de estos equipos frente a las reactancias de doble nivel es que solventan los problemas producidos por la inestabilidad de la red ya que durante las horas de régimen normal estabilizan la tensión de alimentación de la línea. En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión a todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional. Véase la incidencia de la tensión de alimentación en la Fig. 2.

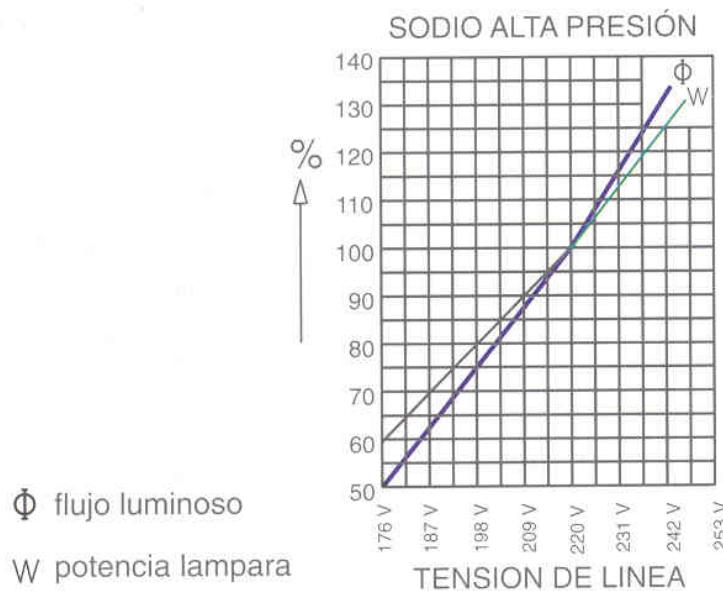


Figura 2. Variación de la potencia y flujo luminosos en función de la tensión en una lámpara VSAP.

El hecho de estar instalados en cabecera de línea, hace que su incorporación tanto en instalaciones de alumbrado nuevas como las ya existentes sea extremadamente sencilla (no se precisa intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado) y facilita el acceso para su mantenimiento. Véase un ejemplo de estabilizador-reductor de flujo en la Foto 5.



Foto 5. Ejemplo de estabilizador-reductor de flujo

La instalación de un estabilizador de tensión y reductor de flujo en cabecera de línea (en adelante reductor de flujo) evita excesos de consumo en las luminarias, prolonga la vida de las lámparas y disminuye la incidencia de averías, pero para conseguir estos resultados es necesario utilizar equipos con las más altas prestaciones, ya que de lo contrario las ventajas se pueden tornar en inconvenientes.

Las ventajas de los estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40% (nivel reducido).
- Rápida amortización.
- Apto para VSAP y VM.

Las características básicas que debe cumplir cualquier reductor de flujo son las siguientes:

- Rendimiento superior al 95%.
- Reducción de consumo hasta el 40% sobre el nominal.
- Fases totalmente independientes.
- Protección por magnetotérmico en cada fase.
- *By-pass* por fase.
- Carga admisible del 0 al 100%.
- Mantenimiento del $\text{Cos } \phi$.
- No introducir armónicos en la red.
- Estabilización $\pm 1\%$.
- Flujo nominal configurable.
- Flujo reducido configurable.
- Tiempo de arranque variable.
- Velocidad de cambio de nivel: 6 V/minuto aprox..

Entre las características citadas, se debe resaltar la importancia de seleccionar aquellos equipos cuya tecnología de funcionamiento proporcione un mayor rendimiento, ya que esta característica influye directamente en el ahorro energético.

4.3. Climatización

Independientemente del sistema de climatización utilizado, deben instalarse equipos de control de la temperatura. Un buen control de la temperatura de consigna (la temperatura a la que se desea mantener el local), así como una adecuada elección de la temperatura de confort conlleva ahorros muy significativos (cada grado en el termostato representa un 6% de gasto).

Los cronotermostatos son dispositivos específicos para el control automático de la temperatura combinado con una programación de distintos niveles a lo largo del día o de la semana. Son una evolución de los termostatos convencionales, Foto 6, añadiendo la optimización en el consumo energético mediante la programación horaria.



Foto 6. Termostato de ambiente.

Los modernos cronotermostatos disponen de al menos dos temperaturas programables y de varios programas independientes, lo que les permite configurar distintos programas para cada día de la semana (domingo distinto al resto de días, por ejemplo). La resolución en la programación horaria puede llegar al detalle de los 30 minutos, lo que aporta una gran flexibilidad, Foto 7.



Foto 7. Ejemplos de cronotermostatos.

Son interesantes también una serie de funciones auxiliares que se utilizan en determinados momentos:

- funcionamiento manual (provocar una situación distinta a la programada sin modificar el programa), y pasa a ser un termostato normal, sin programación horaria;
- cambio de control de aire acondicionado a calefacción;
- ausencia prolongada durante varios días en las que se apaga el sistema pero igualmente sin modificar el programa. Transcurrido ese tiempo, vuelve automáticamente al programa establecido;
- el programa de mantenimiento evita que la instalación tenga largos períodos de inactividad, activándose automáticamente durante unos minutos a la semana.

Para aquellas empresas que quieran instalar un sistema de climatización y no sea viable una obra para el paso de los cables de control, existen modelos de cronotermostatos sin hilos o de radiofrecuencia. En este caso se dispone de un actuador de caldera que se coloca próximo a la misma, y el sensor-programador de temperatura puede colocarse en el lugar del local donde se pretenda conseguir

la temperatura de confort. Aprovechando la tecnología inalámbrica, algunos modelos pueden incorporar otras sondas adicionales, para conocer por ejemplo la temperatura exterior, Foto 8.



Foto 8. Ejemplo de cronotermostato inalámbrico con sensor de temperatura exterior.

Para instalaciones donde el cronotermostato pueda estar al alcance del público, existe la posibilidad de bloquear el teclado para evitar manipulaciones no deseadas. También es muy práctico que el propio dispositivo actualice automáticamente el horario coincidiendo con el cambio de hora que se produce dos veces al año.

Es habitual también la posibilidad de un encendido o apagado remoto mediante un controlador telefónico (normalmente GSM), que se conecta al cronotermostato; con un simple comando del teléfono móvil, se puede activar la climatización de forma remota.

Si la instalación permite un control independiente por zonas, existen cronotermostatos capaces de controlar, desde una unidad central, la temperatura de todas ellas, también con posibilidades de comunicación inalámbrica, Foto 9.



Foto 9. Ejemplo de cronotermostato con control de hasta 4 zonas independientes.

En aquellas instalaciones más complejas, los sistemas domóticos pueden informar y controlar la temperatura por zonas. Existen varias soluciones, incluso sistemas de climatización integrales.

Por último, para un mejor seguimiento del gasto energético, es conveniente disponer la función de contador de horas de funcionamiento. Esto permite conocer el tiempo de funcionamiento de la caldera (o aire acondicionado) en función de la configuración, y optimizar los consumos simplemente modificando ligeramente las temperaturas de consigna (temperatura ambiente a la que se desea llegar).

5.1. Introducción

El agua en la industria de las artes gráficas tiene un peso muy importante, no por su elevada demanda, sino porque el consumo en sí conlleva o acarrea unos elevados costes medioambientales de los vertidos.

En el sector de las artes gráficas, el agua es un elemento vital en su producción, siendo realmente importante en los procesos de pre-impresión, en el lavado y preparación de las planchas y películas, y como agente humectador en las etapas de la impresión.

Hay que ser conscientes de la media estadística, que dice que por cada kilo de papel impreso se consume entre 0,250 litros en grandes industrias y más de 1 litro en el caso de las pequeñas imprentas. Además, este agua demandada, en el caso de las pequeñas industrias, suele ser cuatro veces más elevada que en las grandes, gracias al proceso de producción y el tipo de tiradas realizadas.

Cabe destacar entre los elementos que producen contaminación por DQO (*Demandada Química de Oxígeno*) los siguientes: químicos fotográficos, tintas, disolventes, químicos con disolventes orgánicos, soluciones de limpieza, aguas de lavado, pegamentos o adhesivos. Todos ellos constituyen emisiones contaminantes al ser vertidos sin tratamiento alguno a las redes públicas de alcantarillado.

La proporción de agua vs otros agentes es variada en función de la especialización de la industria, y no hay una relación directa entre ambos consumos, aunque sí hay algunos ratios que pueden orientar sobre la importancia y relación entre ambos.

De igual forma, y como se decía al principio, a nivel medioambiental el agua consumida, comparativamente a otros productos o materias primas necesarias en

este tipo de industrias, supone una carga contaminante muy elevada y, aunque la proporción de estos agentes sobre el agua vertida a cauce es cada día menor, no deja de contar con una elevada proporción de estos residuos sobre la misma, lo que encarece bastante su depuración.

TABLA 1. Agua consumida en función de la demanda de otros productos o materias primas

Producto o materia	Gran industria	Pequeña industria
Tintas	10 litros/kg - litro	60 litros/kg - litro
Disolventes y alcoholes	30 litros/kg - litro	90 litros/kg - litro
kWh de energía eléctrica	0,9 litros/kWh consumido	0,5 litros/kWh consumido

Todos los ayuntamientos suelen cobrar la depuración de vertidos a través de la factura del suministro de agua basándose en un coeficiente de contaminación, que suele ser una fórmula que aplican y que encarece el 100% de la factura, pudiendo hasta quintuplicar el coste de la misma en función del factor que se le aplique.

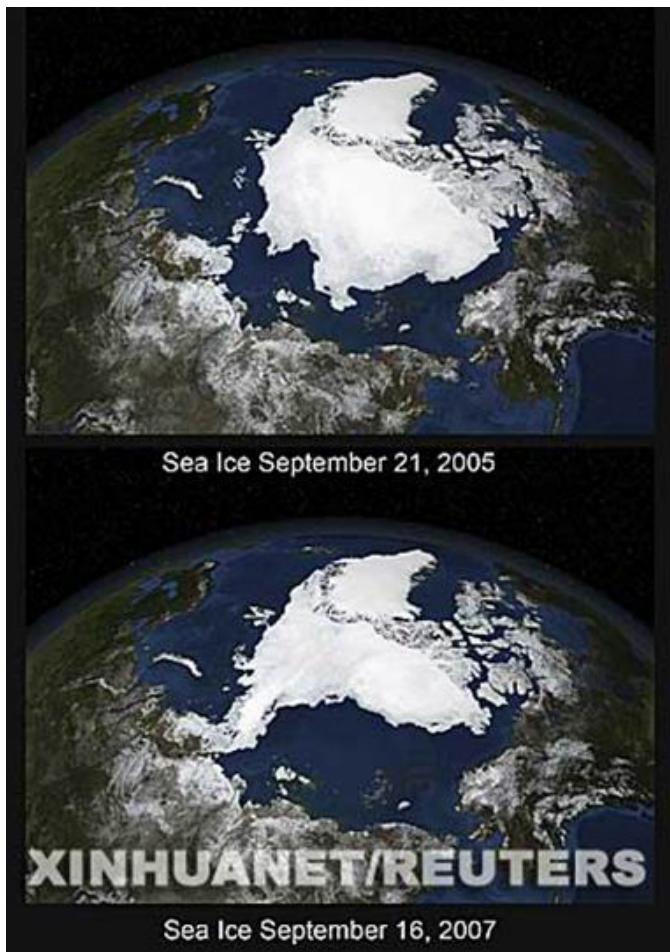
5.2. ¿Por qué ahorrar agua?

Se mire a donde se mire, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo, arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia y nieve. Pensando en estas inmensas masas de agua, algunas personas no entienden por qué ha de escasear el agua y por qué el precio del agua potable es cada vez más caro.

Nunca habrá más agua de la que se dispone en estos momentos, pues el ciclo vital de ésta hace que cada vez escaseen más las lluvias y éstas se produzcan irregularmente, con inundaciones en algunas zonas del planeta y sequías en otras.

El calentamiento global está haciendo estragos en nuestro planeta, ahogando algunas zonas del globo y pasando por sequías dramáticas a otras. Además, una cantidad creciente del hielo de los polos se está descongelando, lo

que hace que los mares varíen sus temperaturas y tanto las evaporaciones como las precipitaciones también se vean afectadas con fuertes anomalías.



En la Foto 1 se puede ver el Polo Norte, fotografiado con dos años de diferencia. (*Fotos: Agencia Xinhua.*)

Foto 1. Demostración visual del calentamiento global.

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 corresponden 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 la Tierra y, cuando se deshiela, se pierde al mezclarse con agua del mar. Así, sólo queda aproximadamente el 0,5% de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Los expertos calculan que, en un futuro, el despliegue técnico para la producción de agua potable y el consiguiente coste que esto acarrearía,

aumentarán el precio considerablemente. El agua es un elemento esencial para el bienestar pero, actualmente, y por desgracia, se asocia el mayor consumo de ésta a un mayor nivel de vida.

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (*INE*), respecto a los datos de consumo que se tuvieron en el año 2007, y que fueron publicados el día 17 de julio de 2009, se obtiene que durante ese año en España se dispusiera de 4.969 hm³ de agua de abastecimiento público urbano (un 5,77% más que el año anterior).

De esta cantidad (en la que no está incluida el agua utilizada en la agricultura de regadio), un 76% se distribuyó para el consumo de familias, empresas e instituciones y para consumos municipales (un 3,4% menos que el pasado año 2006).

El consumo de agua de las familias españolas ascendió a 2.544 hm³, lo que representa el 67,3% del consumo total. El consumo medio se situó en 157 litros por habitante y día, un 2,7% menos que el año 2006.

En la Tabla 2 se puede ver la evolución del consumo por comunidades autónomas en los 9 últimos años, (con los últimos datos oficiales del *INE*).

TABLA 2. Consumo medio (l) por habitante y día en las distintas regiones de España.

Región:	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
País Vasco	125	129	140	150	149	147	151	154	142
C. F. de Navarra	126	128	134	144	152	148	147	159	150
Ceuta y Melilla	135	140	139	142	139	146	158	153	143
Islas Baleares	136	150	139	142	130	127	124	129	133
Galicia	142	159	152	155	143	131	124	128	124
Aragón	143	150	153	162	169	170	174	176	169
C. de Madrid	150	148	159	171	166	166	171	176	176
Cataluña	151	150	162	174	183	182	184	186	185
La Rioja	152	148	145	141	136	140	143	186	180
Canarias	154	141	145	147	135	134	135	139	135
Castilla y León	154	147	160	172	168	155	146	153	148
España	157	160	166	171	167	164	165	168	165
Andalucía	158	176	195	189	184	184	181	183	180
Castilla-La Mancha	163	166	174	179	184	185	200	188	184
R. de Murcia	166	166	162	161	149	146	151	145	140
P. de Asturias	185	184	180	172	161	158	155	151	149
C. Valenciana	186	185	171	178	163	158	156	166	164
Extremadura	187	183	173	178	163	165	169	156	148
Cantabria	189	201	191	187	185	182	174	188	180

La Comunidad de Madrid viene disminuyendo su consumo desde el año 2004 por debajo de la media nacional, situándose en la actualidad en 150 litros por habitante y día, un 1,35% más que en el año anterior (2006), que fue el más bajo de su historia.

El valor unitario del agua (*cociente entre ingresos por el servicio realizado y el volumen de agua gestionada*) se incrementó un 19,44% de media en el año 2007, hasta situarse en 1,29 euros el metro cúbico (un céntimo más que el coste en Madrid).

El valor unitario del abastecimiento de agua alcanzó los 0,75 €/m³, mientras que el de tratamiento de aguas residuales fue de 0,54 €/m³ (*absorbiendo los tratamientos y depuración de aguas residuales una subida respecto al año anterior de más del 45,95% por el incremento en gastos de depuración y regeneración*).

Por Comunidades Autónomas, los valores más elevados correspondieron a Murcia (1,95 €/m³), Illes Balears (1,85 €/m³) y Canarias (1,69 €/m³). Por el contrario, Galicia (0,72 €/m³), País Vasco (0,87 €/m³) y Castilla - La Mancha (0,89 €/m³) presentaron los valores unitarios más bajos.

Un dato al menos paliativo de este incremento continuado de costes, es que el Canal de Isabel II (CYII), en aquellos ayuntamientos a los que les suministra el agua, practica un abono o descuento del 10% del importe del agua ahorrada respecto al año anterior (*en su variable de aducción*), cosa que no siendo de gran importancia, al menos da aliento a estas políticas de eficiencia.

Los mayores costes no sólo suelen venir de la aducción o consumo de agua, sino también de su vertido o depuración, donde en algunos casos, puede hasta multiplicarse por cinco la factura debido a los cánones de depuración que los ayuntamientos aplican a las empresas contaminantes con independencia de la cantidad vertida vs consumida.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia en agua de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos, resultando estas actuaciones no sólo altamente rentables para la cuenta de resultados (*pues suelen*

generar beneficios económicos al siguiente año de su implementación), sino también para el medio ambiente, pues la reducción de consumos va paralela a la reducción de residuos resultantes, reduciendo la cantidad de agua a depurar y produciendo, por lo tanto, un menor gasto.

Una de las primeras medidas a tomar por cualquier profesional responsable o empresario de las artes gráficas será la instalación de contadores en los distintos procesos y utilizaciones que del agua se realiza, ya que “no se podrá controlar aquello que se desconoce”, por lo que esta medida permitirá ir comparando los consumos, incluso con el de otras empresas de similares condiciones, para determinar posibles usos inadecuados, fugas y despilfarro originado por prácticas o acciones inadecuadas.

Optimizar el consumo de agua, por lo tanto, no vendrá sólo de la reducción del consumo de la misma, sino también de las prácticas mejorables en el uso cotidiano de la misma y el análisis de las posibles técnicas y equipos existentes para la posible reutilización, reciclaje o aprovechamiento de la misma.

Desde un punto de vista medioambiental o de calidad, no se pueden obviar los vertidos y la calidad con la que se realizan, siendo un factor crítico en la obtención de certificaciones tipo ISO 14000, 9000 o EMAS, donde un tratamiento adecuado facilita enormemente su obtención, mejorando los procesos y protocolos de los Sistemas de Gestión Medioambiental.

Unos ejemplos de aplicación de estas técnicas y tecnologías podrían ser:

- ✿ Unidades de pre-tratamiento para la reutilización de agua. Para equipos de impresión *offset*, los cuales pueden dotarse de sistemas automáticos de recirculación de la solución fuente, reduciendo su consumo y adecuando los vertidos a la legislación vigente mediante distintos sistemas de filtros y membranas resistentes a la polución de tintas y disolventes, garantizando una calidad constante.
- ✿ Sistemas de humectación. No sólo para mejorar el rendimiento y la eficacia de procesos, sino para evitar problemas en rotativas por desgarros del papel

o variación en el tamaño y descentre de la impresión, o la calidad de impresión por el aumento de la electricidad estática, pegado del papel, etc.

- Minimización del consumo de agua en el procesado de películas. Basándose en sistemas de filtros o sistemas de ósmosis que facilitan el drenaje constante del efluente, adecuándolo y recolectando los excesos de residuos, como la plata, que economizan el proceso y su tratamiento.
- Sistemas de limpieza por oxidación UV. Para reducir la concentración de compuestos de hidrocarbono, para su reciclaje o para adecuar la calidad del agua para su vertido a cauce.
- Sistemas de limpieza por evaporación. Adecuando el agua a las necesidades de conductibilidad óptimas para, de esta forma, poder reutilizarse o recuperar sustancias mezcladas con ésta, optimizando procesos de agua destilada en circuitos cerrados y reduciendo su descarga.

En este sector industrial de las artes gráficas hay varios enfoques importantes en la materia desde los de acotar los consumos de agua: agua de aporte como materia prima en procesos, agua técnica de refrigeración, humectación o climatización, limpiezas, etc., y los consumos de agua indirectos como el ACS (*Agua Caliente Sanitaria*) y AFCH (*Agua Fría de Consumo Humano*), o incluso riego, baldeo y paisajismo, en algunos casos muy específicos.

De entre los mencionados, este capítulo se centrará en el consumo de ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de empresa, instalación o industria manufacturera, e incluyen un componente importante, que es el consumo energético para su calentamiento, aunque puedan resultar porcentualmente bajos respecto al consumo técnico, prioritario en este tipo de industrias.

La valoración de una Guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de empresas, industrias, pequeñas imprentas, etc., nos fuerza a enfocar el tema desde una perspectiva muy reducida, pero generalista, con consejos globales y algunas actuaciones concretas y polivalentes para el sector, no pudiendo profundizar excesivamente por la cantidad y variedad de posibilidades, técnicas y equipos existentes.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia en agua, de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos, resultando estas actuaciones no sólo altamente rentables para la cuenta de resultados (*pues suelen generar beneficios económicos al siguiente año de su implementación*), sino también para el medio ambiente, pues la reducción de consumos va paralela a la reducción de los residuos resultantes, disminuyendo la cantidad de agua a depurar y, produciendo, por lo tanto, un menor gasto de reutilización.

Este enfoque antes comentado, es el del consumo de agua fría de consumo humano (**AFCH**) y agua caliente sanitaria (**ACS**), que no tiene por qué estar ligado directamente a la producción y que viene representando una parte importante dentro del sector debido, en muchas ocasiones, a que durante los trabajos de manipulación, producción o montaje es muy fácil que se manchen enseres, utensilios o equipos, o que los empleados o trabajadores se ensucien y deban lavarse muy a menudo (bien ellos o sus utensilios).

Ahorrar agua permite, casi en la misma proporción, ahorrar la energía utilizada para su calentamiento, aportando beneficios, ya no tanto económicos y muy importantes, sino ecológicos para evitar la combustión y reducir así la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero y la eliminación de la capa de ozono, derivados todos ellos del consumo y obtención de otras energías, así como de su transformación y/o combustión.

Para hacerse una idea de estas emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de agua, se puede afirmar que la demanda en contadores de **1 m³ de agua** implica unas emisiones mínimas de más de **8 kg** de **CO₂** considerando todo el ciclo de agua, es decir, aducción, distribución, acumulación y la proporción de calentamiento, consumo, canalización, depuración, reciclaje y tratamiento de vertidos, etc.

Con una simple y sencilla cuenta, cualquiera puede calcular las emisiones provocadas por el consumo de agua, simplemente mirando la factura correspondiente y multiplicando el consumo por la cifra antes indicada, pudiendo calcular también la disminución de las mismas si realiza actuaciones para economizar.

Desde el verano del año 2006 está en vigor una ordenanza municipal, que en el caso del Ayuntamiento de Madrid, obliga a toda nueva instalación, edificación o industria con un consumo superior a 10.000 m³, y sea cual fuere su actividad, a incorporar técnicas de bajo consumo de agua, realizar un plan de gestión sostenible y de ser auditado por una empresa externa que certifique que cumple la normativa y en qué grado de cumplimiento lleva su propio plan, siendo visada por el departamento de nueva creación, denominado Oficina Azul.

Además, desde el pasado julio de 2008, toda edificación, establecimiento, industria, etc., deberá incorporar grifería eficiente en las áreas públicas o de elevada concurrencia, como por ejemplo, los aseos públicos, vestuarios o zonas comunes, y optimizar sus consumos en toda la instalación.

No sólo la localidad de Madrid dispone de normativas de uso y gestión sostenible del agua, infinidad de ayuntamientos, como el de Alcobendas (*que fue uno de los primeros de España*), Alcalá de Henares, Collado Villalba, Torrelodones, etc., disponen de normativas al respecto y, últimamente, se están realizando infinidad de acciones y actuaciones para animar directa e indirectamente al ciudadano a cuidar y hacer un uso racional del agua.

Como se puede apreciar, cada vez más la sociedad, las autoridades y las instituciones van acotando los excesos de consumo, pues el hecho de que el agua resulte barata no quiere decir que se disponga de ella sin ninguna limitación, y cada día se irá 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 favorecer a las futuras generaciones.

5.2.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo

Un **Programa de Reducción y Uso Eficiente del Agua** para cualquier fábrica o industria, taller, empresa, comercio o inmueble, se implementa para alcanzar distintos objetivos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- ✿ Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando la utilización de la misma.

- ✿ Disminuir, por lo tanto, de una forma directa, los residuos, obteniendo una importante reducción del impacto ambiental del inmueble, es decir, haciéndolo más respetuoso con el medio ambiente.
- ✿ Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo, la energía utilizada para calentar o enfriar el agua, así como los de almacenaje y preparación.
- ✿ 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 aplicable en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- ✿ Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental tipo ISO 14.001, EMAS, etc.
- ✿ Obtener una mejor imagen pública para la empresa o gestora de ser respetuosa con el medio ambiente, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores, pero, sobre todo, por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.
- ✿ Y, por último, la no menos importante actuación, la reducción de costes económicos que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas y facilitará y aumentará los beneficios, haciendo que la empresa sea más competitiva.

5.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?

Tanto por responsabilidad social como personal, ecológica o económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua. Este apartado persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a propietarios, gestores, responsables y técnicos de este tipo de industrias, minimizar los consumos de agua y la energía derivada de su calentamiento.

Muchas veces se plantean actuaciones complejas, normativas internas, campañas de concienciación excesivamente costosas y trucos para intentar

reducir los consumos que se tienen de agua y energía, cuando hay actuaciones que pasan desapercibidas por los usuarios y que, a la vez, aumentan el confort de uso.

