



[www.madrid.org/caeem](http://www.madrid.org/caeem)



# GESTIÓN ENERGÉTICA EN HOTELES

Juan