Como ejemplo, por su elevado confort y ahorro, los *perlizadores*, los *reductores* y los *economizadores* de agua están ampliamente extendidos en los países del norte de Europa, y ya se están utilizando desde el año 1995 aquí en España.

Este tipo de equipos tienen por objetivo reducir drásticamente el consumo de agua en el establecimiento, tanto en agua fría como caliente. Más adelante se dedicará un amplio apartado al conocimiento y explicación de estas tecnologías.

Se dispone de muchas opciones cuando se habla de ahorrar agua y energía, y esto ha de hacerse considerando infinidad de factores, desde la optimización de las facturas, pasando por la formación del personal y/o considerando los proyectos en su fase de diseño, a la realización de estudios y eco-auditorías de hidroeficiencia, sin olvidar el mantenimiento y la implementación de medidas correctoras en aquellos puntos que son significativos, no por volumen de agua ahorrada, sino por posibilidades de ahorro existentes.

5.3.1. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía

Dentro de la infinidad de posibles acciones y temas a considerar, a continuación se detallan algunos de las más importantes que puedan servir a modo de ejemplo:

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere como muy importante la eficiencia, tanto como el diseño y la ergonomía de uso, utilizando los adelantos técnicos más avanzados que en ese momento existan (*ya contrastados*), pues una instalación, una vez construida, será para muchos años. No hay que olvidar la facilidad de mantenimiento y sus costes.

- ✿ Prever las necesidades hídricas de producción, detectando en qué procesos se podría, mediante intercambiadores de calor o frío, aprovechar la energía de unos procesos a otros, mezclando incluso sistemas de calefacción o aire acondicionado, con procesos industriales.
- ✿ Es muy interesante la instalación de contadores (a ser posible electrónicos) que permitirán la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros a las necesidades reales, y no con márgenes de seguridad excesivos que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio. (*En la localidad de Madrid ya es obligatorio para todos y se dispone de tres años para segregar los consumos comunitarios*).
- ✿ Otro elemento a considerar es el tipo de grifería que se utilizará. Asumiendo que las actuales leyes y normas exigen que el agua en circulación por el punto más alejado de la caldera esté por encima de 50 °C, lo más probable es tener problemas y accidentes por escaldamiento de los usuarios, pudiéndose evitar con la instalación de griferías termostáticas, las cuales aumentan el confort del usuario, no representan una inversión mucho mayor y ahoran más del 15% de la energía (*siendo obligatorio en Madrid*).
- ✿ Considerar la adecuación paisajística del entorno (*si lo tuviera*) o de las plantas de interior, con un punto de vista de Xerojardinería o decoración con plantas autóctonas o que consuman poco agua, utilizando, siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes y programables, para evitar la tentación humana de que si se aporta más agua crecerán más y estarán mejor.
- ✿ La reutilización y/o reciclaje de aguas grises para menesteres como los antes descritos. Si no se considera en la fase de diseño o al realizar una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría al no estar preparada la estructura ni canalización de las instalaciones.
- ✿ Selección de equipos y adecuación de las instalaciones de climatización al tipo de explotación que va a tener el edificio. Hay especialistas que saben exactamente cuál es el tipo idóneo, las precauciones a tener en cuenta y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones.

- ✿ Prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación y/o de condensación, para ser utilizadas para otros usos (por ejemplo, para el riego, mezclada con otras aguas).
- ✿ Selección de equipos hidro-eficientes a nivel de electrodomésticos, y con etiqueta clase "A", pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de establecimientos se amortizan muy rápidamente. Existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60% menos de agua y un 50% menos de energía, por lo que merece la pena hacer cuentas antes de decidirse a realizar su compra (*además, ahora suele haber subvenciones para este tipo de equipos*).
- ✿ Utilizar jabones y productos biodegradables que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y emplear la dosis correcta propuesta por los fabricantes. Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado según el fabricante, pero, en cualquier caso, no hay que volver a lavarlos, pues con frotarles con un paño seco será suficiente.
- ✿ Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una corrección y 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. Se debería ajustar 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.
- ✿ Supervisar mensualmente la grifería, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD. 865/2003. Comprobar si éstos cierran adecuadamente, tienen pérdidas y/o fugas. Verificar los tanques o cisternas

de inodoros, pues suelen ser los más dados a tener fugas por culpa de los flotadores de los grifos o los sistemas de cierre.

- ✿ Si se utilizan sistemas de tratamiento del agua, verificar la calidad del agua y su composición cada cierto tiempo y, sobre todo, en épocas estivales, pues la variación de su composición requerirá dosis o ciclos distintos. Aprovechar para comprobar el estado de resinas, sales, etc., de los distintos depósitos, verificando el resultado final del tratamiento.
- ✿ Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del establecimiento, empresa o factoría, formando al personal para que resuelva los problemas más habituales que puedan encontrarse, demostrando a los clientes 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 la gestión y uso eficiente del agua y la energía. No sólo porque lo puedan solicitar (en el caso de grandes consumidores), sino por el propio interés de ver por dónde y de qué forma se puede crecer con los mínimos recursos, tanto naturales, como económicos.

5.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para poder ahorrar agua y energía

El nivel tecnológico de los equipamientos sanitarios que hoy en día están disponibles es impresionante, pero, por desgracia, muchas de estas técnicas y tecnologías no se conocen, con lo que su implementación se hace imposible por desconocimiento.

Este apartado pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar, y que más rápida amortización tienen (*en cuanto a ACS y AFCH se refiere*).

En la Comunidad de Madrid, cada vez hay más Ayuntamientos que exigen la incorporación de medidas economizadoras de agua en los edificios de nueva construcción, como es el caso de Madrid, Alcobendas, Alcalá de Henares, Getafe, Collado Villalba, Torrelodones, etc., donde, para obtener la licencia de obras, se necesita documentar que el proyecto incorpora grifería de bajo consumo.

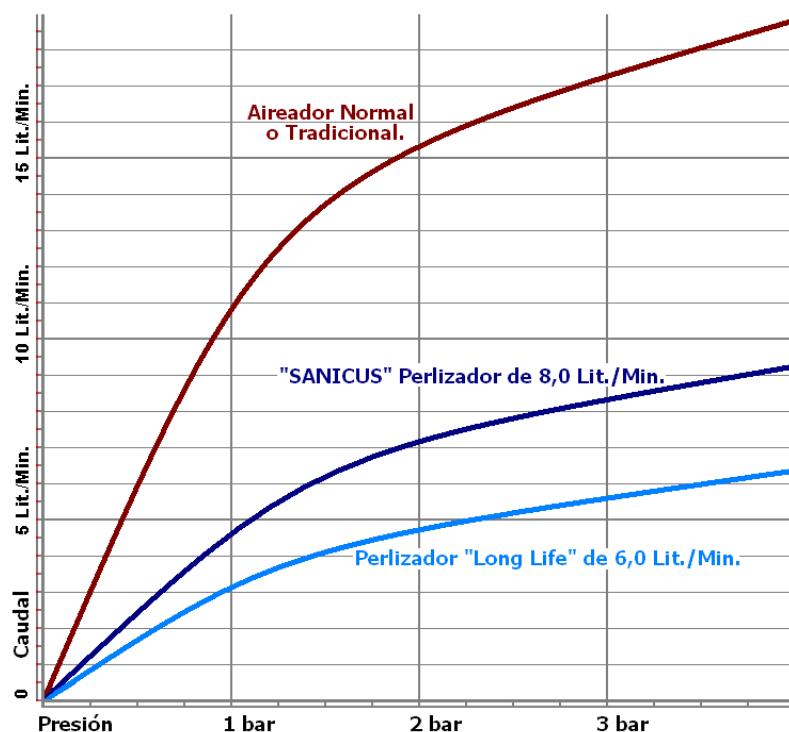


Figura 1. Consumos de griferías normales y ecológicas con perlizadores.

En el caso de los grifos, éstos suelen llevar un filtro para evitar las salpicaduras (*rompeaguas o aireadores*), disponiendo de tecnologías punteras como los perlizadores y eyectores, que reducen el consumo de agua un mínimo del 50% en comparación con los equipos tradicionales y aportan ventajas, como una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-calcáreos y anti-bloqueo, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente. También existen griferías que ya lo incorporan.

En la Fig. 1 se pueden ver las curvas comparativas del consumo de un equipo tradicional y otros economizadores, domésticos (*Sanicus*) y profesionales (*Long Life*).

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua y crear turbulencias sin aportación de aire en cabezales de ducha, que mejoran el confort al generar una sensación de hidro-masaje por turbulencias, consumiendo mucha menos agua que con los sistemas tradicionales de masaje por cantidad y presión de agua, economizando hasta el 65% del agua que actualmente consumen algunos equipos, sin pérdida ni detrimento del servicio.

5.5. Clasificación de equipos

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.

La siguiente información pretende recoger la gran mayoría de las tecnologías existentes a modo de guía básica de las más difundidas y las que son más eficaces, aunque puedan resultar desconocidas.

5.5.1. Grifos monomando tradicionales

Siendo, hoy en día, el tipo de grifería más utilizada por excelencia, no quiere decir que no existan técnicas y tecnologías economizadoras para mejorar los consumos de agua y energía de este tipo de sanitarios, tan utilizados por todos.

El hecho de que el agua que se utiliza en un grifo monomando sea fría, no quiere decir que ésta no contenga agua calentada. Por ejemplo, en un monomando de lavabo, al estar posicionado el mando o palanca en el centro,

cada vez que se abre, se consume un 50% de agua fría y un 50% de agua caliente, aunque a ésta no le dé tiempo a llegar a salir por la boca del grifo.

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 (*si éste fuera muy elevado*).

Actualmente, hay tecnologías que permiten reducir los consumos de agua de estos grifos y, a la vez, derivar los consumos de agua caliente no premeditada para agua fría. La solución consiste en la sustitución del clásico cartucho cerámico por otro ecológico de apertura en frío en su posición central y en dos etapas.

Como se puede apreciar en la Foto 2, al accionar la maneta, ésta se encuentra en su posición central un freno a la apertura y, además, ofrece sólo agua fría, debiendo girar la maneta hacia la izquierda para obtener una temperatura de agua más caliente.

Este mecanismo ofrece ahorros generales superiores al 10% de la energía media total que suele utilizar un lavabo normal, y un ahorro de un 5% en agua, aproximadamente.



Foto 2. Explicación gráfica de los cartuchos ecológicos.

Este equipo o cualquier otro tipo de grifería, ya sea de lavabo, fregadero, etc., y si tiene una edad menor de unos 20 años, además incorporará un filtro en su boca de salida de agua, denominado filtro rompeaguas o aireador, que tiene por objeto evitar que el agua salpique al salir del grifo.

Otra de las soluciones que existen para ahorrar agua y energía consiste en la sustitución de este aireador, por un perlizador, el cual, además de cumplir con el objetivo del anterior, aporta ventajas, como ser más eficaz con los jabones líquidos, ser más agradable y confortable, aparentar salir más agua de la que realmente sale y, por supuesto, economizar agua y la energía derivada de su calentamiento.

Estas tecnologías garantizan ahorros, como mínimo, del 50%, llegando, en ocasiones, y dependiendo de la presión, hasta ahorros del 70% del consumo habitual. Existen versiones normales y antirrobo, para lugares en los que preocupen los sabotajes, posibles robos o vandalismo.

La implementación de Perlizadores de agua en lavabos, bidet, fregaderos, pilas, etc., reduce los consumos, convirtiendo los establecimientos en más ecológicos, amigables y respetuosos con el medio ambiente y, por supuesto, mucho más económicos en su explotación, sin reducir la calidad y/o confort del servicio ofrecido.



Foto 3. Perlizadores de distintos caudales y modelos.

5.5.2. Grifos de volante tradicionales

Este tipo de equipos está en desuso en obra nueva, aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 15 años, y todavía suelen montarse 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, y es habitual el que haya que apretarlos mucho para que no goteen.

Hoy en día, existen técnicas para reconvertirlos en ecológicos, siendo mucho más eficaces y economizadores que un monomando tradicional. Desde el punto de vista del consumo de energía, es imposible demandar agua caliente de forma inconsciente, mientras que con un monomando sí, como se explicaba anteriormente.

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.

Es una solución muy económica cuando la grifería está bien, estéticamente hablando, ya que al cambiar la montura por otra cerámica, ésta queda mecánicamente nueva. El ahorro está cifrado en un 10% del consumo previo.

A este tipo de equipos, y siempre que su antigüedad no supere los 15 años aproximadamente, también se le podrá implementar los perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al 60% sobre el estado previo a la optimización.

Por lo general, un grifo de doble mando o *monoblock* cerámico será más económico y, a la vez, mucho más eficiente, energéticamente hablando, que un monomando, aunque no tan cómodo.

5.5.3. Grifos termostáticos

Possiblemente son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero, a la vez, los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético, ya que mezclan automáticamente el agua fría y caliente, para lograr la temperatura seleccionada por el usuario. Aportan altísimo confort y calidad de vida o servicio ofrecido, evitan accidentes y, además de la función economizadora de energía, también los hay con equipos economizadores de agua.

Es habitual el desconocimiento de este tipo de equipos, salvo en su utilización en las duchas y bañeras, a pesar de que en el mercado existen soluciones para lavabos, bidet, fregaderos, duchas con temporización, con activación por infrarrojos o fregaderos de activación con el pie o antebrazo, resultando la solución ideal. Aunque requieren una mayor inversión, su rendimiento economizador es para toda la vida. Actualmente, un grifo de ducha termostático, con mango de ducha ecológico, puede encontrarse desde 90,00 € y con una garantía de 5 años, por lo que ya no es tan elevada la diferencia como para no utilizarlos.

Por otro lado, aportan al centro y a los usuarios un mayor nivel de calidad, confort y seguridad, estando recomendado especialmente en todos aquellos centros donde se corra el riesgo de que el usuario pudiera quemarse por un uso inconsciente del equipo.

5.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos

Son, posiblemente, los más ecológicos, pues ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumpiéndolo según esté o no presente el usuario.

Está demostrado que el ahorro que generan es superior al 65-70% en comparación a uno tradicional, siendo ideales cuando se utilizan dos aguas, pues el coste del suministro de agua caliente hace que se amortice mucho más rápido que con agua fría solamente.

El coste de este tipo de equipos varía en función del fabricante y la calidad del mismo, pues los hay muy sencillos y muy sofisticados, siendo capaces de realizarse ellos mismos el tratamiento de prevención y lucha contra la *legionella*. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia: infrarrojos y microondas.

Estos equipos están disponibles para casi cualquier necesidad, utilizándose principalmente para el accionamiento en aseos de discapacitados y en aquellos sitios de alto tránsito (*lavamanos, por ejemplo*), donde los olvidos de cierre y accionamientos minimizarían la vida de los equipos normales. Está demostrado que son los equipos que mejor aprovechan los suministros, ya que los ajustan a la necesidad real del usuario, evitando el más mínimo despilfarro.

Suelen generar ahorros importantísimos, siendo, por ejemplo, en el caso de los lavamanos más del 70%, e incluso casi el 80% si incorporan perlizadores a su salida.

Existen versiones para lavabos, fregaderos y duchas fijas, tanto normales como con equipos termostatizados, Foto 4. También existen versiones para inodoros y urinarios, cubriendo casi cualquier necesidad que pueda plantearse. Las inversiones pueden llegar a ser 10 veces más costosas que un equipo tradicional, pero la eficacia, eficiencia y vida de los productos, se justifica si se desea tener una imagen innovadora, ecológica y económicamente ajustada en los consumos, produciéndose su amortización en una media de entre los 3 y los 5 años.



Foto 4. Grifería electrónica por infrarrojos y termostatizada, para fregaderos.

Hay variaciones que abaratan las instalaciones de obra nueva con estas tecnologías, las cuales consisten en centralizar la electrónica y utilizar electroválvulas, detectores y griferías normales, por separado. El mantenimiento es mucho más sencillo y se reducen considerablemente las inversiones, a la vez que se pueden diseñar las áreas húmedas utilizando griferías de diseño y/o de fabricantes que no disponen de este tipo de tecnologías.

5.5.5. Grifos electrónicos táctiles y temporizados

Sin lugar a dudas, es la grifería más moderna a nivel internacional y, progresivamente, romperá barreras para posicionarse como una de las mejores opciones en relación calidad-precio-prestaciones, ya que incorpora las ventajas de la grifería electrónica pero operada a voluntad por el usuario, y tanto su programación como su temporización la complementan para evitar los consumos por olvidos o cierres inadecuados, automatizando esta tarea.



Foto 5. Imagen de la nueva grifería táctil.

Su funcionamiento no puede ser más simple y sencillo: para activar el suministro de agua, sólo es necesario tocar en la cabeza del mismo con una ligera presión al tacto, y para interrumpir el suministro, volverle a tocar.

Si esta última acción no se realiza, el agua saldrá hasta que, en función del tiempo programado, se acabe cerrando solo.

Está disponible con una o dos aguas, y sus características de anti-vandalismo, así como su falta de partes móviles, lo hacen ideal para un sin fin de utilizaciones y usos ergonómicos.

Esta tecnología, unida a su bajo consumo, lo hacen la solución más adecuada para su instalación en zonas de alto tránsito y utilización, por su estética, robustez y durabilidad.



Foto 6. Detalle del cabezal.

5.5.6. Grifos temporizados

Los equipos o grifos temporizados vienen a cubrir una de las mayores preocupaciones en lugares públicos: los daños causados por el vandalismo, la necesidad de una durabilidad elevada por su alta utilización y el exceso de consumo por el olvido de cerrar la grifería.

Utilizándose casi siempre en equipos y zonas de gran uso, vienen a resolver situaciones de cierre automático a bajo coste, por ejemplo, en lavamanos, bien por activación con el pie, la rodilla o la mano, debiendo de considerarse si los tiempos de activación son adecuados (*por ejemplo, 6" es lo más adecuado para los lavamanos*).



Foto 7. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

En el mercado hay infinidad de fabricantes que ofrecen soluciones muy variadas. A la hora de elegir un grifo de estas características, habrá que tener en consideración los siguientes puntos:

- Caudal regulable o pre-ajustable.
- Incorporación del perlizador en la boca de salida.
- Temporización ajustada a demanda (6" en lavabos y 20-25" en duchas).
- Cabezales intercambiables anti-calcáreos.
- Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con problemas de vandalismo.

Sobre este equipamiento, y a través de su propio personal especializado de mantenimiento o de los profesionales específicos, puede optimizarse y regularse los consumos, minimizándolos entre un 20% y 40%, pues la gran mayoría de los fabricantes pone tiempos excesivamente largos a los equipos, lo que genera, en muchas ocasiones, hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18" cada una, cuando con una pulsación de 6" sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados, frotado y aclarado. Y, si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose y aclarándose, es muy frecuente ver cómo 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 (*pieza que proporciona 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 equipos se les puede implementar un perlizador en la boca de salida de agua, generando unos mayores niveles de ahorro.

Otra utilización muy habitual de estos equipos es en urinarios, lavabos y duchas empotradas, donde lo más importante es que el suministro de agua se corte a un tiempo determinado y/o evitar el olvido de cerrarlos.

5.5.7. Grifos de ducha y torres de prelavado

Las zonas de cocinas o torretas de prelavado de la vajilla, o zonas de limpieza de alimentos, para su conservación, preparación o despacho, son uno de los puntos donde, posiblemente, se consuma más agua.

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 pre-limpieza 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.

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. Con esta medida, se puede llegar a ahorrar más del 40% del agua que se utiliza en esta zona, que, por cierto, suele tener 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 determinar el consumo del mismo entre 8 y 16 litros minuto, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.



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

5.5.8. Grifos de fregadero en cocinas

En muchas localidades, y según la reglamentación sanitaria de la zona, son obligatorias determinadas características en barras, despachos y cocinas, como,

por ejemplo, los lavamanos, pero, sin ser obligatorio, se puede mejorar la ergonomía de utilización de los fregaderos de estas áreas con la implantación de eyectores giratorios orientables.

Estos mecanismos permiten ahorrar más del 40% del agua y la energía que consumen habitualmente, y mejoran el confort de utilización sin sacrificar la calidad del servicio, que se ve aumentada por las distintas formas de uso al tener la opción de dirigir el chorro del grifo a cualquier parte del fregadero y la posibilidad de ofrecer chorro o lluvia.

5.5.9. 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, como el diseño inadecuado de la instalación o variación de la presión de suministro y la 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, siendo muy frecuente su ampliación o variación, o la realización de tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los consumos o presiones sean inestables.

En otros casos, la presión de suministro aumenta, encontrándose con que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 9 litros.

En empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro existen unos eco-pistones especiales, Foto 9, a los cuales se les modifica la curva de descarga,

produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre que, en algunas instalaciones antiguas, incluso aumenta.

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 las posibles obstrucciones de las tomas, se puede hacer que el equipo esté como el primer día, ahorrando más del 30%, y evitando que el eje o pistón se quede agarrotado por sedimentación y/o que tarde mucho en cerrar el suministro.



Foto 9. Pistones ecológicos para fluxores.

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.

5.5.10. Cabezales y regaderas de ducha

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua que sobre la grifería. Con algunas de estas técnicas puede actuarse sobre duchas de activación temporizada pero que utilizan regaderas o

cabezales normales, conjugando el suministro optimizado de la salida del agua con el cierre temporizado.

Existe 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: cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo.



Foto 10. Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

En el primer caso, las dos actuaciones más utilizadas son las siguientes:

- ✿ Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra hidro-eficiente y de hidro-masaje 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 que suele ser accionado por un grifo temporizado.

- Desmontaje del equipo, principalmente 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 consumida por el equipo al que se le aplica.
- Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado. Posibilita ahorros del orden del 25%, aproximadamente, pero no son válidos para cualquier modelo.
- Incorporar un interruptor de caudal para disminuir el agua suministrada durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar sólo una parte ínfima de agua para evitar el enfriamiento de las cañerías.
- Cambiar el mango de la ducha por otro ecológico o eficiente, existiendo tres tipos principalmente:
 - ✓ Los que llevan incorporado un limitador de caudal.
 - ✓ Los que la técnica de suministro se basa en acelerar el agua y utilizar múltiples chorros más finos y a mayor presión.
 - ✓ Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua a nivel e hidro-masaje por turbulencias que posibilitan ahorros de hasta el 60%, aumentando el confort y la calidad del servicio

ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.

- ✿ 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.
- ✿ Por último, hay mezclas de estas técnicas, complementando equipos normales o integrados en diseños propios de los distintos fabricantes.

5.5.11. Inodoros (WC)

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana, aunque no lo es por su valor energético, ya que sólo utiliza agua fría. Su descarga media (estadística) suele estar en los 9-10 litros.

Los inodoros de los aseos de señoras se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, por lo que, si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta será igual tanto para retirar sólidos como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 ó 25% 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, posibilitará ahorrar más del 60-70% del contenido del tanque o descarga.

Analizando los distintos sistemas que suelen utilizarse, y tras haber descrito anteriormente las posibilidades existentes para los fluxores (*muy utilizados en la década de los 90*), ahora están más de moda los sistemas de descarga empotrados

y que, por norma general, acompañan a lozas de alta eficacia que suelen consumir, como mucho, 6 litros por descarga.

Casi la totalidad de los fabricantes que ofrecen cisternas o tanques empotrados ofrecen la opción de mecanismos con doble pulsador, algo altamente recomendable, pues cada día se suele ir una media de 5 veces al WC, de las cuales 4 son por micciones y 1 por deposición. En este sentido, ahorrar agua es fácil siempre que se pueda discriminar la descarga a realizar, ya que para retirar líquidos se necesitan solamente unos 2-3 litros, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

Esto supone que, con independencia del sistema que se elija para conseguir esta selección del tipo de descarga, si se utiliza adecuadamente, el consumo disminuirá en más del 50% respecto a un inodoro con sólo descargas completas.

En el ejemplo siguiente, a nivel estadístico de una persona en cómputo diario, se obtendrían los siguientes consumos:

<u>Tanque Normal:</u>	5 Descargas x	9 l/descarga	=	45 l/día
<u>Tanque 2 Pulsadores:</u>	1 Descargas x	9 l/descarga	=	9 l/día
	4 Descargas x	3 l/descarga	=	12 l/día

Diferencia: $45 - (9 + 12) = \mathbf{24 \text{ litros ahorados}}$, lo que supone un 53,33%.

Lógicamente, esta demanda es a nivel estadístico, por lo que perfectamente se puede afirmar que más del 40% de estos consumos se realizan en la jornada laboral, por lo que la actuación de este ejemplo economizador en un comercio, empresa o industria supondría un mínimo del 20% de reducción del consumo por empleado.

Las posibilidades técnicas disponibles para producir esta selección de descargas son las siguientes:

Tanques o cisternas con pulsador interrumpible.

Suelen formar parte de instalaciones recientes, de unos 8-9 años de antigüedad y, 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, viendo si se interrumpe o no la descarga.

Si así fuera, la simple instalación de unas 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 medio ambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30% del agua que actualmente se utiliza.

Este hecho de poder interrumpir la descarga es desconocido por la gran mayoría de los usuarios.

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, porque 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 de que el mecanismo no es interrumpible y producirá la descarga completa.

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.

✿ **Tanques o cisternas con doble pulsador:**

Sin lugar a dudas, es la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Por desgracia, algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga. En otros casos, 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 para producir una descarga completa.

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

- ✿ Que esté diseñado para lugares públicos, pues la gran mayoría lo están para uso doméstico, y su vida es mucho menor.
- ✿ La garantía, que debe ser de 10 años, siendo, como mínimo, de 5.
- ✿ Que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, y que sean fáciles de actuar.

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento y comprueben la existencia de posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena de más el tanque (*lo que con la simple regulación se 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 muy bajo*). También será recomendable instalar pegatinas, con independencia del modelo, por las razones anteriormente citadas.

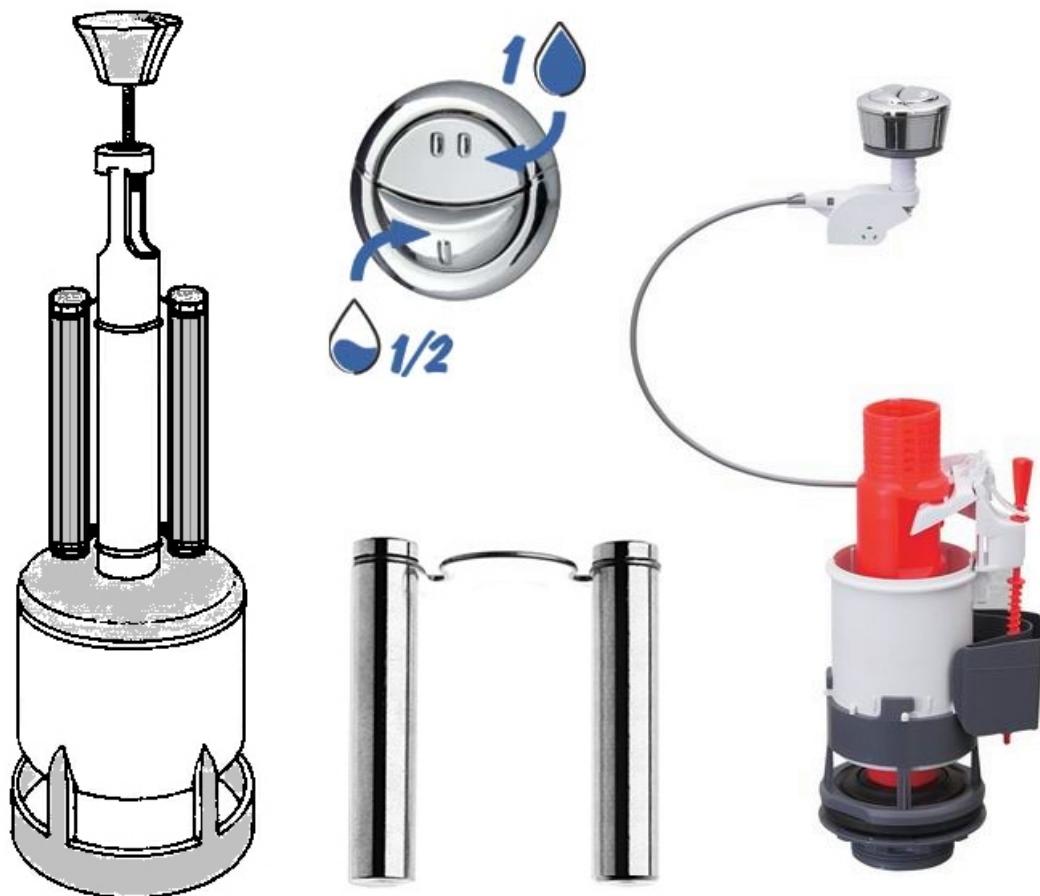


Foto 11. Mecanismo de tirador, contrapesos y mecanismo de doble pulsador.

En el mercado hay infinidad de trucos, técnicas y sistemas que consisten en reservar, ocupar o evitar la salida de un determinado nivel o capacidad de agua al utilizar la cisterna, aunque con estas técnicas se puede sacrificar el servicio ofrecido.

Por ejemplo, la inserción de una o dos botellas de agua en el interior de la cisterna. Está demostrado que, al disponer de menos agua en cada utilización (podría tratarse de un ahorro de un litro por descarga), en muchas ocasiones no se consigue la fuerza necesaria, debiendo pulsar varias veces, consumiendo el agua ahorrada en 7-8 utilizaciones.

Además, hay que añadir los problemas de estabilidad que pueden ocasionar las botellas si se caen o tumban, evitando su cierre y generando fugas constantes.

5.6. Consejos generales para economizar agua y energía

Algunos consejos generales diferenciados por áreas pueden ser los siguientes:

En salas de calderas, calentadores y redes de distribución

- Las calderas y los quemadores deben limpiarse y revisarse periódicamente por un técnico cualificado.
- Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, destacando los siguientes puntos:
 - ✓ Las 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 y que le presente una hoja de ensayos con los resultados. El coste aproximado puede oscilar entre los 100 y 200 € por caldera.
- Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 40 €.
- Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.

- ✿ Aislamiento de 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 reciclada en los distintos horarios de demanda, punta y valle, a la más adecuada, para garantizar el servicio con el mínimo esfuerzo de la caldera (*Si sus puntas son muy exageradas, valorar la implementación de un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura*).

En los 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, como perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc., que reducirán los consumos de forma muy importante.

En el centro de trabajo

- ✿ Promover una mayor participación en la conservación del medio ambiente por medio de actividades de educación ambiental, para empleados y subcontratas, realizando campañas de educación y procesos respetuosos en su trabajo cotidiano, con ejemplos concretos, reputables y recriminatorios. Si se hace mucho hincapié en una tendencia y/o técnica mal utilizada, la persona que lo ejecuta se sentirá mal internamente cuando la practique.
- ✿ Realizar campañas de sensibilización, trasmidiendo a clientes y empleados su preocupación por el medio ambiente. Así, se mejorará la imagen y disminuirán las facturas de los suministros.

- ✿ Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos economizadores, por ejemplo, en inodoros y/o sistemas especiales.
- ✿ Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas para que los empleados tengan presente cómo actuar ante las distintas situaciones que puedan encontrarse.
- ✿ Solicitar la colaboración de los usuarios con notas de sugerencias, mejoras y avisos para resolver los problemas y/o averías que puedan surgir y fueran detectados por los clientes, resolviéndolos inmediatamente para demostrar la preocupación por el tema y, a la vez, minimizar el impacto económico.
- ✿ Un hábito frecuente es tirar al inodoro gasas, compresas, tampones o sus envoltorios, junto con papeles, plásticos o profilácticos, con lo que se pueden producir atascos en tuberías, tanto de bajantes como en fosas y sifones, provocan obstrucciones en las rejas de entrada y filtros, y ocasionando diversos problemas higiénicos y mecánicos. Es recomendable que todos estos residuos vayan directamente a la basura. Para ello, además de sensibilizar a los usuarios, los centros han de poner medios para poder facilitar esta labor.

En jardinería y paisajismo

Aunque no suele ser muy habitual disponer de zonas ajardinadas o de césped, se incluyen unos ejemplos genéricos sobre cómo actuar en estas zonas.

- ✿ El exceso de agua en el césped produce aumento de materia verde, incremento de enfermedades, raíces poco profundas, desaprovechamiento de recursos y grandes facturas. Cuando se trata de regar un área verde o jardín, es preferible regar de menos que regar de más, pues se facilitará el crecimiento y enraizado de plantas, arbustos y césped, mejorando la imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.
- ✿ La necesidad de agua en el pasto puede identificarse cuando se torna de color verde azulado y cuando las pisadas permanecen marcadas en él, ya que la falta de agua hace que a la hoja le cueste recuperar su posición

original. Lo ideal sería regar el césped justo en ese momento, ya que el deterioro en ese punto es mínimo y el césped, apenas recibe agua, se recupera. Regar el pasto antes de observar estos signos no proporciona beneficio alguno.

- ✿ 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 hacerlo es 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. Una de las complicaciones que ocasiona el riego en horas de la tarde es la creciente incidencia de enfermedades. Este inconveniente puede reducirse regando únicamente cuando el césped lo necesita, y haciéndolo esporádica pero profundamente. Regar durante el mediodía no es efectivo ya que se evapora gran cantidad de agua siendo, por consiguiente, muy difícil humedecer la tierra de forma adecuada.
- ✿ El riego por aspersión produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuado para aquellas plantas resistentes que se riegan manualmente de forma ocasional.
- ✿ Al diseñar y/o reformar el jardín, es recomendable agrupar las especies según su demanda de agua. De esta forma, se tendrán zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, los cactus, crasas y la flora autóctona, estarían dentro de un grupo de plantas con necesidades bajas.
- ✿ Elegir especies autóctonas que, con la lluvia, puedan vivir sin precisar riego alguno, o que no se mueran en períodos largos de sequía.
- ✿ La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90%.
- ✿ Existen hidrogeles o polímeros absorbentes del agua que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y, a la vez, acumulan el agua, liberándola hacia las raíces más lentamente, lo que genera un crecimiento

muy superior y una fortaleza mayor de las plantas y/o el césped, con un 50% menos de riego.

- Elegir otras especies que, aunque no sean autóctonas, sean resistentes a la sequía. Ejemplos: cactus, lantana, aloes, palmeras, etc.
- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

En la limpieza de las instalaciones

- 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 (*equivalente a un grifo*), mientras que una manguera consume más de 30 litros por minuto, lo que supone más de un 75% de ahorro.



Foto 12. Máquina de limpieza por agua a presión.

- ✿ Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes después del llenado. Aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- ✿ Promover medidas para ahorrar en el lavado de trapos y uniformes de personal.
- ✿ Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como trapos de limpieza. No se emplearán servilletas o rollos de papel para tal fin, pues se aumenta la cantidad de residuos generados.
- ✿ Utilizar trapos reciclados de otros procesos y absorbentes, como la celulosa usada, para pequeñas limpiezas, y productos como la arena o el serrín, para problemas de grandes superficies.
- ✿ No utilizar las mangueras para refrescar zonas pues, si están muy calientes, se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura pueden crear problemas de dilatación.

No hay mejor medida economizadora o medioambiental más respetuosa que aquella que no consume. Deben limitarse las demandas a lo estrictamente necesario. No hay que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume.

Bibliografía

1. IDAE. (2001).: "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo" Madrid, España.
2. Proyecto Life. (2001).: "Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea". WWF/Adena. Madrid, España.
3. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
4. Infojardin.com (2002-2005).: Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), (Cádiz) España.

5. TEHSA, S.L. (2003).: "Sección de Artículos", Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares (Madrid), España.
6. Ahorraragua.org (2006).: "Publicaciones", Web de divulgación. Madrid, España.
7. Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid, Concejalía de Medio Ambiente (www.munimadrid.org). Ayuntamiento de Madrid.

6.1. 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 °C, y que la media en el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo en la franja horaria de 9:00 h a 23:00 h 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 incrementa entre un 6 y un 8%.

Con esta información se puede comprender fácilmente por qué la temperatura ambiente en los edificios era tan elevada, no era extraño

alcanzar temperaturas ambiente sobre los 27 - 28 °C, y por qué el consumo de combustible era, igualmente, tan alto. Si se considera una temperatura ambiente de confort entre 20 y 22 °C como adecuada, mantener los 27 ó 28 °C descritos, implica un despilfarro de combustible de un 50%, e incluso superior, a todas luces una absoluta aberración.

6.2. 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 unos 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 produce 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 misma, 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 obtiene anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico, extremadamente agresivos y corrosivos, como es sabido. En el caso del gas natural, la condensación produce 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 calor latente que, de poder aprovecharse, representa un aprovechamiento adicional de la energía. Acerca de este principio se desarrollan las calderas de gas de condensación.

6.3. 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 que estas calderas puedan trabajar 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 Figs. 1, 2 y 3.

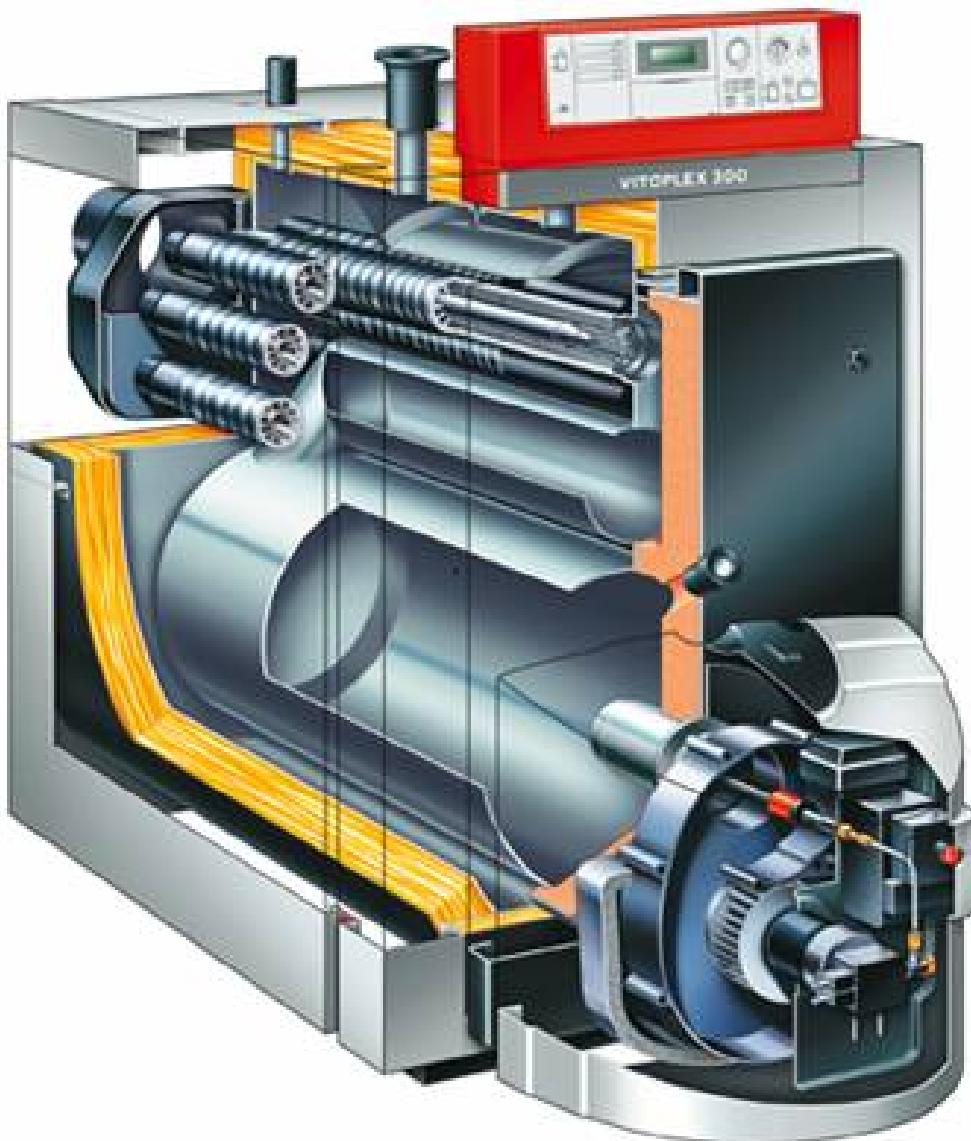


Figura 1. Vista seccionada de una caldera de baja temperatura de Viessmann, modelo Vitoplex 300.

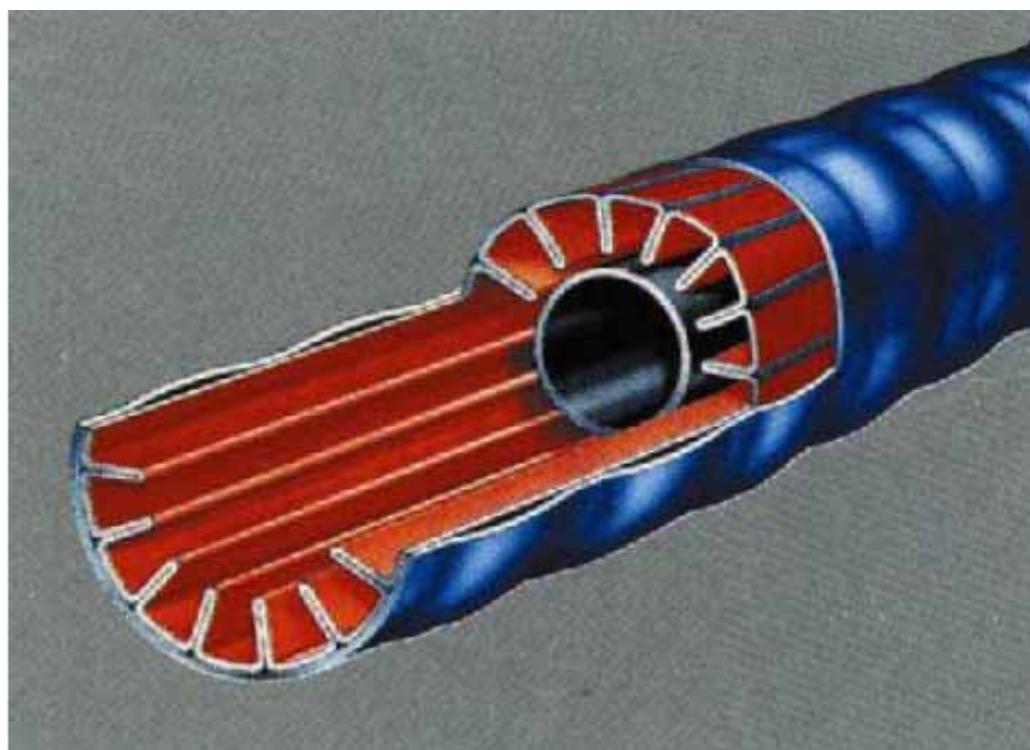


Figura 2. Tubo Triplex. Superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la caldera Vitoplex 300.

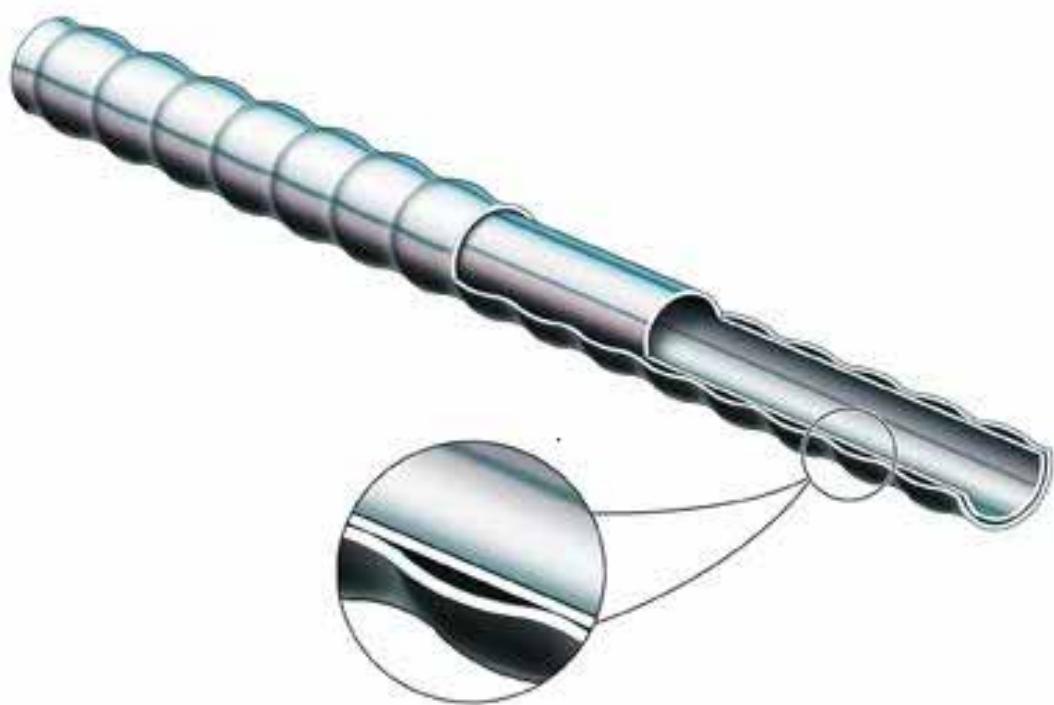


Figura 3. Tubo Duplex de la caldera Vitomax 300-LT.

6.3.1. 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 conductibilidad 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 Fig. 4.

6.3.2. 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 según la demanda calorífica o, dicho de otra forma, de las necesidades reales.

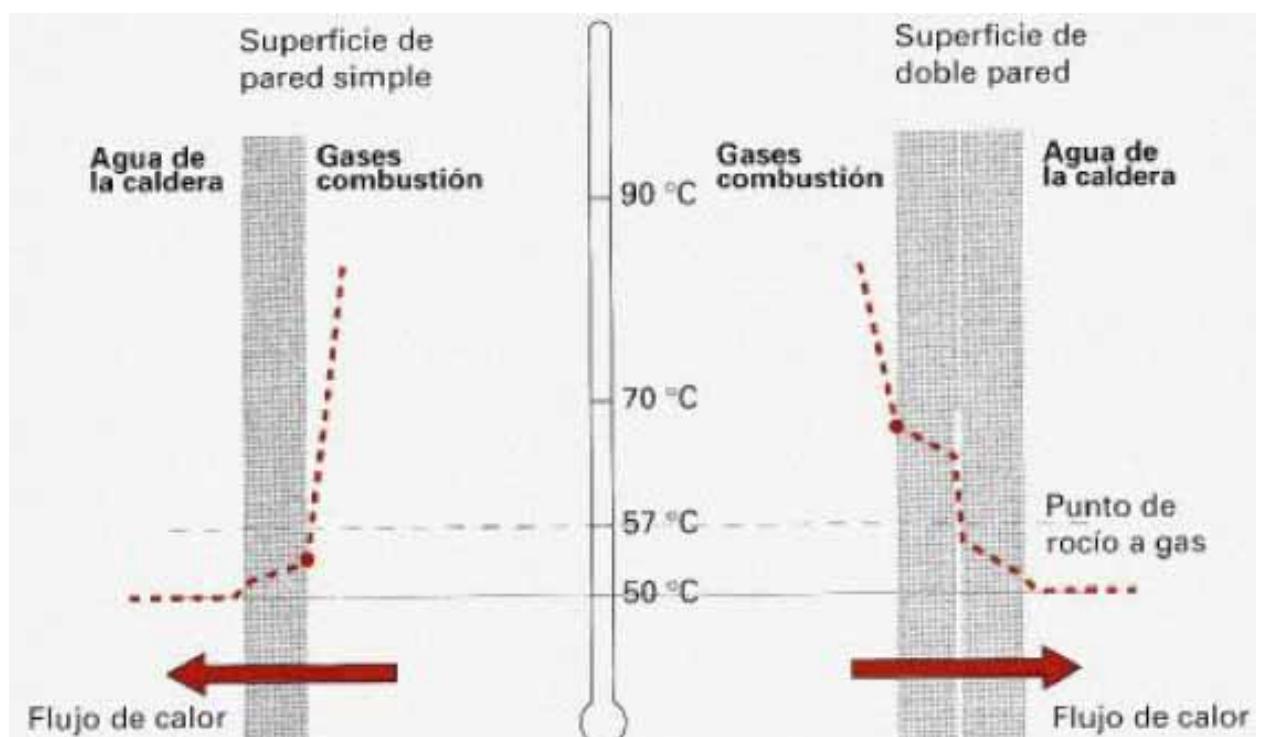


Figura 4. Funcionamiento de superficies de calefacción de pared simple y de pared múltiple.

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 comentado, 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.

En 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. Con 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, aproximadamente, un 15%, o incluso superior, en función de la marca y modelo de caldera con la que se realice la comparativa.

6.4. 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. Así, la mayoría de las calderas de condensación de calidad están fabricadas en aceros inoxidables 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.

6.4.1. Técnica de condensación

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

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan 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. 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 del 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.).

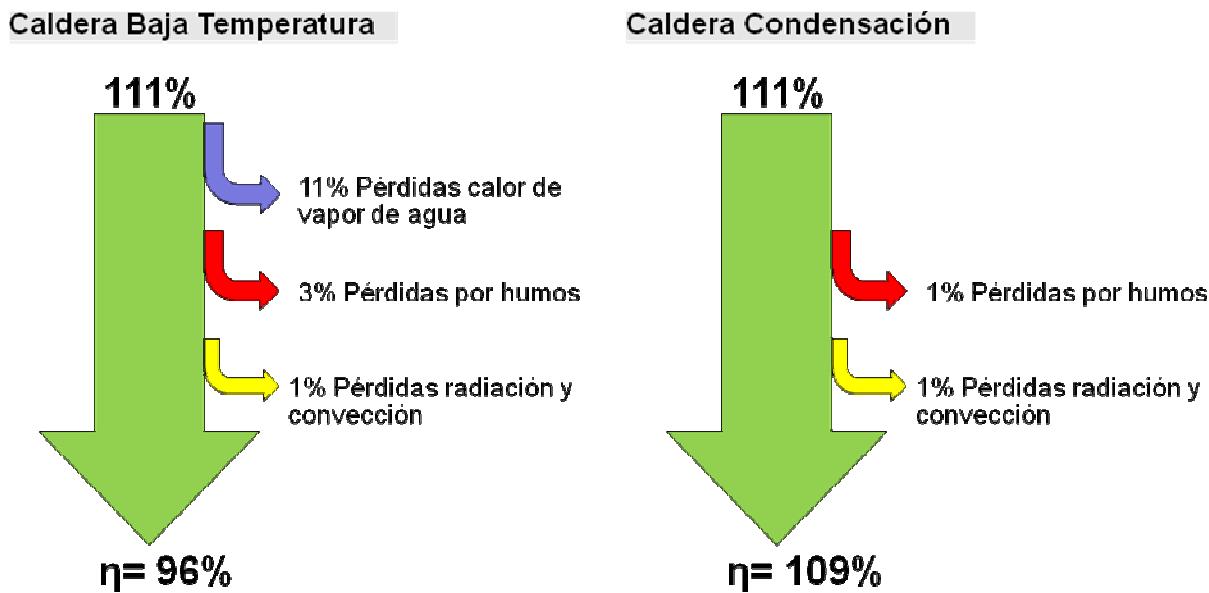


Figura 5. Ventajas de la técnica de condensación.

6.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberado 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 liberado 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 enfrián los humos hasta unos 10 °C por encima de la temperatura de retorno a la caldera, aprovechando también, de este modo, el calor sensible de los humos en mucha mayor cuantía que las calderas de baja temperatura y estándar.

En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

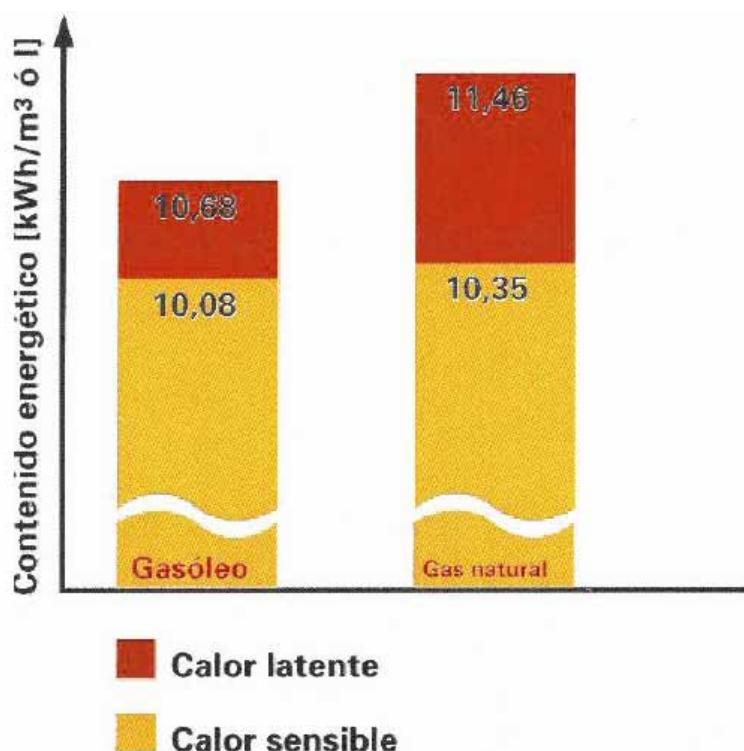


Figura 6. Contenido energético del gasóleo y el gas natural.

6.4.2. 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, donde 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 transfiera 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, Fig. 7.

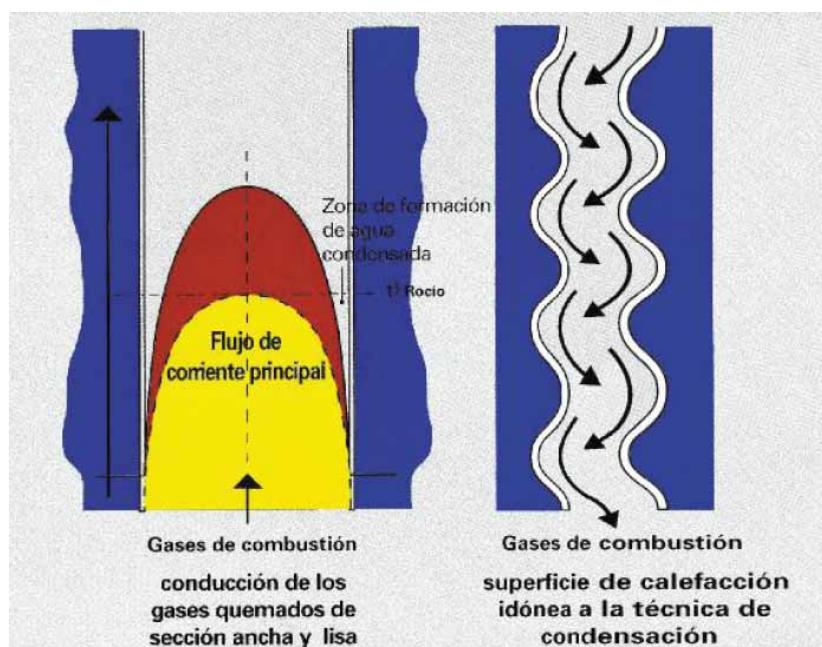


Figura 7. Requisitos físicos para los pasos de humos de mayor diámetro-superficie de calefacción Inox-Crossal.

Las superficies de calefacción pueden concebirse de forma tal que los gases de combustión se arremolinan 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.

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.

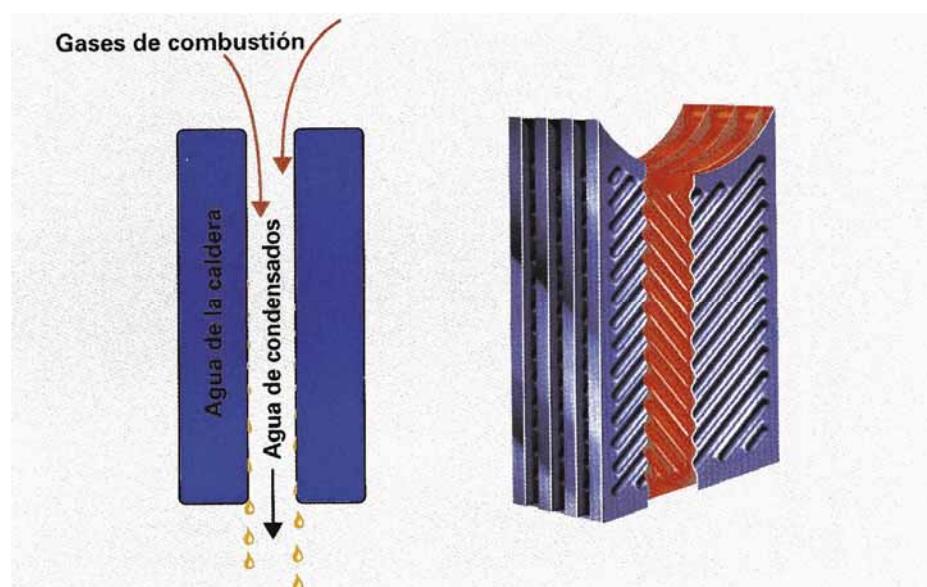


Figura 8. Conducción de los gases de combustión y agua de condensados.

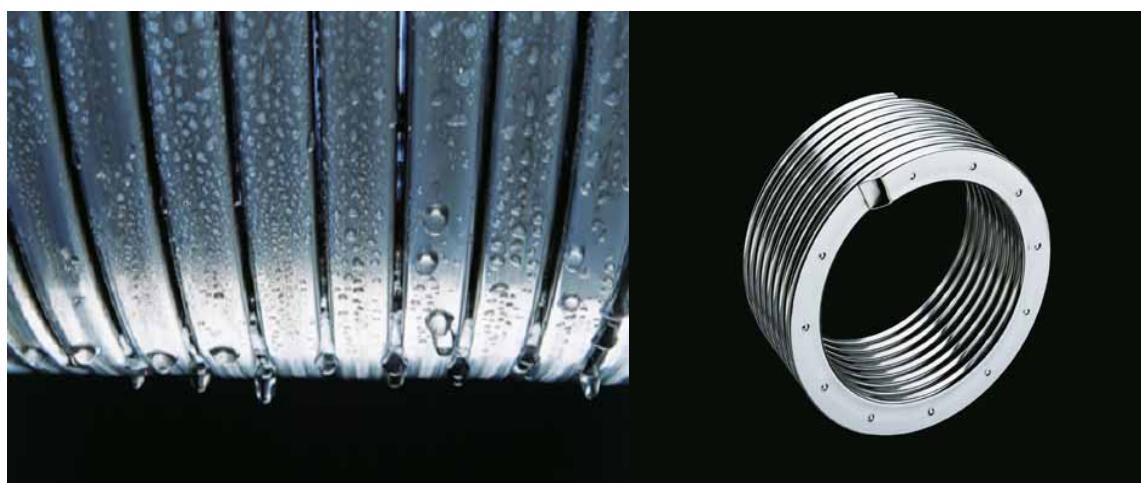


Foto 1. Superficie de transmisión Inox-Radial de acero inoxidable de alta aleación.

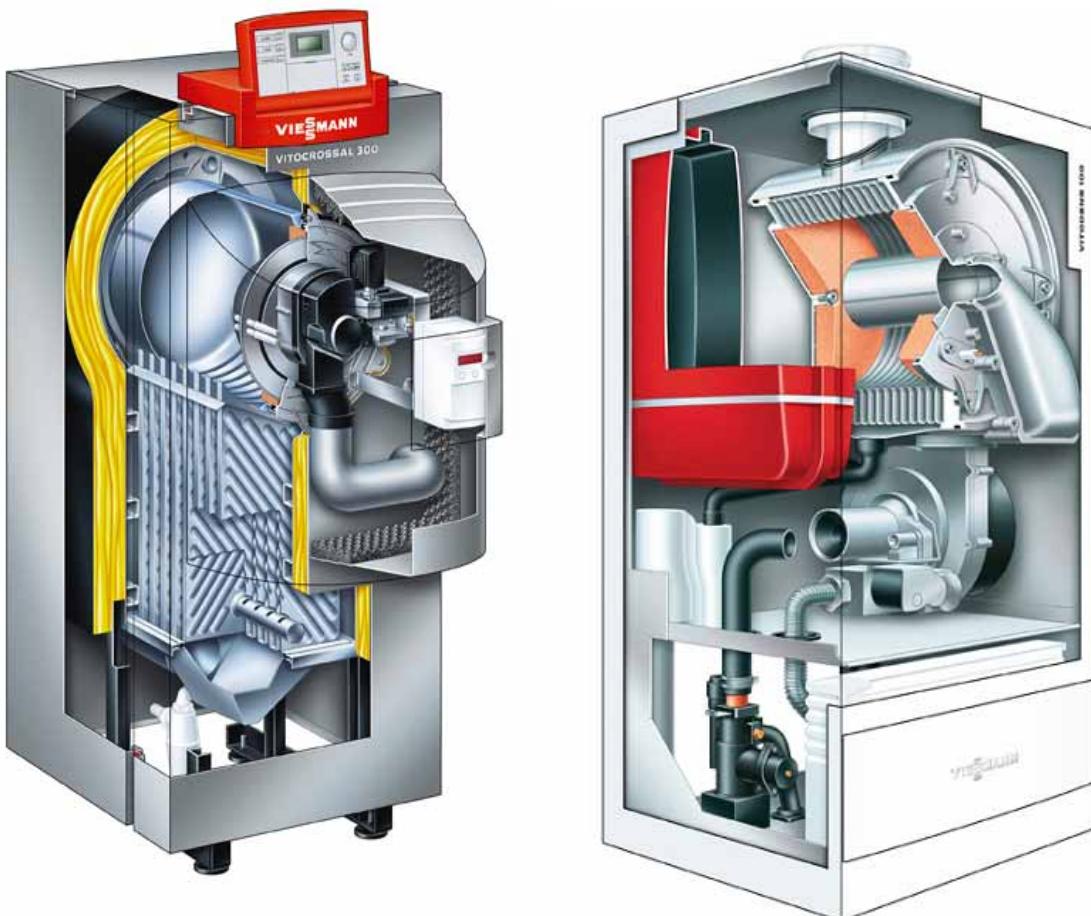


Figura 9. Vista seccionada de calderas de condensación a gas de Viessmann.

6.5. 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 °C y los –5 °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 el 20 y el 30%.



Figura 10. Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de baja temperatura y de condensación con respecto a las calderas estándar.

En la Fig. 10 se aprecia claramente cómo la utilización de calderas de baja temperatura y de condensación permite obtener elevados rendimientos estacionales y, en consecuencia, reducir de manera directamente proporcional el consumo de combustible.

6.6. 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 produzcan en su interior condensaciones ácidas perjudiciales para la caldera.

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

En ambos casos, el funcionamiento acorde a 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 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 se relacionan 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 observarse que el ahorro energético que puede llegar a alcanzarse con una caldera de condensación con respecto a una estándar puede superar incluso el 30%.

7.1. Introducción

Este capítulo tiene la finalidad de definir los sistemas de climatización más adecuados para las industrias de artes gráficas y las posibilidades existentes para la mejora de la eficiencia energética de esta parte de la instalación.

Para ello, se comenzará por definir los tipos de sistemas de climatización existentes, así como los sistemas de ahorro energético y recuperación de calor posibles para todo tipo de instalaciones.

Posteriormente, se tratarán tanto las particularidades de estas instalaciones como los procesos que en ellas se llevan a cabo y los requisitos necesarios para su buen funcionamiento, buscando, así, el mejor sistema de climatización para una industria que puede llegar a ser bastante compleja.

7.2. Sistemas de climatización

Los sistemas de climatización se clasifican en función del fluido utilizado en los locales a acondicionar. Dicho fluido, junto con los elementos terminales o equipos, se encargará de conseguir las condiciones adecuadas para el ambiente que se desee climatizar.

Según este criterio, los tipos de sistemas son:

- Sistemas todo aire: el aire es el único fluido utilizado.
- Sistemas todo agua: el agua es el único fluido utilizado.
- Sistemas aire-agua: se emplean ambos fluidos simultáneamente.
- Sistemas de refrigerante: el fluido empleado es un fluido refrigerante.

Por otro lado, dentro de los diferentes sistemas se pueden distinguir los siguientes subsistemas:

- ✿ Centrales de tratamiento: son los equipos encargados de preparar los fluidos que deben llegar a los elementos terminales de la instalación.
- ✿ Elementos terminales: son los encargados de preparar el aire que se impulsa al local con los fluidos que reciben de la central de tratamiento (aire, agua o refrigerante). Pueden estar situados en el interior del propio local o muy próximos a él.
- ✿ Elementos intermedios: sirven de unión entre la central de tratamiento y los elementos terminales. Están incluidas tanto las canalizaciones (conductos, tuberías, etc.) como los accesorios necesarios para la instalación (válvulas, bombas, etc.).
- ✿ Equipamiento de control y seguridad.

En muchos casos, las centrales de tratamiento son equipos frigoríficos cuyo funcionamiento está basado en el Ciclo de Carnot, Fig. 1, en el cual un fluido refrigerante recibe trabajo de un compresor, cediendo posteriormente su calor a un foco caliente (condensador) para, a continuación, expandirse y recibir calor del foco frío (evaporador).

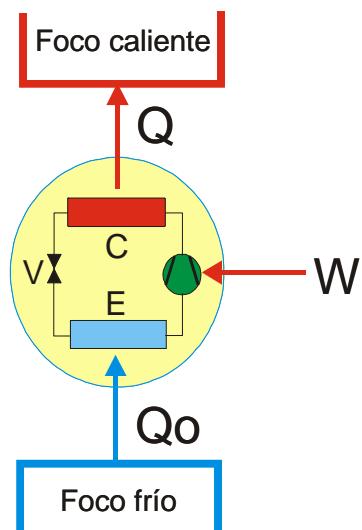


Figura 1. Ciclo de Carnot.

Estos equipos se clasifican según el fluido de intercambio mediante el cual se enfriá o calienta el refrigerante en cada uno de los focos.

Esta clasificación se hace nombrando en primer lugar el medio en el que condensa el equipo cuando funciona dando frío al local que se desea climatizar. Por lo tanto, existen equipos:

- Aire-aire: Intercambio con aire en ambas unidades.
- Aire-agua: Intercambio con aire en unidad exterior y agua en unidad interior.
- Agua-aire: Intercambio con agua en unidad exterior y aire en unidad interior.
- Agua-agua: Intercambio con agua en ambas unidades.
- Tierra-agua: Intercambio con el terreno en unidad exterior y agua en unidad interior.

7.2.1. Sistemas “todo aire”

Los sistemas “todo aire” son los que emplean un caudal de aire (frío o caliente) para conseguir las condiciones deseadas de temperatura, humedad y limpieza del aire. Un ejemplo puede observarse en la Fig. 2.

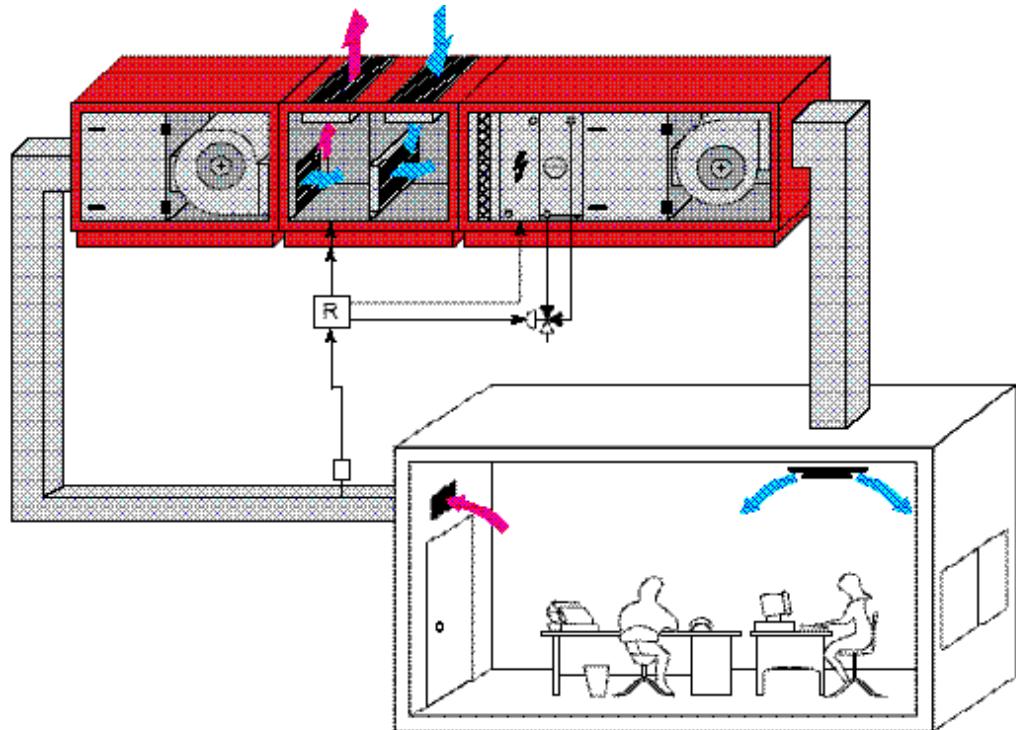


Figura 2. Sistema “todo aire” con climatizador.

Este aire se envía al local a climatizar desde la central de tratamiento, para distribuirse a través de las unidades terminales que, en este caso, son elementos de difusión (difusores, rejillas, toberas, etc.).

Las unidades centralizadas son unidades climatizadoras de dos tipos:

- ✿ Equipos de expansión directa. Pueden ser compactos o partidos.
- ✿ Climatizadores de agua. Para su funcionamiento precisan también de unidades enfriadoras de agua, bombas de calor y/o calderas para enfriar o calentar el agua que llega a las baterías del climatizador.

7.2.1.1. Equipos de expansión directa o equipos autónomos

Como ya se ha indicado anteriormente, estos equipos pueden ser compactos o partidos.

Las unidades autónomas para producción de frío están equipadas, por tanto, con todos los elementos fundamentales de estos sistemas, es decir, compresores, condensadores refrigerados por aire o por agua, sistema de expansión y evaporador de aire con ventilador centrífugo.

Estos equipos autónomos pueden equiparse también con sistemas de bomba de calor, invirtiendo el ciclo de refrigerante para la producción de aire caliente en la época de invierno.

Pueden ser de varios tipos:

- ✿ **Compactos de cubierta o “*roof-top*”.** Son equipos de condensación por aire para ubicación en exterior. Su potencia está comprendida entre los 15 kW y los 350 kW.

Estos equipos pueden incorporar múltiples opcionales de *free-cooling* y recuperación, enfocados a la eficiencia y el ahorro energético, así como

otros opcionales apropiados para mantener la calidad del aire del local, como filtraciones de alta eficacia y sondas de calidad de aire.

Con un solo equipo, se pueden disponer de todos los elementos necesarios para alcanzar las condiciones deseadas de temperatura, humedad y ventilación en el local a climatizar.

- **Compactos verticales u horizontales.** Son equipos de condensación por aire o por agua para ubicación en el interior. Su potencia está comprendida entre los 6 kW y los 110 kW.

En el caso de equipos condensados por aire, deben disponer de ventiladores centrífugos para poder extraer el aire de condensación al exterior.

En el caso de equipos condensados por agua, la instalación debe disponer de torre de refrigeración, aerorrefrigerador u otro sistema para enfriar el agua de condensación del equipo.

- **Unidades partidas.** Estos equipos se encuentran divididos en dos piezas: la condensadora, o unidad exterior, donde se encuentran el condensador y el compresor, y, por otro lado, la evaporadora o climatizadora, o unidad interior, compuesta por el evaporador y el sistema de expansión.

La condensadora debe ubicarse en el exterior del edificio en caso de llevar ventilador axial, o en algún cuarto técnico cercano a la fachada, cuando no exista posibilidad de ubicarla en el exterior, y disponga de un ventilador centrífugo.

La condensadora se une a la unidad interior mediante unas líneas de refrigerante. La gama de potencias comprende desde los 5 a los 140 kW.

7.2.1.2. Climatizadores

Los climatizadores de agua son unidades que ofrecen muchas posibilidades, ya que suelen ser equipos modulares, seleccionados según las necesidades de

cada instalación. Esta concepción casi "a medida", permite una flexibilidad mayor en cuanto a caudales de aire y potencias proporcionadas por las baterías de frío y/o calor de los equipos. También proporcionan más opciones en cuanto a posibilidades de secciones de filtración y presiones disponibles proporcionadas por los ventiladores. Además, las calidades y acabados que pueden encontrarse en el mercado son muy variados y pueden adaptarse muy bien a las necesidades de la instalación.

A diferencia de los equipos autónomos que, habitualmente, disponen de su propia regulación electrónica para el control del equipo y de los diferentes parámetros que se deseen controlar en el local a climatizar, los climatizadores necesitan de una regulación externa no suministrada por el equipo. Teniendo en cuenta que los climatizadores se seleccionan según las necesidades de la instalación, la precisión en el control de las variables que se pueden examinar con un climatizador es mayor que con los equipos autónomos. Esto hace también que, en ciertas aplicaciones especiales, en cuanto a precisión o a higiene, la única opción para la climatización sea el empleo de un climatizador.

La envolvente o carcasa de un climatizador cumple, por un lado, la función de aislar entre sí el ambiente exterior de los componentes del climatizador y, por otro, servir de soporte para las diferentes secciones. Esta función es tan importante que se ha creado una Norma (UNE-1886) para establecer los puntos que debe cumplir la envolvente. En concreto, se deben cumplir y comprobar los siguientes puntos:

- ✿ Resistencia mecánica.
- ✿ Estanqueidad de la envolvente.
- ✿ Estanqueidad de la sección de filtros en función de la eficacia de filtración.
- ✿ Aislamiento térmico de la envolvente (coeficiente de transmisión, puentes térmicos).
- ✿ Aislamiento acústico de la envolvente.
- ✿ Resistencia al fuego.
- ✿ Seguridad mecánica y protección de elementos en movimiento.

Todos estos puntos son diferenciadores entre unos tipos de climatizadores y otros, y deberán ser tenidos en cuenta por el proyectista en función del tipo de instalación.

7.2.2. Sistemas “todo agua”

Los sistemas “todo agua” son aquellos que utilizan como fluido caloportador una corriente de agua, fría o caliente, dependiendo de si el sistema está enfriando o calentando (ver Fig. 3). Este agua se transporta al interior del local a acondicionar, donde un elemento terminal, en este caso un *fan-coil* o inductor, se encargará de acondicionar el local aprovechando la temperatura del agua.

También puede emplearse para un sistema de suelo radiante o refrescante, instalando una gran superficie de tubería por debajo del suelo del local, consiguiendo así una distribución de temperaturas muy uniforme. En este caso, las unidades centralizadas son enfriadoras de agua condensadas por aire o por agua, bombas de calor aire-agua o agua-agua y/o calderas.

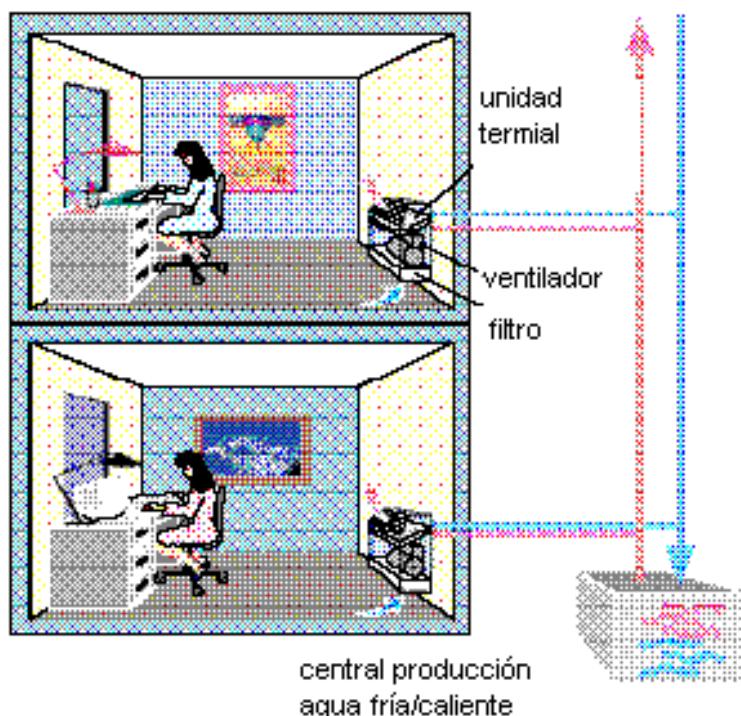


Figura 3. Sistema “todo agua” con *fan-coils*.

7.2.3. Sistemas aire-agua

Los sistemas aire-agua son los que utilizan al mismo tiempo un caudal de aire y otro de agua que llegan al local que se desea climatizar.

En este caso, se emplean *fan-coils* o inductores para calentar o refrigerar el local y, además, climatizadores para aportar el aire de ventilación a los locales.

7.2.4. Sistemas “todo refrigerante”

Los sistemas “todo refrigerante” son los que llevan el mismo fluido refrigerante a los locales a acondicionar. En el local se dispone de un climatizador de expansión directa que funciona como evaporador del refrigerante en caso de funcionar en el ciclo de frío, o como condensador en caso de funcionar como bomba de calor en período de calentamiento del local.

Dentro de estos sistemas, se pueden encontrar desde los pequeños equipos *split* empleados habitualmente en viviendas, hasta los grandes sistemas VRV (sistemas de refrigerante variable), en los cuales se disponen varias condensadoras exteriores conectadas a múltiples unidades interiores. Por lo tanto, se sustituye el agua de los típicos sistemas de *fan-coils* a dos tubos por el refrigerante como fluido que transporta la energía frigorífica y calorífica, con las ventajas e inconvenientes que esto conlleva.

Según el tipo de edificio a climatizar, será mejor la elección de uno u otro sistema de climatización, siendo a veces posible elegir dos o más sistemas diferentes para una misma instalación. Los principales factores que hay que tener en cuenta a la hora de elegir uno u otro sistema son:

- ✿ Distribución en planta del edificio: se pueden encontrar espacios diáfanos o bien plantas divididas en muchos espacios pequeños e independientes.
- ✿ Dimensiones del edificio.
- ✿ Costes de la instalación.
- ✿ Costes de mantenimiento y reparaciones en uno u otro sistema.

- Confort exigido en los locales y variables que se deben controlar.
- Necesidades de ventilación y recuperación de aire.
- Nivel sonoro exigido y generado por la instalación.
- Espacios disponibles para pasar las instalaciones.
- Espacios disponibles para la ubicación de los equipos.
- Normativas que se deben cumplir.

7.3. Sistemas de recuperación de calor y ahorro energético en instalaciones de climatización

En primer lugar, a la hora de ahorrar energía en una instalación de climatización, la forma más sencilla que se puede encontrar es hacer *free-cooling* o enfriamiento gratuito por aire exterior.

El *free-cooling* consiste en sustituir el aire de retorno de la instalación por aire exterior cuando la temperatura o entalpía de este aire es inferior a la del aire de retorno y se necesite enfriar el local en cuestión.

Para ello, será necesaria una caja de mezclas con un juego de dos o tres compuertas y, en muchos casos, un ventilador para retorno y extracción.

El sistema dispondrá de un regulador que, en función de las condiciones de temperatura o entalpía del aire exterior y del retornado del ambiente, decidirá si el aire más rentable es uno u otro. De esta forma, si el aire que atraviesa la batería del equipo ya reúne las condiciones necesarias, no precisará de aportación energética alguna y, si no las consiguiera totalmente, se le aportará sólo la diferencia, con el consecuente ahorro energético.

Ya que es obligatoria la extracción de una cierta cantidad de aire en los locales a climatizar para cumplir con la Normativa sobre ventilación, se puede aprovechar este aire extraído para hacerlo pasar por un recuperador y, así, aprovechar las buenas condiciones de este aire para conseguir un importante ahorro energético.

Según el RITE 2007 (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios), actualmente es obligatoria la recuperación del aire de extracción a partir de 1.800 m³/h de aire extraído.

Esta recuperación puede hacerse directamente, mediante recuperadores de placas o rotativos, o indirectamente, mediante circuitos frigoríficos.

Los recuperadores de placas consisten en un intercambiador constituido por apilamiento de placas finas paralelas entre sí, entre las cuales circulan los dos flujos de aire: el de extracción y el aire nuevo. El calor se transmite de uno a otro flujo a través de las placas.

Los recuperadores de placas se utilizan para recuperar calor sensible, variando la temperatura y manteniendo la humedad específica constante. En general, con este tipo de recuperadores se obtienen grandes superficies de intercambio en espacios reducidos y una eficacia muy razonable en función de su precio bastante competitivo (entre el 45% y 65%).

En estos equipos no se permite el contacto directo entre las corrientes de aire de extracción - impulsión, evitando así la contaminación del aire de renovación.

Entre sus inconvenientes pueden señalarse las elevadas caídas de presión y la variación de potencia recuperada en función de las condiciones del aire exterior.

Los recuperadores rotativos, como el que se puede ver en la Fig. 4, están formados por una carcasa que contiene una rueda o tambor que gira. Están compuestos de material permeable al aire y se caracterizan por una gran superficie de contacto resistente a la abrasión.

Dos sectores separan el flujo de aire exterior del flujo de aire de extracción, mientras el tambor, girando, es atravesado por uno u otro, en secuencia, con un período dictado por la velocidad de rotación del mismo.

En resumen, durante la rotación, el tambor absorbe calor de la corriente de aire más caliente, calentándose, y lo cede sucesivamente a la corriente de aire más frío, enfriándose.

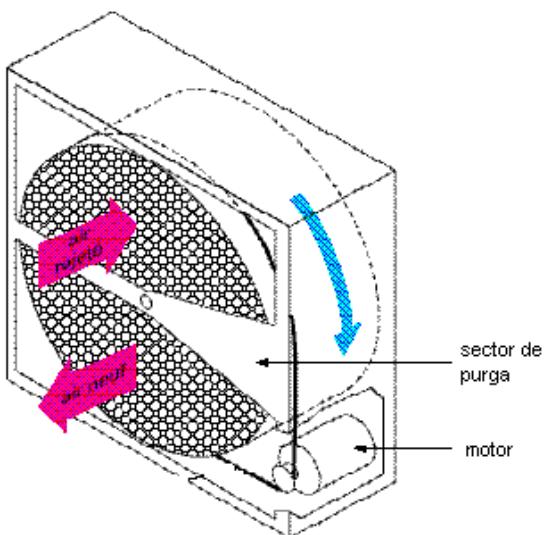


Figura 4. Recuperador rotativo.

Los recuperadores rotativos pueden intercambiar calor sensible o calor sensible y latente en función de las características higroscópicas del rotor. En este segundo caso, se le denomina recuperador entálpico.

En estos equipos puede existir contaminación de la corriente de aire de impulsión con la de extracción. Para reducirla se dispone en el equipo de una sección de purga y se mantienen los conductos del aire de renovación a mayor presión que los de extracción.

En general, como ventajas principales de estos recuperadores pueden señalarse su alta eficiencia y las posibilidades de regulación efectiva, variando la velocidad de giro de la rueda de acuerdo a las condiciones de operación. Como inconvenientes no se debe olvidar el problema de la contaminación, las posibles obstrucciones de la masa acumuladora y también la variación de la potencia recuperada en función de las condiciones del aire exterior.

La recuperación frigorífica consiste en aprovechar las buenas condiciones de temperatura del aire de extracción del local a acondicionar para hacer funcionar un circuito frigorífico adicional en los equipos autónomos.

Hace bastante tiempo, algunos instaladores realizaban una maniobra basada en el mismo principio, que consistía en derivar parte del aire de extracción

del local para mezclarlo con el aire del circuito exterior de los equipos autónomos compactos. Hoy en día, existen gamas de equipos autónomos los cuales incorporan una batería frigorífica adicional en la extracción del aire del local que va unida a otro compresor y otro circuito frigorífico, Fig. 5.

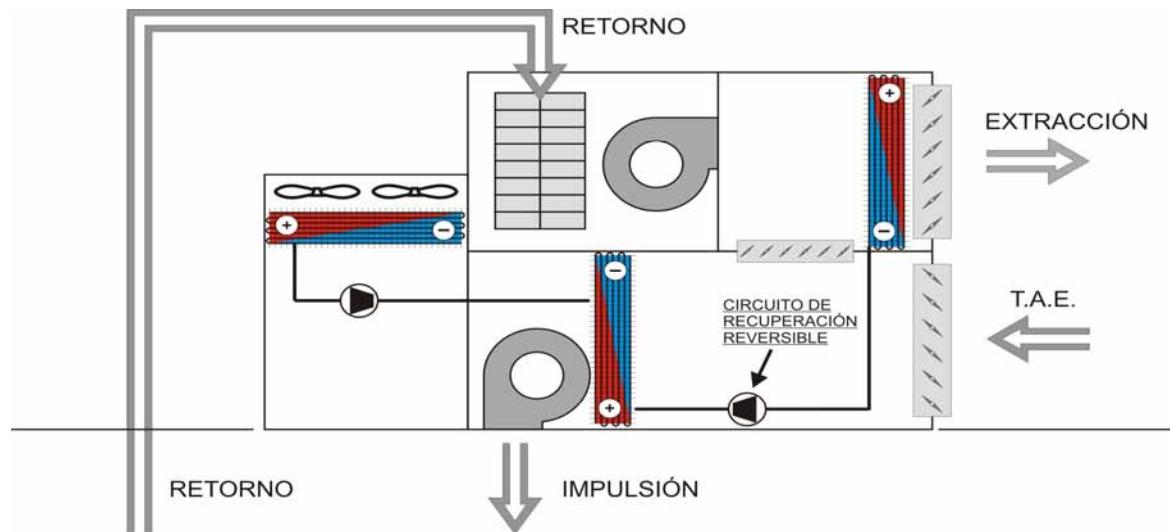


Figura 5. Equipo autónomo con sistema de recuperación frigorífica.

Teniendo en cuenta que el aire del local permanece a una temperatura prácticamente constante y en unas condiciones mucho mejores que las del aire del exterior, este circuito frigorífico adicional funcionará con unos rendimientos mucho mejores que el resto del equipo.

Además, este rendimiento será constante en todas las épocas, a diferencia de los recuperadores de placas y rotativos. De esta manera, se consiguen equipos autónomos mucho más eficientes y capaces de dar una potencia frigorífica mayor que otro del mismo tamaño sin recuperación.

Existen más sistemas de recuperación de calor del aire de extracción en el mercado, aunque los aquí nombrados son los más habituales.

Otra forma de ahorro energético en instalaciones con enfriadoras de agua donde sea necesaria la producción de agua fría tanto en invierno como en verano, es la incorporación de un sistema de *free-cooling* para el equipo.

En este caso, lo que se hace es enfriar el agua de la instalación sólo haciendo funcionar los ventiladores del equipo o un aerorrefrigerador adicional que se incluya en la instalación, aprovechando el hecho de que las condiciones del aire exterior son inferiores a la temperatura de agua que se desea conseguir, sin necesidad de hacer funcionar los compresores del equipo.

7.4. Climatización de imprentas y rotativas

Es importante tener en cuenta que, en el caso particular de empresas del sector de las artes gráficas, la climatización del local ha de realizarse no sólo por motivos de confort de las personas que allí trabajan, sino que también para el buen funcionamiento de la instalación y la maquinaria allí empleada, la conservación de los materiales y la obtención de un buen resultado en el trabajo de impresión.

También es fundamental incidir en que existen múltiples diferencias tanto en las características como en las necesidades de grandes rotativas, como la de la Foto 1, y las imprentas de menor tamaño con equipos *offset* de pliegos, como la que se puede ver en la Foto 2.

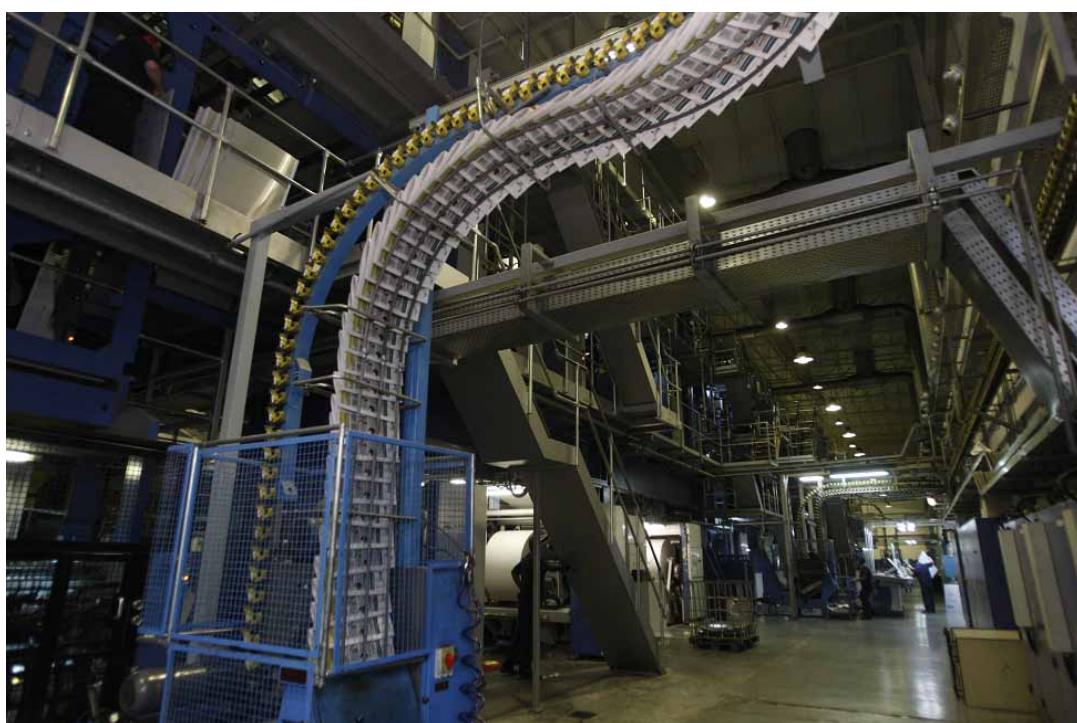


Foto 1. Rotativa.



Foto 2. Imprenta *offset* de pliegos.

Las pequeñas imprentas están compuestas por una única nave en la cual se encuentran todos los equipos de impresión, así como los equipos CTP (*Computer to Play*) y procesadoras.

En las grandes rotativas, en cambio, se encuentran zonas diferenciadas para los diferentes procesos que, en la mayoría de los casos, son:

- ✿ Naves de gran altura para la rotativa (desbobinadora, grupos de impresión y plegadoras). En algunos casos, puede estar separada la desbobinadora del resto, encontrándose ésta un piso por debajo.
- ✿ Sala de preimpresión para CTP y procesadoras, en las cuales se imprimen las planchas que van a la rotativa.
- ✿ Zona de cierre para recepción del producto final (tambores de encarte, enrolladoras y desenrolladoras) y empaquetado.
- ✿ Almacén de papel.
- ✿ Almacén de tinta.
- ✿ Sala independiente para los grandes compresores neumáticos de la rotativa.

Tanto en las pequeñas imprentas como en las rotativas, es bastante habitual encontrar oficinas adosadas a la instalación.

Debido a que el edificio a climatizar es un edificio industrial, existen zonas que deben cumplir el RITE y otras que no. Al hablar de instalaciones con locales bien diferenciados, algunos, como la zona de la rotativa, cuartos para armarios eléctricos o salas para tintas y compresores, no están pensados para la permanencia en ellos de personas, aunque es necesario climatizarlos para el buen funcionamiento de la instalación. Hay que recordar la obligatoriedad del cumplimiento del RITE para los locales que vayan a ser ocupados por personas, pero no para el resto de zonas.

7.4.1. Parámetros a controlar por el sistema de climatización

Los sistemas de climatización tienen la finalidad de controlar, dependiendo del tipo de instalación, las siguientes variables del local:

- Temperatura seca.
- Humedad.
- Grado de pureza del aire.
- Velocidad del aire.
- Nivel sonoro producido por los equipos de climatización.

7.4.1.1. Temperatura y humedad

Según el RITE, la temperatura y humedad de los locales a climatizar deben estar comprendidas entre los valores recogidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Temperatura y humedad recomendadas por el RITE.

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA °C	HUMEDAD RELATIVA %
Verano	23..25	45..60
Invierno	21..23	40..50

Para los locales ocupados por personas, las condiciones que aparecen en la Tabla 1 son las condiciones a considerar.

Debe intentar evitarse que haya grandes diferencias de temperatura y humedad en el local en el que se realiza la impresión del papel a lo largo del día, ya que pueden producirse dilataciones y contracciones del papel.

Estos pequeños cambios de tamaño pueden producir impresiones de peor calidad al no coincidir unas líneas con otras en las diferentes pasadas del papel por los diferentes colores del equipo de impresión. Este problema es más acusado en la impresión con pliegos, ya que el papel es de mejor calidad y mayor densidad.

La temperatura también puede, en algunos casos, afectar a la tinta. Es por ello que, en ciertas instalaciones, incluso se llega a utilizar una tinta diferente para invierno y para verano. Según la zona climática, puede ser necesario climatizar el almacén de tinta en invierno.

También las temperaturas elevadas son perjudiciales para la gran cantidad de componentes electrónicos de algunos equipos, sobre todo en las grandes rotativas, y para los componentes ópticos de los equipos CTP. En el caso del lugar ocupado por la rotativa, la temperatura debe estar comprendida entre 27 °C y 19 °C. Debido a la gran cantidad de calor que desprenden estos equipos, lo habitual es que sólo sea necesario refrigerar y no calefactar.

No hay que olvidar que las grandes velocidades de giro de los rodillos de las grandes rotativas hacen que la temperatura de éstos pueda elevarse mucho, por lo que, en ocasiones, también será necesario suministrar agua refrigerada para el proceso de impresión, o bien llevar agua para refrigerar internamente los rodillos.

La humedad relativa del aire debe ser alta, entre el 40% y el 60%, ya que el papel debe contener cierto grado de humedad. Uno de los problemas que el papel esté demasiado seco, es que es más fácil que se rompa en la rotativa, con la pérdida de tiempo que conlleva. Es por ello que, en algunas instalaciones, se hace necesaria la colocación de humidificadores en el local.

También es cierto que, ya que el papel se moja durante el proceso de impresión, esta misma humedad hará que el ambiente esté más húmedo y, por ello, no suelen aparecer muchos problemas para mantener el grado de humedad.

En los casos en los que las desbobinadoras se encuentran separadas del resto de la rotativa, es más probable que haya que humidificar esta zona.

En la zona de cierre también existen muchos componentes electrónicos, los cuales, ante la falta de humedad, trabajan peor y producen electricidad estática en el ambiente. Esta electricidad hace que sea muy difícil manipular los periódicos. Un factor importante es que, como a la zona de cierre llegan los periódicos mojados tras la impresión, esta humedad suele ser suficiente para que el ambiente se mantenga en las condiciones adecuadas.

7.4.1.2. Ventilación

Según el RITE, en función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo:

- ✿ IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, laboratorios, guarderías, etc.
- ✿ IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- ✿ IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores.
- ✿ IDA 4 (aire de baja calidad).

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior dadas anteriormente se puede calcular por varios métodos.

Según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona, se emplearán los valores que se muestran en la Tabla 2:

TABLA 2. Caudales de aire exterior por persona.

CATEGORÍA	I/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Se deben seguir las indicaciones de esta tabla en las zonas de oficinas, en las zonas de cierre y en los casos en los que en la misma nave se encuentren todos o la mayoría de los equipos, y la presencia de personas sea constante.

También, conforme a las indicaciones del RITE, sobre todo para la zona en la que se encuentren equipos de impresión, puede seguirse el método de dilución, ya que, en esta zona, pueden producirse olores muy fuertes debido a la tinta, y una gran cantidad de polvo de papel que, en algunos casos, puede ser necesario extraer con equipos específicos.

Este método se emplea cuando en un local existen emisiones conocidas de materiales contaminantes específicos. Si hay suficiente información sobre todas las emisiones interiores, puede aplicarse la siguiente fórmula, en la cual se obtiene el caudal de aire necesario para que se disuelva esta emisión:

$$q_{v,SUP} = \frac{q_{m,E}}{c_{IDA} - c_{SUP}}$$

donde:

- $q_{V,SUP}$: caudal volumétrico del aire de impulsión, en $m^3 s^{-1}$.
 $q_{m,E}$: caudal másico de la emisión en el recinto, en $mg s^{-1}$.
 C_{IDA} : concentración permitida en el recinto, en $mg m^{-3}$.
 C_{SUP} : concentración en el aire de impulsión, en $mg m^{-3}$.

Cuando no se conocen las tasas de emisiones, la calidad del aire requerida puede especificarse indirectamente por la tasa de ventilación basada en la experiencia.

Para las zonas no ocupadas permanentemente y con necesidad de ventilación, puede elegirse a criterio del proyectista o bien emplear el método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie, Tabla 3.

TABLA 3. Caudal de aire exterior por unidad de superficie.

CATEGORÍA	I/s por m^2
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Un caso especial son las plantas en las que se imprime por el proceso de huecograbado, ya que en ellas se trabaja con tolueno. Debido a la presencia de este componente, en estas zonas no se puede recircular el aire y hay que trabajar con todo aire exterior.

Por último, señalar que las zonas de cierre y la de la rotativa deben mantenerse en sobrepresión, evitando así corrientes de aire en estas zonas, ya que, como se verá en el siguiente apartado, les afecta bastante la velocidad del aire.

7.4.1.3. Velocidad del aire

En cuanto a la velocidad del aire, hay que indicar, en primer lugar, que para zonas ocupadas lo recomendable es que el aire llegue con una velocidad máxima de 0,2 m/s para difusión por mezcla y de 0,17 m/s para difusión por desplazamiento.

Por otro lado, en estas instalaciones existen zonas en las que habrá que ser bastante cuidadoso con la velocidad del aire y, aunque no estén ocupadas por personas, no es recomendable sobrepasar los 0,25 m/s.

En las impresoras *offset* de pliegos, los tinteros se encuentran en la parte superior de éstas y son abiertos. Si la velocidad del aire fuera muy elevada, puede ocurrir que la tinta se seque. Una forma de evitarlo es haciendo la difusión mediante *plenums*, como el de la Foto 3, realizando así una difusión por desplazamiento que favorece la buena distribución del aire con velocidades bajas.



Foto 3. *Plenum* para difusión del aire por desplazamiento.

En las grandes rotativas, es posible encontrarse con dos problemas por la velocidad del aire. Uno de ellos es que el aire mueva el papel que va pasando por la rotativa, cosa que no es recomendable para la impresión.

El otro es que en la zona de cierre, en la cual los periódicos ya terminados se van transportando en grandes cadenas con pinzas que los sujetan, el aire vaya moviéndolos, haciendo que se vuelen.

Una forma de evitar estos problemas es colocando pequeñas toberas para la difusión de aire, con lo cual se puede hacer incidir el dardo de aire que impulsan en zonas que no sean conflictivas.

Para la zona de la rotativa, zona de gran altura y en la cual se genera una gran cantidad de calor por la presencia de numerosos motores, tanto de las desbobinadoras como de los diferentes rodillos, una buena forma de impulsar el aire es mediante conductos de tela, como los de la Foto 4, situados en la parte baja del local, que hacen salir el aire frío a muy baja velocidad, favoreciendo que realice un barrido hacia arriba del local.

Con esto se conseguirá, por un lado, evitar el problema de la velocidad del aire y, por otro, ir empujando el calor hacia la cubierta, donde pueden ser ubicados unos exotorios o compuertas que hagan salir al exterior todo el aire caliente.



Foto 4. Conductos de tela.

7.4.1.4. Nivel sonoro

En cuanto al nivel sonoro, las recomendaciones que hace la Norma UNE-EN 13779 para oficinas es que la presión sonora en estas zonas no sobrepase los 35 ó 40 dB.

Para el resto de la instalación, donde existen muchos elementos que producen ruido y, además, a un nivel bastante elevado, no habrá muchos problemas con el nivel sonoro de los elementos de la climatización.

7.4.2. Elección del sistema de climatización

Tanto a la hora de realizar el cálculo de cargas térmicas de la instalación como de seleccionar el mejor sistema de climatización, habrá que tener algunos factores más en cuenta:

- ✿ Ubicación geográfica: las condiciones exteriores afectarán tanto en el cálculo de cargas térmicas de la instalación como en la necesidad de humidificar el ambiente o no. También puede influir a la hora de seleccionar unas centrales térmicas de un tipo u otro.
- ✿ Horarios de funcionamiento: algunas de estas instalaciones trabajan durante el día mientras que otras como las rotativas en las cuales sólo se imprimen periódicos diarios, lo hacen casi únicamente por la noche. No obstante, el cálculo debe hacerse contemplando la posibilidad de que la rotativa pueda funcionar durante el día también, ya que, posteriormente, puede tomarse la decisión de cambiar el horario de trabajo.
- ✿ Calor generado por los equipos: nunca se debe olvidar que en estas instalaciones se genera una gran cantidad de calor. Cuanto más modernas sean estas instalaciones, los equipos irán provistos de una electrónica más compleja y mayor número de elementos neumáticos, lo cual implica una cantidad cada vez mayor de calor cedido al ambiente.

En algunos casos, algunos de estos elementos generadores de calor se trasladan a salas específicas para ellos, ya que, si se quedasen dentro del recinto a climatizar, se estaría malgastando una gran cantidad de energía en potencia para climatizar.

Dentro de los equipos que generan calor se tiene:

- Impresoras *offset* de pliegos: llevan los motores de los rodillos, compresores neumáticos, infrarrojos para secado de tinta y elementos electrónicos en el mismo equipo, por lo que no se pueden llevar a un local diferente. Un equipo actual de 10.000 pliegos por hora por una cara puede generar alrededor de 60 kW.
- CTP y procesadora: generan calor para la impresión de las planchas y, aunque no es de los más elevados, debe ser tenido en cuenta.
- Motores de la rotativa para hacer girar las desbobinadoras y los rodillos: están ubicados en la misma rotativa.
- Compresores neumáticos de las rotativas: generan mucho calor pero siempre se suelen llevar a salas independientes, expulsando su calor directamente a la calle mediante un conducto.
- Diferentes elementos electrónicos que controlan las grandes imprentas: suelen ir en armarios independientes, los cuales tienen que ir refrigerados para el correcto funcionamiento de las placas electrónicas.
- Zonas de cierre: existen diversos motores generadores de calor, tanto de los tambores de encarte como del resto de equipos para la preparación del periódico impreso.

- ✿ Personas que trabajan: no suele ser un número muy elevado en la parte de elaboración, ya que, progresivamente, estos procesos están cada vez más automatizados.
- ✿ Iluminación: no suele exigirse ninguna iluminación especial, como mucho algún punto mejor iluminado en puestos para comprobar la calidad del producto que se está imprimiendo.

Con base en todo lo dicho, se va a proceder a analizar el sistema de climatización más adecuado y de mejora de eficiencia energética en dos casos:

1. Imprenta de pliegos de pequeño tamaño.
2. Rotativa de gran tamaño y con múltiples espacios diferenciados.

7.4.2.1. Sistema de climatización y mejora de eficiencia energética en imprenta de pequeño tamaño

Lo más habitual es disponer de un único espacio diáfano para la ubicación de toda la maquinaria de impresión, de las CTP, de las procesadoras, de los puestos de mando, del papel y la tinta, así como el producto ya terminado. Por otro lado, se suele disponer de un recinto anexo destinado a las oficinas.

En este caso, la mejor opción es ejecutar dos instalaciones diferentes para la nave y para la zona de oficinas, ya que, además, pueden tener horarios de funcionamiento diferentes.

Para la climatización de la nave pueden instalarse uno o varios equipos autónomos de expansión directa. Además, la ubicación de estas instalaciones suele permitir la colocación de equipos en exterior tipo *roof-top*, como el representado en la Foto 5.



Foto 5. Equipo *roof-top*.

Teniendo en cuenta que la superficie no será muy grande, y que hoy en día el rango de potencias disponibles en equipos *roof-top* es muy amplio, puede ser suficiente con un único equipo, aunque, dependiendo de la distribución del local, puede ser recomendable la instalación de más de uno.

La instalación de un equipo de este tipo simplificará bastante las cosas, ya que, disponiendo un equipo con caja de mezclas y *free-cooling*, se podrá también hacer la ventilación necesaria del local al mismo tiempo.

Por otro lado, se debe recuperar el aire que se extraiga del local bien con un recuperador de placas o rotativo (en función de la eficiencia que pida el reglamento), o bien intentando que el equipo instalado disponga de recuperación frigorífica.

De esta manera, es posible lograr con un único equipo la climatización del local, la ventilación, la filtración y la recuperación necesaria, además de la regulación de temperatura en la sala, gracias al control del que disponen estos equipos.

Para la zona de oficinas se puede optar bien por un sistema de *fan-coils* con un equipo de bomba de calor, o bien por un sistema VRV. De esta forma, se consigue independizar cada uno de los despachos, teniendo cada uno su propio termostato para la regulación de la consigna deseada. En función de si todas las oficinas están o no orientadas igual, y si existe o no una gran cantidad de ventanales, la instalación deberá hacerse a 2 o a 4 tubos. En ambos casos, también será necesaria la instalación de un recuperador para el aire de ventilación.

7.4.2.2. Sistema de climatización y mejora de eficiencia energética en rotativas

En este caso, lo habitual es disponer de espacios bien diferenciados. Ahora bien, dependiendo del volumen de producción, de si se trata de una instalación nueva o más antigua, de la precisión que se necesite en el trabajo final, de la zona geográfica de la rotativa y, lo más importante, del capital disponible para la

instalación, se pueden encontrar instalaciones en las cuales están prácticamente todas las estancias climatizadas, y otras en las que unos locales se encuentran climatizados y otros no.

Evidentemente, existen zonas que tienen que ser climatizadas siempre, como el local de la rotativa, la zona de cierre, el cuarto de CTP's y procesadoras, los armarios eléctricos y SAIS (en las instalaciones que dispongan de ellos) y, por supuesto, las oficinas que también suelen ir anexas a las rotativas.

Los SAIS siempre irán en cuartos específicos para ellos, y deben ser climatizados con equipos especiales para salas de ordenadores, los cuales consisten en un armario que se coloca en el interior del local, capaz de controlar con mucha precisión la temperatura y la humedad del ambiente, unido frigoríficamente a una condensadora exterior.

Los armarios eléctricos existen en varias versiones. Algunos llevan su propio equipo para refrigerarlos por aire o por agua. En otros casos, será necesario el suministro de agua fría para su refrigeración.

Por otro lado, están las zonas opcionales a climatizar, como son el almacén de papel y el cuarto de tintas. Si bien el almacén de papel no se suele climatizar, existe la opción de crear una zona intermedia entre la rotativa y el almacén, que sí se climatizará en las mismas condiciones que la rotativa. De esta manera, una vez se pela el rollo de papel, se deja un tiempo en esta zona para que se adapte a las condiciones de temperatura y humedad de la impresión. El cuarto de tintas suele ser climatizado en invierno para evitar que la tinta sea poco líquida. En algunos casos, puede hacerse una recuperación aprovechando el aire caliente que se extrae del cuarto en el que van ubicados los compresores neumáticos y haciéndolo llegar a la sala de tintas, mejorando así la eficiencia energética de la instalación.

En los casos en los que es necesario refrigerar los rodillos por las altas velocidades que alcanzan, existen dos formas de hacerlo:

- ✿ Enfriando el agua que se emplea para el proceso de impresión (en este caso,

el agua no puede subir de una temperatura de 11 °C). Este agua no es agua pura, por lo que es necesario agregarle aditivos. Existen unos equipos especiales en el mercado específicos para este proceso.

- ✿ Enviando agua al interior de los rodillos para refrigerarlos (en este caso, no se requiere agua tan fría, puede servir a unos 20 °C). Se puede emplear una enfriadora de agua y, con un intercambiador, conseguir la temperatura necesaria. También se puede emplear agua procedente de una torre de refrigeración.

En vista de todos estos puntos, se puede concluir que existen dos formas posibles de realizar la climatización de este tipo de industria:

- ✿ Con equipos autónomos tipo *roof-top*.
- ✿ Con enfriadoras de agua y climatizadores.

7.4.2.2.1. Climatización de rotativas con equipos autónomos

Es necesario instalar, al menos, tantos equipos diferentes como locales distintos a climatizar existan.

Como se indicó anteriormente, deberán disponer de:

- ✿ Sistema de *free-cooling*, mejorando considerablemente la eficiencia energética de la instalación, ya que, en muchas zonas, es necesario refrigerar en momentos en los que en el exterior no hace calor.
- ✿ Recuperación de calor con un recuperador independiente, o mediante un circuito de recuperación frigorífica, para las zonas en las que se extraiga aire.

De esta manera, se podrán climatizar independientemente las diferentes zonas y sólo en los momentos que sea necesario, ya que los horarios de funcionamiento pueden ser diferentes.

Habrá que disponer también de una enfriadora de agua para la refrigeración de rodillos y de armarios eléctricos. Esta enfriadora puede disponer de *free-cooling* para mejorar su eficiencia energética en invierno, ya que en esta época también será necesario el aporte de agua fría.

Para la zona de oficinas, es válido lo indicado para las pequeñas imprentas.

7.4.2.2.2. Climatización de rotativas con climatizadores

En este caso, la climatización se realiza mediante un sistema de enfriadoras de agua, ya sean condensadas por agua o por aire, y calderas para la calefacción y climatizadores independientes, como los de la Foto 6, para cada una de las zonas a tratar.



Foto 6. Climatizador.

Evidentemente, estos climatizadores deberán disponer de secciones de *free-cooling* por los mismos motivos indicados en el apartado anterior, y de recuperación en las zonas en las que se extraiga aire. También es importante para la mejora de la eficiencia de la instalación y la vida de estos equipos el que estos climatizadores sean de buena calidad en cuanto a estanqueidad y resistencia, por lo que la inversión, en caso de optar por este sistema, será superior al anterior caso.

Con esta opción es posible conseguir una precisión mayor en cuanto a la consecución de consignas.

Para conseguir una mejor eficiencia y asegurar el funcionamiento de parte de la instalación en caso de avería del grupo frigorífico, es recomendable la instalación de equipos con múltiples etapas de parcialización y, en vez de colocar un único equipo para el total de la potencia, al menos instalar dos unidades que vayan a un mismo colector del cual partirán los diferentes ramales de la instalación: baterías de los climatizadores, enfriamiento de los rodillos y armarios eléctricos.

También a la hora de mejorar la eficiencia energética puede tenerse en cuenta que la consigna de las enfriadoras puede ser algo más elevada de lo habitual, ya que las condiciones de trabajo en muchas zonas son diferentes a las habituales en climatización. De esta forma, se mejora el rendimiento de los equipos.

Disponer, en algunos casos, de torres de refrigeración también ayuda a la mejora de la eficiencia energética de la instalación. No hay que olvidar que, en muchos procesos de refrigeración de rodillos y cuadros eléctricos, la temperatura necesaria del agua puede ser suficiente con 20 °C.

Debido a las diferencias de horario y necesidades, la climatización de las oficinas debe considerarse independientemente, como en los casos anteriores.

La elección de uno u otro sistema dependerá, en primer lugar, del criterio del proyectista, junto al capital disponible y a las dimensiones de la instalación, siendo ambos sistemas igual de válidos para la consecución del objetivo de climatizar y ahorrar todo lo posible energéticamente.

Bibliografía

- (1996) Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.01 "Recuperación de Energía en Sistemas de Climatización". Comité Técnico de ATECYR. Madrid. España.
- CABETAS, A. (2001) Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 9.01 "Sistemas de Climatización" ATECYR. Madrid. España.
- TORRELLA, E., NAVARRO, J. y otros (2005) "Manual de Climatización" AMV EDICIONES. Madrid. España.

- (2007) "Guía para la creación de nuevas empresas, Sector de Artes Gráficas". Comunidad de Madrid. España.
- UNE-EN 13779
- UNE-EN 1886
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE 2007). Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio de 2007

Agradecimientos

GRUPO EL INSTALADOR

INICIATIVAS DE PUBLICACIONES E IMPRESIÓN S.L. (CÓRDOBA)

TEP INGENIEROS S. L. (MADRID)

B.O.D., ARQUITECTURA E INGENIERÍA S. A. (MADRID)

8.1. Introducción

La generación eléctrica a partir de medios fotovoltaicos en zonas industriales aprovechando las grandes superficies disponibles en cubiertas y contando con una correcta integración técnica y estética en dichos edificios, es uno de los retos más interesantes ante los que se hallan empresarios, industriales, ingenieros, arquitectos, constructores, Administración Pública y, en general, todos los agentes implicados en el desarrollo de tejido industrial de nuestro país.

La industria de las artes gráficas, hacia la cual se enfoca esta Guía, no es ajena a esta excelente oportunidad que, pese a los recientes cambios legislativos promovidos por el Ministerio de Industria, sigue atrayendo y motivando a los citados agentes.



Foto 1. Integración arquitectónica.

Los motivos para aprovecharse de los beneficios del reto fotovoltaico son, principalmente, cuatro:

- ✿ La generación eléctrica limpia y distribuida, próxima a los lugares de consumo y primada conforme a Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, que persigue el cumplimiento de los compromisos medioambientales adquiridos por el Estado y un mejor aprovechamiento de los recursos propios, como es la irradiación solar.
- ✿ Obtención de una mejor calificación energética en los necesarios certificados de eficiencia energética, conforme al RD 47/07.
- ✿ Mejor adaptación a criterios sostenibles y medioambientalmente avanzados como son los estándares ISO 14000, así como dotar al edificio de una imagen innovadora y comprometida con el medio ambiente.
- ✿ Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, que prevé la incorporación de aporte de energía eléctrica fotovoltaica a la red eléctrica general en el anexo HE 05 para ciertos tipos de edificios, o bien sustitución de parte del aporte al agua caliente sanitaria que prevé el anexo HE 04.

8.2. Energía solar fotovoltaica en la industria de las artes gráficas

Si bien normalmente este tipo de industria no está sujeta a la obligatoriedad de disponer de sistemas solares fotovoltaicos según el Código Técnico de la Edificación, salvo que la zona de almacén exceda los 10.000 m² construidos, existe, además de los mencionados en el apartado anterior, un motivo adicional para despertar el interés de sus empresarios.

El Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, prevé primas a la conexión e inyección fotovoltaica de 0,34 €/kWh para instalaciones en cubierta de hasta 20 kW

(unos 350 m² en planta o incluso menos si la cubierta está orientada hacia el sur y con cierta pendiente) y de 0,32 €/kWh para instalaciones mayores o en terreno.

Estas primas, sumadas al abaratamiento progresivo del llamado "llave en mano", hacen de esta inversión un lugar seguro incluso en tiempos difíciles.

8.3. Generación eléctrica por energía solar fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica tiene por objetivo transformar la energía procedente del sol en energía eléctrica.

Esta generación eléctrica, sin emisión de contaminantes, se produce como resultado de la captación de la energía de la luz solar, no del calor solar, y su transformación directa en energía eléctrica de corriente continua como consecuencia de un proceso físico interno de los módulos solares, llamado efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas que componen los módulos solares fotovoltaicos son las unidades mínimas en las cuales se produce este efecto.

Las células, por su parte, pueden ser cristalinas o amorfas, configurándose así módulos fotovoltaicos de tipo cristalino o de capa fina.

La energía eléctrica generada en los módulos es en corriente continua. Para transformarla en corriente alterna, apta para incorporarse en la red de distribución, es necesario su paso a través de un dispositivo electrónico llamado inversor o convertidor de conexión a red.

Los inversores de conexión a red garantizan la calidad de la energía eléctrica que se inyecta en la red de distribución, con el fin de que las compañías eléctricas y los usuarios de la red no sufran problemas de distribución como consecuencia de este aporte eléctrico.

Adicionalmente, como en cualquier circuito eléctrico, se deben incluir las protecciones magnetotérmicas y diferenciales correspondientes que exigen las compañías eléctricas.

8.3.1. ¿Cómo se genera la energía eléctrica?

Las células fotovoltaicas están formadas, fundamentalmente, por silicio. Este material es modificado químicamente para dar lugar a dos estructuras químicas con comportamientos eléctricos opuestos entre sí: semiconductor tipo p (carga positiva) y semiconductor tipo n (carga negativa).

Con la unión física de estas dos estructuras y en presencia de luz procedente del sol, dichas estructuras se comportan como una pila eléctrica, generando una diferencia de potencial o voltaje. Este voltaje se puede extraer a través de unas piezas metálicas llamadas electrodos (negativo y positivo).

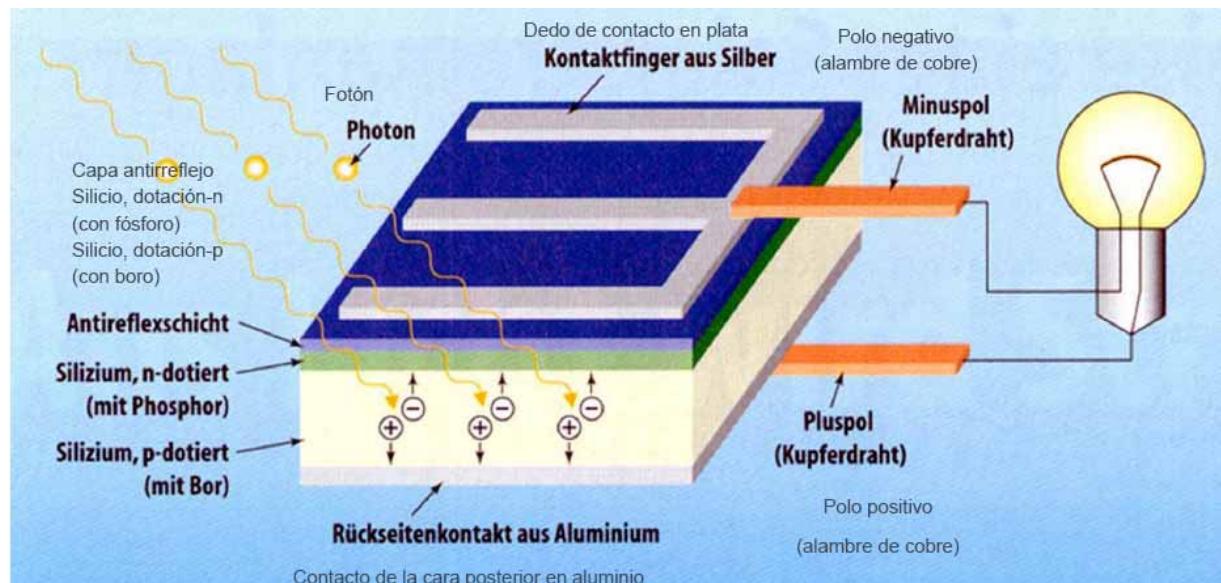


Figura 1. Sección de una célula fotovoltaica.

8.3.1.1. Tiempo de retorno energético

Uno de los aspectos relacionados con la fabricación de las células que más ha dado que hablar en estos últimos años es el tiempo de retorno energético de la

célula, es decir, cuánto tarda una célula fotovoltaica en producir la electricidad que se empleó en su fabricación.

Según un estudio realizado por la IEA-PVPS (Sección para la energía fotovoltaica de la Agencia Internacional de la Energía), la Plataforma Europea para la Tecnología Fotovoltaica y la EPIA (Asociación de la Industria Fotovoltaica Europea), dependiendo de la radiación solar de cada emplazamiento, la tasa de retorno es de entre 19 y 40 meses para sistemas instalados en los techos de los edificios, y de entre 32 y 52 meses para los sistemas en fachadas.

Partiendo de que la vida útil de un sistema fotovoltaico alcanza los 30 años, éstos devuelven, en instalaciones en tejados, entre 8 y 18 veces la energía empleada en fabricarlos, y entre 5,4 y 10 veces en instalaciones en fachadas, siempre dependiendo de la localización geográfica de los edificios.

En cuanto a las emisiones de CO₂, dependientes, en este caso, del *mix* energético de cada país, un kW fotovoltaico puede suponer un ahorro en emisiones de 40 toneladas de CO₂ a lo largo del ciclo de funcionamiento del sistema al hablar de instalaciones en tejados, y de 23,5 toneladas de CO₂ cuando se trata de fachadas.

8.3.2. Variables eléctricas de los módulos solares

La energía eléctrica generada es proporcional a la irradiancia incidente, es decir, a la energía lumínica procedente del sol, pero también depende de otros parámetros, como son la temperatura de la célula, la temperatura del ambiente, la velocidad y dirección del viento, entre otros. En resumen, la producción energética de los módulos solares es muy variable.

La curva de funcionamiento I-U (Intensidad - Voltaje) define las variables eléctricas de los módulos fotovoltaicos:

- ✿ Intensidad o corriente máxima (I_{sc}): es la que aparece si se cortocircuitan los terminales positivo y negativo (U = 0 V).

- ✿ Voltaje o tensión máxima (U_{oc}): es la que aparece si se mide el valor entre el terminal positivo y el negativo en vacío.
- ✿ Potencia máxima (P_{mpp}): potencia máxima que puede generar un módulo fotovoltaico. $P = I \times U$.

La máxima potencia se da para valores de I y U que se sitúen en la zona curva del gráfico mostrado en la Fig. 2.

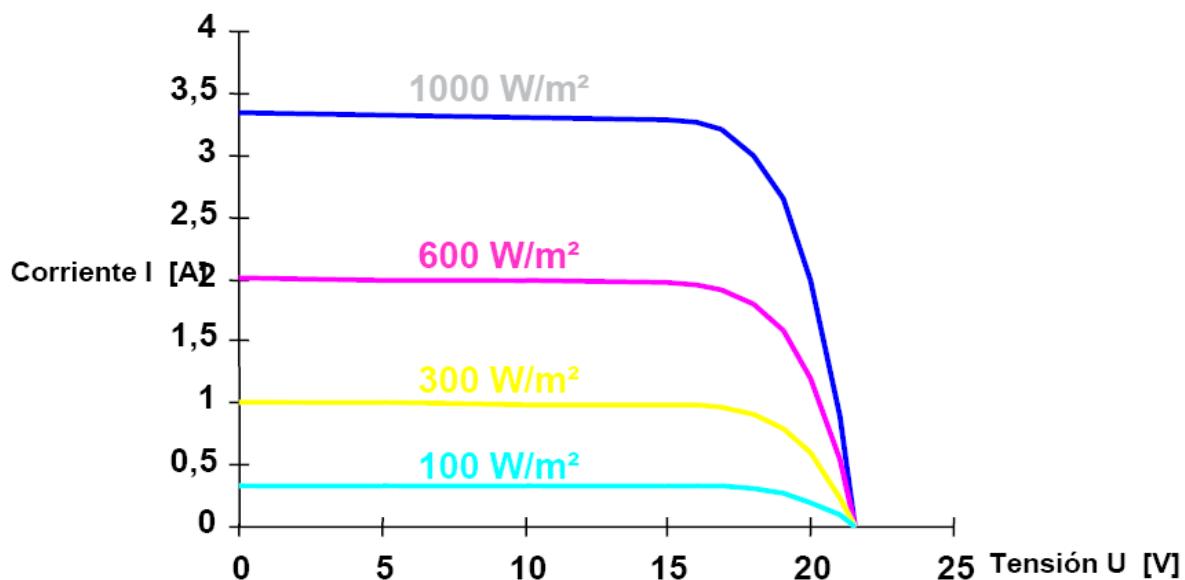


Figura 2. Curvas características típicas de módulos solares para distintas irradiancias (energía solar).

Con objeto de poder comparar diferentes curvas características procedentes de varios fabricantes, se han definido unas condiciones estándar de medida:

- ✿ Irradiancia: 1.000 W/m^2
- ✿ Temperatura: 25°C
- ✿ Velocidad de viento: 1 m/s
- ✿ AM (valor referente al espectro de luz): $1,5$

8.3.3. Constitución de los módulos solares

- Hay dos tipos de módulos solares:
 - Estándar.
 - Vidrio-vidrio.

8.3.3.1. Módulos estándar

- Los módulos estándar pueden ser de dos tecnologías:
 - a) Silicio cristalino: compuesto por multitud de células asociadas en serie y paralelo.
 - b) Silicio amorfo: compuesto por una capa fina de silicio depositado sobre un vidrio.
- En todo caso, los módulos estándar se componen de los siguientes componentes:
 - Vidrio: vidrio templado con alto coeficiente de transmisividad a la radiación incidente (del orden de 95%).
 - Cubierta posterior: lámina delgada opaca de un polímero, normalmente tedlar.
 - Encapsulante: polímero transparente que aloja las células fotovoltaicas.
 - Marco: perfil de aluminio que sella el módulo.
 - Caja de conexiones: caja que aloja los terminales eléctricos del módulo, de donde parte el cableado de conexión.



Foto 2. Solución para módulo estándar instalado en voladizo.

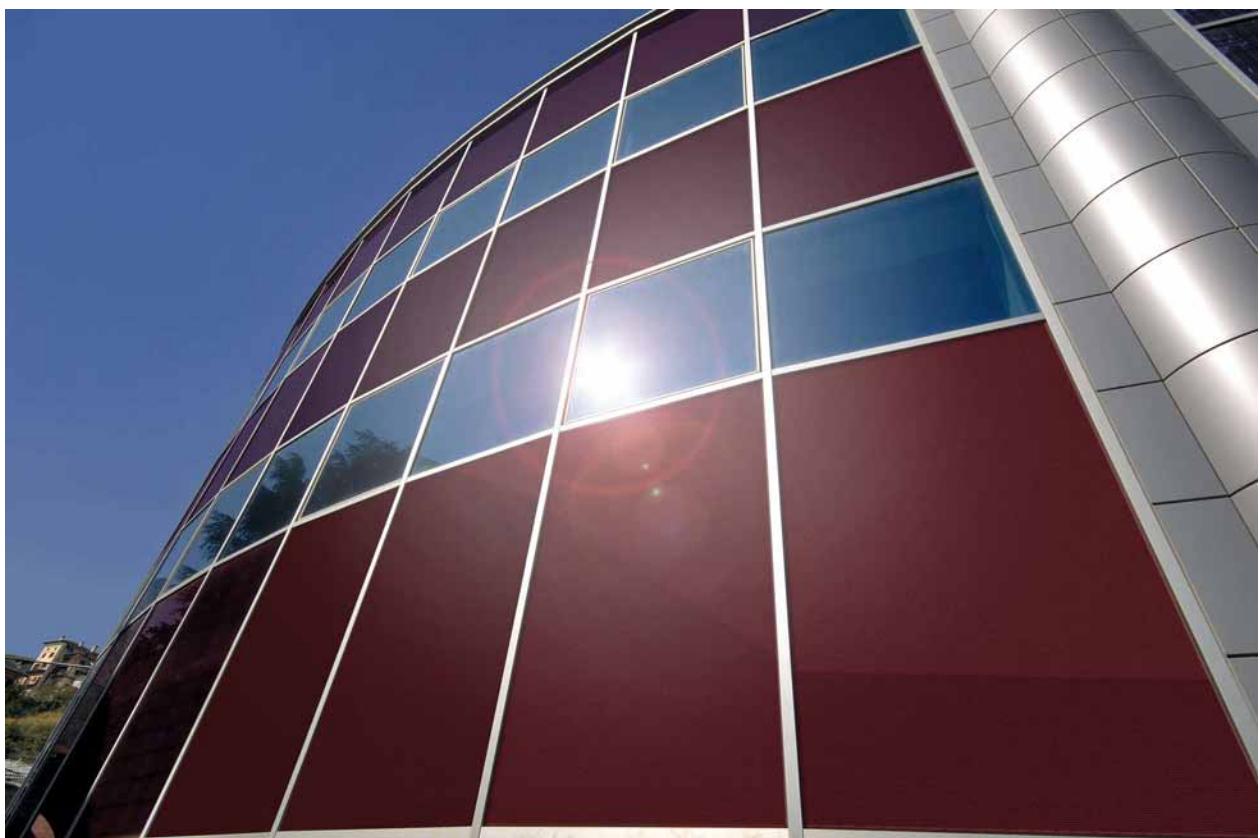


Foto 3. Solución para módulo de capa fina instalado en fachada.

8.3.3.2. Módulos vidrio – vidrio

Los módulos vidrio – vidrio permiten el paso de luz entre las células al estar compuestos de vidrio tanto en la parte anterior como en la posterior.

Estos módulos presentan los siguientes componentes:

- **Vidrio:** vidrio templado con alto coeficiente de transmisión de la radiación incidente (del orden de 95%).
- **Cubierta posterior:** vidrio templado. Las posibilidades de este vidrio trasero son mayores que las del vidrio delantero, ya que no se interpone entre las células y el sol. Puede estar ahumado, ser de seguridad, encerrar una cámara de aire o gas aislante, etc.
- **Encapsulante:** polímero transparente que aloja las células fotovoltaicas.
- **Marco:** el marco es el propio de la estructura que lo soporta, ya que, a efectos de montaje, es como el doble vidrio de una ventana.
- **Conexiones eléctricas:** las conexiones eléctricas pueden incluirse en una caja que aloja los terminales eléctricos del módulo, o bien salir directamente del doble vidrio a través del encapsulante.



Foto 4. Integración fotovoltaica en lucernario o fachada.

8.3.4. Montaje y conexión eléctrica de los módulos solares

El montaje de módulos se realiza sobre diversos tipos de soportes y estructuras dependiendo del tipo de cubierta que tenga el edificio y del grado de integración que se desee aportar.



Foto 5. Despiece de estructura.

La estructura dota al conjunto de módulos solares fotovoltaicos de la inclinación y la orientación que optimizan los costes de montaje y los beneficios de la producción fotovoltaica.

La conexión eléctrica del conjunto de módulos solares que constituyen el campo fotovoltaico se realiza formando series o ramas de dichos módulos solares, conectando el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente, hasta enlazar un número de módulos apto para ser, a su vez, conectados al inversor de conexión a red. En el tipo de conexión descrito, los valores de voltaje o tensión de

los módulos se suman hasta alcanzar un resultado que esté dentro del rango de entrada de tensión del inversor de conexión a red.

Todas estas ramas del campo fotovoltaico conforman asociaciones eléctricas en paralelo que atacan el o los inversores de conexión a red. En asociaciones eléctricas de este tipo se suman las intensidades o corrientes para obtener una resultante.

En cualquier sistema eléctrico, la corriente es la responsable de las pérdidas de potencia según la siguiente expresión:

$$P_p = R \times I^2$$

Por lo tanto, se puede concluir que es conveniente alcanzar con asociación serie los mayores valores de tensión que admita el inversor de conexión a red, a fin de obtener la potencia necesaria con el menor porcentaje de pérdidas posible, es decir, con mejor rendimiento eléctrico para una misma sección de cable.

$$P = V \times I$$

8.3.5. Efectos adversos sobre el campo fotovoltaico

Dos de los aspectos que pueden generar problemas de producción y que se deben controlar en una instalación fotovoltaica son:

- ✿ Efectos de sombras.
- ✿ Efectos de la temperatura.

8.3.5.1. Efectos de sombras

En aplicaciones donde las asociaciones en serie son tan protagonistas como es en el caso de un sistema solar fotovoltaico (hay que tener en cuenta que las células fotovoltaicas están asociadas en serie, formando típicamente dos ramas

dentro en cada módulo solar y, a su vez, los módulos solares están también conectados en serie), la influencia de lo que ocurra en cada pequeña unidad de esa serie es enorme en el conjunto, ya que afecta a toda la serie.

Así, en caso de un sombreado parcial de un módulo que afecte a una sola célula, esa célula no sólo va a dejar de producir energía eléctrica, haciendo caer la producción de toda la serie, sino que, además, va a convertirse en una resistencia eléctrica que podría consumir potencia eléctrica y convertirse en un punto caliente (*Hot Spot*).

8.3.5.2. Efectos de la temperatura

Los aumentos de la temperatura tienen un resultado negativo en los sistemas eléctricos-electrónicos en general, y en los fotovoltaicos en particular.

En la Fig. 3 se puede ver una ilustración de este efecto.

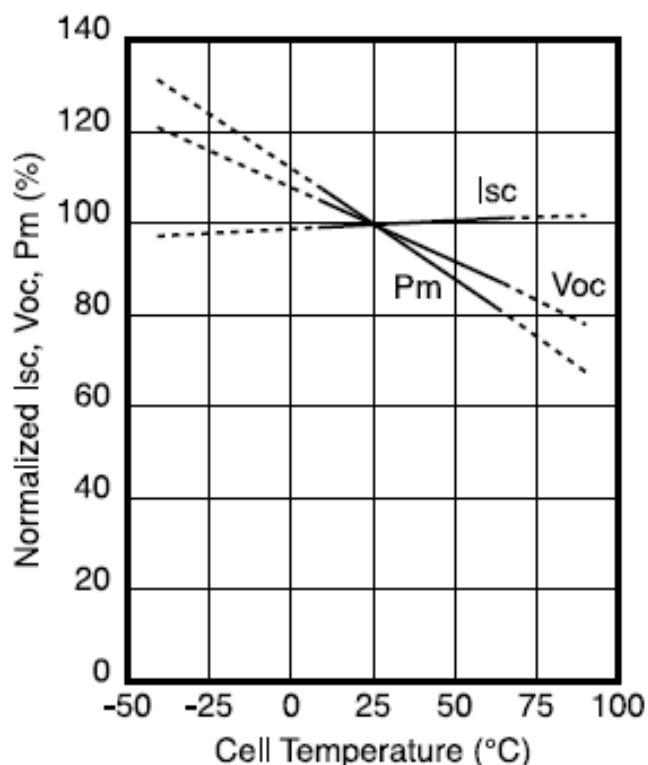


Figura 3. Variación típica de las variables eléctricas con la variación de la temperatura.

8.4. Transformación e inyección en red de la energía fotovoltaica generada

Los pasos que siguen a la generación eléctrica consisten en transformar y acondicionar la energía generada en energía apta para inyectar en la red, así como incorporar las protecciones precisas.

8.4.1 Inversor de conexión a red

El inversor de conexión a red es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, así como de ajustarla para que sea de la calidad exigida por las compañías eléctricas y por las Administraciones Públicas competentes.

Es importante remarcar que cualquier inversor que se comercializa en España debe cumplir con las Normativas que regulan la inyección de energía eléctrica en la red de distribución.

Los inversores de conexión a red se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Inversores centrales o de gran potencia.
- Inversores de pequeña potencia.

Los inversores centrales o de gran potencia aglutinan, en una sola máquina, la transformación y acondicionamiento de energía eléctrica. Tienen entrada en corriente continua, procedente de los módulos solares, y salida en corriente alterna trifásica. Su potencia varía desde 10 kW hasta 1.000 kW.

Los inversores de pequeña potencia tienen entrada en corriente continua y salida en corriente alterna monofásica. Existen en el mercado inversores monofásicos de más de 10 kW.

Se debe tener en cuenta que los inversores monofásicos deben conectarse de forma que, a partir de 5 kW, se trabaje con una conexión trifásica y que no se admiten desfases de más de 5 kW.

La ventaja principal de los inversores de gran potencia trifásicos es que simplifican la instalación general, especialmente la de cableado.

Por su parte, los inversores de pequeña potencia presentan la ventaja de minimizar riesgos en la inversión por avería, ya que, en caso de producirse, sólo dejará de funcionar una parte de la instalación.

Otra clasificación de los inversores es:

- ✿ Inversores con transformador.
- ✿ Inversores sin transformador.

Los inversores con transformador son los más habituales en el mercado español. Tienen como principal ventaja que garantizan por medios mecánicos, es decir, con el transformador, la separación absoluta del lado de corriente continua y la red de distribución, conforme a lo exigido por la legislación en vigor.

Los inversores sin transformador tienen mejores rendimientos al no sufrir pérdidas magnéticas en el transformador. Sin embargo, la necesaria separación entre el circuito de corriente continua y la red eléctrica de distribución se asegura por medios electrónicos, con un vigilante diferencial que mide la corriente de ida y de vuelta, y que provoca la desconexión en caso de diferencias.

Este sistema no ha sido aceptado por ciertas compañías eléctricas que operan en la Comunidad de Madrid.

8.4.2. Protecciones eléctricas

Es necesaria la incorporación de protecciones eléctricas que garanticen el correcto funcionamiento de la instalación, la seguridad de que la red de

distribución no quedará perjudicada por la inyección de energía eléctrica y, por supuesto, la de usuarios y mantenedores.

8.4.2.1. Protecciones en corriente continua. Aguas arriba del inversor

Si bien los inversores de conexión a red incorporan autoprotecciones, es necesario poder desconectarlos del campo fotovoltaico por medio de interruptores de corriente continua para la potencia adecuada, o bien por fusibles seccionadores.

8.4.2.2. Protecciones en corriente alterna. Aguas abajo del inversor

Una vez que se ha transformado la corriente continua de los inversores en corriente alterna apta para su inyección en red, se debe tratar este flujo de corriente con las protecciones típicas y necesarias de cualquier instalación de baja tensión conforme a la Normativa eléctrica básica, fundamentalmente REBT, y a la Normativa en vigor propia de cada compañía eléctrica.

8.4.3. RD 1663/00

Toda la legislación técnica y el modo en que se conecta a la red de distribución puede consultarse en el RD 1663/00.

El artículo 11, 12 y 13 se refieren a las protecciones y calidad eléctrica.

Artículo 11.- Protecciones.

El sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente. Este cumplimiento deberá ser acreditado adecuadamente en la documentación relativa a las características de la instalación a que se refiere el artículo 3, incluyendo lo siguiente:

1. *Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.*
2. *Interruptor automático diferencial con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.*
3. *Interruptor automático de la interconexión para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.*
4. *Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um, respectivamente).*
5. *Estas protecciones podrán ser precintadas por la empresa distribuidora tras las verificaciones a las que hacen referencia los artículos 6 y 7.*
6. *El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.*
7. *Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y, en tal caso, las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste. En este caso, sólo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor automático diferencial, si se cumplen las siguientes condiciones:*

- a) Las funciones serán realizadas mediante un contactor cuyo rearme será automático una vez se restablezcan las condiciones normales de suministro de la red.
- b) El contactor, gobernado normalmente por el inversor, podrá ser activado manualmente.
- c) El estado del contactor (ON/OFF), deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo, en un lugar destacado.
- d) En caso de que no se utilicen las protecciones precintables para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión mencionadas en este artículo, el fabricante del inversor deberá certificar:
 - d.1) Los valores de tara de tensión.
 - d.2) Los valores de tara de frecuencia.
 - d.3) El tipo y características del equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).
 - d.4) Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites establecidos de tensión y frecuencia.

Mientras que, de acuerdo con la Disposición final segunda del presente Real Decreto, no se hayan dictado las instrucciones técnicas, se aceptarán a todos los efectos los procedimientos establecidos y los certificados realizados por los propios fabricantes de los equipos.

- e) En caso de que las funciones de protección sean realizadas por un programa de software de control de operaciones, los precintos físicos serán sustituidos por certificaciones del fabricante del inversor en las que se mencione explícitamente

que dicho programa no es accesible para el usuario de la instalación.

Artículo 12.- Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.

Artículo 13. Armónicos y compatibilidad electromagnética.

Los niveles de emisión e inmunidad deberán cumplir con la reglamentación vigente, incluyéndose en la documentación mencionada en el artículo 3 los certificados que así lo acrediten.

Disposición adicional única. Aplicación de normativa supletoria.

En todo lo no previsto por el presente Real Decreto, las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión se regirán por el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, y por los reglamentos y demás disposiciones en vigor que les resulten de aplicación. No obstante, no les resultará aplicable la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 5 de septiembre de 1985 sobre normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas

de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaicas no vendrán obligadas a cumplir otros requisitos técnicos que los que vengan exigidos por la normativa a que se refiere el párrafo anterior.

El artículo 10 se refiere a la medida y la facturación.

Artículo 10.- Medidas y facturación.

1. *Cuando existan consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, éstos se situarán en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de dicha instalación fotovoltaica y de sus equipos de medida. La medida de tales consumos se realizará con equipos propios e independientes que servirán de base para su facturación.*

El contador de salida tendrá capacidad de medir en ambos sentidos y, en su defecto, se conectarán entre el contador de salida y el interruptor general un contador de entrada. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. En el caso de instalación de dos contadores no será necesario contrato de suministro para la instalación fotovoltaica.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora.

El instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la empresa distribuidora. No obstante, en caso de peligro, pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la

empresa eléctrica, siendo en este caso obligatorio informar a la empresa distribuidora con carácter inmediato.

2. *La colocación de los contadores y de los equipos de medida y, en su caso, de los dispositivos de conmutación horaria que se pudieran requerir y las condiciones de seguridad estarán de acuerdo a la MIE BT O15.*

Los puestos de los contadores se deberán señalizar de forma indeleble, de manera que la asignación a cada titular de la instalación quede patente sin lugar a confusión. Además se indicará, para cada titular de la instalación, si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

Los contadores se ajustarán a la normativa metroológica vigente y su precisión deberá ser, como mínimo, la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el RD 875/1984, de 28 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación de modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (Clase 2) en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de la energía en corriente monofásica o polifásica de frecuencia 50 Hz.

3. *Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.*
4. *Cuando el titular de la instalación se acoja al modo de facturación que tiene en cuenta el precio final horario medio del mercado de producción de energía eléctrica, definido en el apartado 1 del artículo 24 del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre (BOE del 30), serán de aplicación el Reglamento de Puntos de Medida de los*

Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica y sus disposiciones de desarrollo.

Bibliografía

- ANTHONY, F. y otros (2006): "Fotovoltaica para profesionales". Solarpraxis Consolar.
- RD 1663/00.
- RD 47/07.
- RD 1578/08.
- ALSEMA, DE WILD y RENAKIS (2006): "21 Conferencia Europea de la Energía Fotovoltaica". EPIA-GREENPEACE
- Documentación interna de Schüco.

9.1. Introducción

El sector gráfico, como la gran mayoría de los sectores industriales, no puede permanecer ajeno frente a un reto tan importante como es el ahorro energético, y no sólo porque un control adecuado de la energía esté vinculado a un importante ahorro económico, sino que va de la mano con el impacto ambiental de la propia empresa.

Las empresas gráficas, por norma general, suelen depender de maquinaria industrial, como las prensas de impresión, que necesitan energía eléctrica para mover sus motores y, en función del proceso específico de impresión, gas natural para la utilización de hornos de secado de tintas e incineradores de gases de combustión de proceso.

Los flujos energéticos en un equipo de impresión tipo, caso de una máquina *offset* de pliego al ser el equipo más extendido, serían los mostrados en la Fig. 1.

Partiendo de la premisa de que el kW más rentable es el kW de energía que no se consume, una empresa ha de plantearse, antes de la implantación de cualquier medida, dos cuestiones de fundamental importancia:

- ✿ Cuánta energía se consume en la empresa.
- ✿ Cuáles son los puntos de máximo consumo.

Y, una vez aclarados estos dos puntos, establecer si es posible o no implantar medidas que permitan hacer un uso más eficiente de la energía.

A continuación, se analizan diversas medidas que pueden contribuir a la eficiencia energética en equipos de impresión.

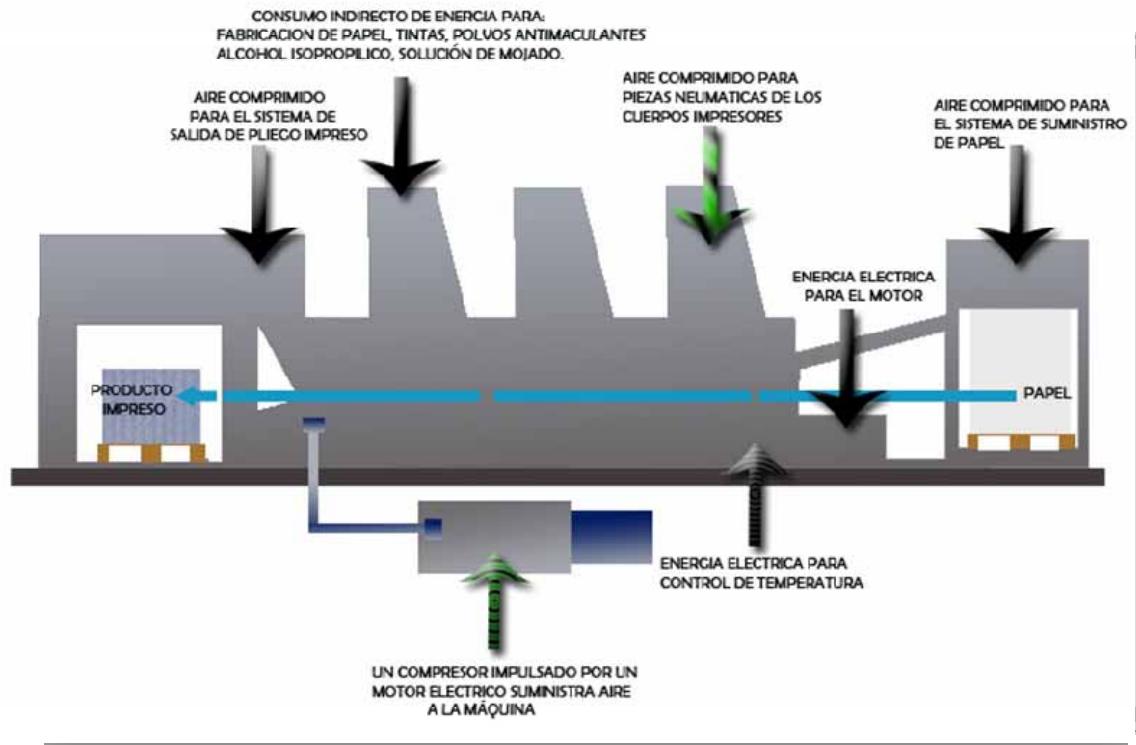


Figura 1. Flujos energéticos en un equipo de impresión *offset* tipo.

9.2. Medidas para la eficiencia energética en equipos de impresión

9.2.1. Elección correcta del tamaño de máquina

Un momento adecuado para intentar minimizar el consumo energético es a la hora de plantear la compra del propio equipo impresor. Dependiendo de los productos que la empresa tenga pensado imprimir, invertir en una máquina que permita imprimir un mayor número de páginas por pasada puede suponer un ahorro energético a lo largo de la vida útil del equipo.

Dado que el consumo energético no es proporcional al tamaño del cilindro, el consumo específico por metro cuadrado impreso puede reducirse en un tercio si se compara una máquina rotativa de 64 páginas con una de 16 páginas. En

resumen, por cada revolución del cilindro, la rotativa de mayor tamaño produce 48 páginas más.

9.2.2. Mejorar la eficiencia de los compresores de aire

El compresor de aire de las máquinas *offset* se encarga de proporcionar presión para el movimiento de las piezas neumáticas de la máquina (ajustes, admisión de papel, etc.).

A nivel de planificación, es fundamental que el diseño de los compresores esté optimizado para la prensa en cuestión, ya que un sistema de este tipo infra-dimensionado puede resultar totalmente ineficiente.

Si, además, el sistema no recibe un mantenimiento adecuado, se estima que, aproximadamente, se puede perder un 30% de la energía en forma de fugas de aire.



Foto 1. Sistema de compresor helicoidal con transmisión síncrona y control con sistema PLC.

Una manera de mejorar la eficiencia del sistema sin alterar su estructura mecánica es instalar un sistema de control tipo PLC, que monitoriza, regula y vigila las variables del compresor automáticamente. A través de un ordenador, el sistema puede, en caso de avería, desconectar el compresor inmediatamente, evitando un desperdicio de energía.

Es destacable que, aproximadamente, entre un 70% y un 90% de la energía eléctrica consumida por un compresor se convierte en calor. Para compensar esto, existe la posibilidad de aprovechar gran parte de esa energía térmica mediante intercambiadores de calor y usarla para calentar aire o agua.



Figura 2. Flujos térmicos en un compresor de aire (Fuente: Kaeser).

Según datos de Kaeser, uno de los mayores fabricantes de compresores del mundo, un compresor helicoidal de 55 kW de potencia puede generar una corriente de 9.400 m³/h de aire caliente aprovechable para la calefacción de zonas cercanas al emplazamiento del compresor.

9.2.2.1. Compresores de tornillo de bajas revoluciones

En un compresor de aire de tornillo o helicoidal, el aire entra en una cámara sellada donde es atrapado entre dos rotores contra-rotativos. Cuando los rotores giran y engranan, reducen el volumen de aire atrapado entre ellos, comprimiéndolo al nivel de presión exigido por la aplicación industrial.

Actualmente, el uso de este tipo de compresores está muy extendido, suponiendo una mejora del proceso frente a otro tipo de compresores debido a que la simplicidad del diseño hace que funcionen durante largos períodos de tiempo sin sufrir averías.



Foto 2. Rotores de un sistema de compresión helicoidal.

Se puede incrementar aún más la longevidad del sistema si se usa un bloque compresor de gran tamaño y velocidad reducida, ya que genera una mayor cantidad de aire comprimido consumiendo la misma potencia.

9.2.3. Motores síncronos de transmisión directa

Otro de los elementos de los equipos de impresión que requieren energía para su funcionamiento son los motores eléctricos.

En máquinas de impresión *offset* y en impresión por huecograbado, se usan motores eléctricos para mover los rodillos de los cuerpos de impresión. También se usan motores eléctricos para mover los mecanismos de los compresores de aire que accionan las piezas neumáticas de numerosos equipos.

Se pueden obtener mejoras en la eficiencia sustituyendo los motores eléctricos con sistemas de transmisión indirecta por motores síncronos de transmisión o de impulsión directa. Un sistema o un mecanismo de transmisión directa se caracteriza por obtener la energía mecánica directamente del motor, sin ningún tipo de reducción. Entre las numerosas ventajas de este tipo de sistemas destacan:

- ✿ Incremento de la eficiencia. No se malgasta energía en fricciones con elementos como correas de transmisión, cadenas o engranajes de reducción. Con este tipo de sistemas, las pérdidas de potencia se pueden reducir hasta un 5%, frente al rango de un 9%-22% de un sistema convencional. Según datos de proveedores de este tipo de sistemas (Fuente: Baumüller), se puede reducir la energía requerida por un sistema estándar con elementos de transmisión hasta en un 50%.
- ✿ Incremento de la vida útil. Al tener menos piezas móviles, se reduce el número de piezas que puedan fallar, principalmente eliminando determinados componentes que se ven afectados por altas tensiones, como las correas o las cadenas.
- ✿ Este tipo de sistemas generan un elevado par a bajas revoluciones.

9.2.4. Incremento de la eficiencia de los sistemas de depuración de gases por oxidación

9.2.4.1. Sistemas RTO

Una manera viable para ahorrar energía es decantarse por un sistema de oxidación regenerativo en vez de por uno estándar alimentado íntegramente por combustible. Los incineradores térmicos regenerativos (*Regenerative Thermal Oxidizers, RTO*) ofrecen características superiores de recuperación de calor si se comparan con cualquier otro sistema de incineración.

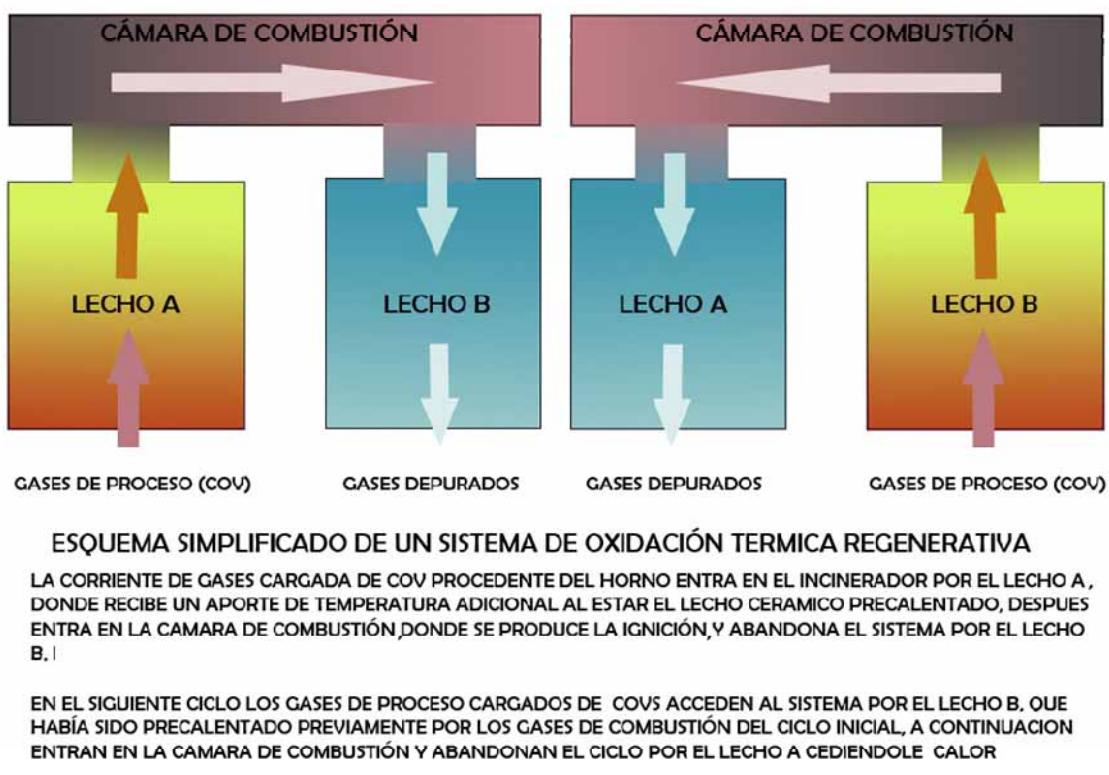


Figura 3. Esquema simplificado de un sistema RTO.

Los RTO utilizan energía recuperada para precalentar el aire entrante del proceso y obtener, así, niveles de temperatura de incineración. En estos sistemas, la corriente de gases atraviesa varias torres dotadas con un recubrimiento cerámico diseñado para retener energía térmica. Los gases absorben la energía del relleno (previamente calentado en ciclos anteriores) para alcanzar después la cámara de

oxidación, donde se completa la reacción. Antes de abandonar el sistema, los gases de combustión atraviesan otra torre, cediendo calor al relleno.

Una serie de válvulas de alta estanqueidad conmutan cíclicamente de modo que el gas entra siempre a través de un lecho caliente.

La entrada alternativa de los gases por aquellos lechos que están precalentados rebaja notablemente los costes generales de funcionamiento.

Los RTO resultan particularmente efectivos en flujos de proceso con baja carga de solventes. En las condiciones ideales de funcionamiento, un sistema RTO podría funcionar sin necesidad de aporte de combustible. En la mayoría de los casos, reducen el consumo de combustible a un 50%. Sistemas como el EPSILON, de Megtec, ya funcionan en empresas españolas rebajando por debajo del límite legal las emisiones de COV (compuestos orgánicos volátiles) y favoreciendo el ahorro de energía en el tratamiento de los gases.

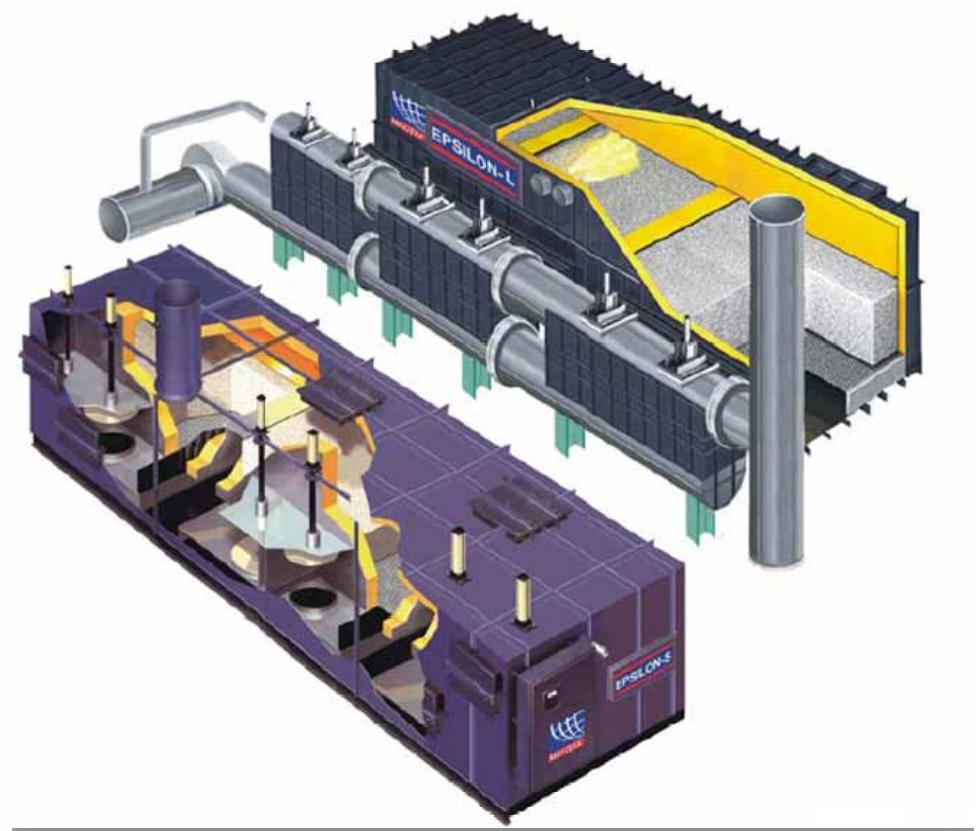


Figura 4. Sistema RTO Epsilon (Fuente: MEGTEC SYSTEMS).

9.2.4.2. Optimización del secado

Es fundamental adaptar la temperatura del horno a cada tipo de trabajo. En ocasiones, la temperatura deberá incrementarse, pero, en otras, no será necesario ese incremento y, en el caso de mantenerse la misma, además de generar problemas durante la impresión, supondrá un gasto innecesario.

En función del papel, del tipo de fibra y del gramaje, y en función de las tintas, se podrá rebajar la temperatura del horno y el gasto de energía, pero si esto supone que el trabajo realizado resulte inválido, la medida será totalmente ineficiente. Una manera de evitar estos errores es el uso de densímetros para prevenir el sobre-entintado.

9.2.5. Aprovechamiento de la energía térmica en hornos y sistemas de depuración de gases

Los hornos de secado en la impresión rotativa *heatset* generan una corriente de aire caliente que aumenta la temperatura de las tintas, así como la evaporación de, aproximadamente, un 80% de los disolventes que éstas contienen. La evaporación del disolvente permite el fijado de la tinta sobre el papel.

La corriente de aire, ahora saturada de disolventes orgánicos, debe tratarse para que quede dentro de los parámetros legales y pueda emitirse al exterior sin generar ningún riesgo para la salud o el medio ambiente.

El método más común para el tratamiento de esas corrientes de gases es la oxidación térmica, un sistema que, bien aprovechado, puede tener un impacto significativo en el ahorro de energía.

El proceso de combustión de los disolventes genera una elevada cantidad de energía térmica que, si no es aprovechada de algún modo, se acaba desperdiando a través de las emisiones de escape del sistema.

Actualmente existen tres vías para aprovechar esa energía térmica que son de aplicación a equipos de impresión y que se describen seguidamente.

9.2.5.1. Reciclar el calor en un proceso de refrigeración por absorción

Este sistema fundamenta su uso en el hecho de que algunas sustancias, conocidas como absorbdores, tienen gran avidez por absorber vapores de otras, conocidas como refrigerantes, generando la disminución de presión suficiente para la evaporación del refrigerante y el consecuente enfriamiento del otro elemento.

En el caso en particular de la impresión *heatset*, el calor procedente de la combustión de los disolventes de las tintas se utiliza para hacer funcionar parte del ciclo de absorción, con lo que, a través de calor residual, se obtiene frío que se utiliza para refrigerar los sistemas de circulación y dosificación de la solución de humectación, que requieren un intervalo de temperaturas entre los 8-16 °C para reducir la evaporación del alcohol isopropílico (IPA).

Para refrigerar la solución de mojado, normalmente se utilizan sistemas tradicionales de refrigeración por compresión. En estos sistemas, un compresor mecánico eleva la presión de un fluido gaseoso que funciona como un refrigerante, para más tarde someterlo a un proceso de evaporación, enfriándose a su vez el evaporador. Para el desarrollo de este trabajo, se necesita suministrar energía al compresor mecánico, mientras que, con el apoyo del sistema incinerador, el sistema de absorción apenas requiere un 10% de esa cantidad.

9.2.5.2. Recuperación de calor a través de un intercambiador de calor

Los intercambiadores de calor transfieren energía térmica a partir de un líquido (o de un gas, como en el caso de aplicación) a otro líquido (o a otro gas) sin mezclar los dos. En los casos en los que es posible su utilización, se usan

intercambiadores de placas, debido a que los coeficientes de transferencia de calor son más elevados, lo cual hace que los equipos sean más compactos y con menor tiempo de residencia de los fluidos.

Este sistema, aplicado a una rotativa *heatset*, puede disponer de una temperatura de salida de gases de unos 300 °C procedente de la unidad de oxidación térmica. Si esos gases son recirculados a través del intercambiador, se pueden generar 480 kW de energía térmica que se pueden utilizar para calentar la nave o incluso las oficinas.

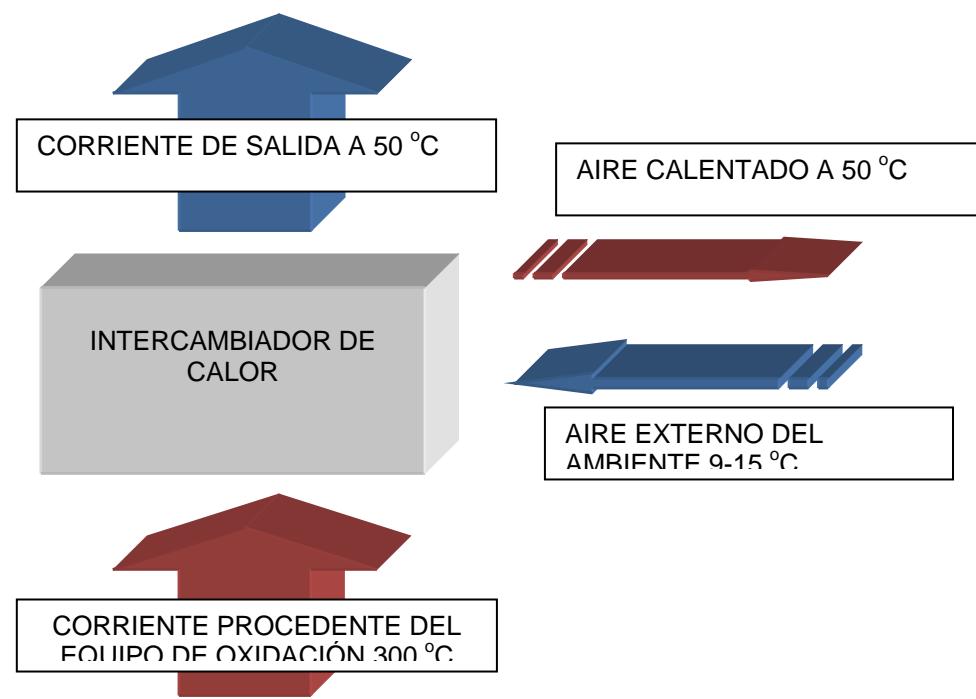


Figura 5. Flujos térmicos en un intercambiador.

9.2.5.3. Generación de electricidad mediante el uso del Ciclo de Rankine Orgánico (ORC)

Otra opción disponible para mejorar la eficiencia energética de un sistema de secado *heatset* es utilizar esa energía térmica e introducirla en un sistema ORC para obtener electricidad.

Un sistema ORC toma como base el ciclo de Rankine, en el que se produce vapor con el fin de mover una turbina que genera energía cinética, pero en el que el fluido de trabajo, en vez de agua, es un fluido orgánico de elevada masa molecular.

Para la obtención de la energía eléctrica se aprovecha el vapor que se produce en una caldera a alta presión. Ese vapor se canaliza hacia una turbina, cuyo movimiento produce energía cinética. Tras pasar por la turbina, el vapor pierde presión y es redirigido hacia un condensador, donde lo que queda de ese vapor pasa de nuevo a estado líquido. Ese líquido se envía a una bomba con el fin de incrementar la presión e ingresarla a la caldera, reiniciando el ciclo.

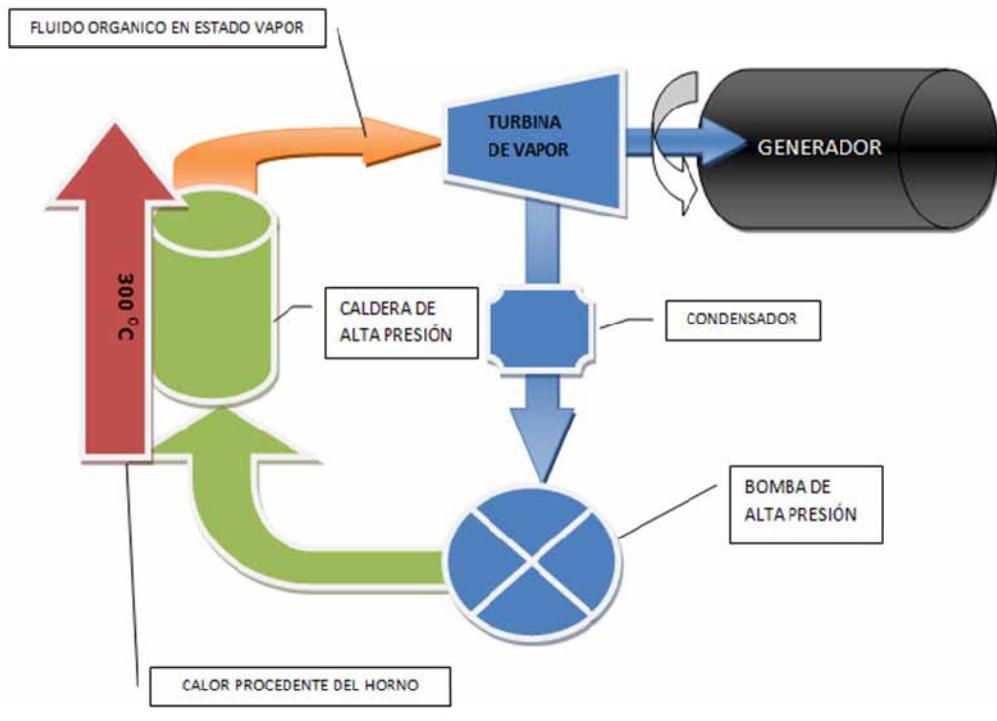


Figura 6. Versión simplificada del Ciclo de Rankine Orgánico con aporte de calor recuperado.

El sistema ORC es ideal para aplicaciones industriales, ya que los fluidos orgánicos utilizados para generar vapor se caracterizan por una baja presión y temperatura crítica, lo que los hace ideales para el aprovechamiento de fuentes de baja temperatura, como los gases procedentes del proceso de secado.

La electricidad generada por el sistema turbina-generador puede ser utilizada para consumo interno o incorporada a la red de suministro general. Esta elección dependerá tanto de la legislación aplicable como del precio del kW en la zona en cuestión, lo que condicionará ampliamente el periodo de amortización del equipo.

9.2.6. Refrigeración del sistema y ventilación

Es común que las prensas se encapsulen, ya sea por motivos asociados a prevención de riesgos laborales, en concreto exposición del trabajador al ruido, o para la minimización del impacto ambiental de la empresa.

Se debe tener en cuenta que, al encapsular un equipo, éste queda encerrado en un habitáculo que precisa de un correcto diseño del sistema de refrigeración, ya que la temperatura se incrementará notablemente.

Si el flujo de aire frío destinado a enfriar el habitáculo no recorre un trayecto adecuado, se puede generar un gasto energético para suministrar un flujo refrigerante que, como en el caso del gráfico 1 de la Fig. 7, se ve afectado por las corrientes convectivas emitidas por el propio equipo impresor, mermando las capacidades refrigerantes del sistema.

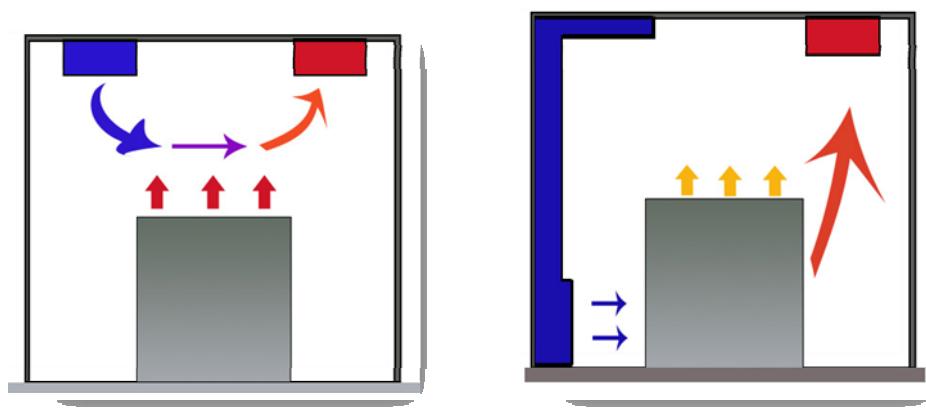


Figura 7. Entrada de aire en el habitáculo en el que se encuentra la prensa.

Si, por el contrario, el suministro de aire entra en el habitáculo al nivel del suelo por uno de los laterales de la máquina, como sucede en el gráfico 2 de la Fig. 7, el flujo de aire evitará las corrientes convectivas generadas por la máquina, y en su ascenso, según vaya adquiriendo temperatura, atravesará la máquina, refrigerándola de una forma más eficiente.

10.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética

- Convocatoria anual.
- Convocatoria de 2009: Orden de 30 de noviembre de 2009, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 18.12.09).
- Gestionada a través de IMADE.
- Todo tipo de beneficiarios.
- Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:
 - Auditorías energéticas en sectores industriales:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximos:

Consumo energía final (tep/año) por establecimiento	Valor máximo o neto de ayuda (€)
> 60.000	22.500
> 40.000 – 60.000	18.000
> 20.000 – 40.000	15.000
> 10.000 – 20.000	12.750
> 6.000 – 10.000	10.500
> 4.000 – 6.000	9.000
< 4.000	7.500

- Sustitución de equipos e instalaciones industriales en grandes empresas:
 - 22% a 30% de la inversión subvencionable.

- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones térmicas de edificios existentes:
 - 22% a 30% de la inversión subvencionable.
 - Auditorías 50% condicionado a ejecución.
- Mejora de la 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 50% condicionado a ejecución.
- Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes:
 - 40% de la inversión subvencionable.
- Estudios, análisis de viabilidad y auditorías de instalaciones de alumbrado exterior existentes:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 25.500 € en municipios de hasta 100.000 habitantes y 50.000 € en el resto.
- Auditorías energéticas en cogeneraciones existentes en empresas industriales o del 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: hasta 200.000 €.
- Plantas de cogeneración de pequeña potencia:
 - 10% a 30% de la inversión subvencionable.

- Cuantías máximas:
 - 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).
 - Resto de beneficiarios: 500.000 €.
- Dotación presupuestaria 2009:
 - 7.660.450 €.
- Plazo de solicitudes:
 - 2 meses a partir de la publicación en el BOCM.
- Plazo de ejecución:
 - Del 1 de enero del año correspondiente al 30 de septiembre del año siguiente.

10.2. Fomento de las energías renovables

- Convocatoria anual.
- Convocatoria de 2009: Orden de 10 de agosto de 2009, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 4.09.09).
- Beneficiarios:
 - Corporaciones locales.
 - Otras entidades públicas.

- Instituciones sin ánimo de lucro.
- Comunidades de propietarios.
- Sociedades cooperativas.
- Empresas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.
- Personas físicas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.

✿ Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:

- 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.
- Minieólica: 30%
- Biomasa y residuos: 30%.
- Geotérmica: 30% del coste de referencia.
- Instalaciones mixtas: cuantía proporcional.

Para Ayuntamientos de menos de 10.000 habitantes, la cuantía de la subvención será del 50% de la inversión subvencionable.

✿ Cuantía máxima de las ayudas:

- 70% de la inversión en todos los casos, y:
 - 200.000 € para personas físicas.
 - 200.000 € en tres años para empresas.
 - 300.000 € para resto de beneficiarios.

✿ Dotación presupuestaria 2009: 2.362.017 €.

✿ Plazo de presentación de solicitudes:

- Un mes a partir de la publicación en el BOCM.

● Período de realización de la inversión (convocatoria 2009):

- Desde el 15 de octubre de 2008 hasta 20 de noviembre de 2009.

10.3. Plan Renove de Maquinaria Industrial

● Normativa reguladora:

- Acuerdo del Consejo de Gobierno de 5 de marzo de 2009 (BOCM de 30.03.09) por el que se aprueban ayudas para prestar apoyo financiero a las pymes madrileñas para mejorar su competitividad y desarrollo tecnológico.

● Objeto:

- Apoyo financiero a pequeñas y medianas empresas industriales para la sustitución o adquisición de equipos de producción, con la finalidad de incrementar su productividad y mejorar su eficiencia energética.

● Beneficiarios:

- Pequeñas y medianas empresas industriales.

● Actuaciones subvencionables:

- Inversiones en maquinaria u otros equipos productivos, y en equipamiento informático, de control de calidad e instalaciones vinculadas al proceso productivo, que se realicen mediante operaciones suscritas con entidades financieras con establecimiento permanente en la Comunidad de Madrid y avaladas por Avalmadrid, S.G.R., hasta un máximo de 1.000.000 € por beneficiario.

● Cuantía de las ayudas:

- Bonificación de hasta 3 puntos del tipo de interés, que no podrá ser superior a Euribor + 0,5 y comisiones de apertura, aval y estudio.

● Gestión:

Avalmadrid, Sociedad de Garantía Recíproca.

C/ Jorge Juan, 30, 28001 Madrid

Tfnos. 902 400 209 - 91 577 72 70

avalmadrid@avalmadrid.es

www.avalmadrid.es

10.4. Plan de Apoyo a la Industria

● Normativa reguladora:

- Acuerdo del Consejo de Gobierno de 5 de marzo de 2009 (BOCM de 30.03.09) por el que se aprueban ayudas para prestar apoyo financiero a las pymes madrileñas para mejorar su competitividad y desarrollo tecnológico.

● Objeto:

- Apoyo financiero a pequeñas y medianas empresas industriales para la realización de inversiones, con la finalidad de incrementar su productividad.

● Beneficiarios:

- Pequeñas y medianas empresas industriales.

- ◆ Actuaciones subvencionables:
 - Inversiones en proyectos y actuaciones de carácter medioambiental, de prevención de riesgos laborales, mejora de la seguridad en instalaciones y obtención de certificado de cadena de custodia, que se realicen mediante operaciones suscritas con entidades financieras con establecimiento permanente en la Comunidad de Madrid y avaladas por Avalmadrid, S.G.R., hasta un máximo de 1.000.000 € por beneficiario.
- ◆ Cuantía de las ayudas:
 - Bonificación de hasta 3 puntos del tipo de interés, que no podrá ser superior a Euribor + 0,5 y comisiones de apertura, aval y estudio.
- ◆ Gestión:
 - Avalmadrid, Sociedad de Garantía Recíproca.
C/ Jorge Juan, 30, 28001 Madrid
Tfnos. 902 400 209 - 91 577 72 70
avalmadrid@avalmadrid.es
www.avalmadrid.es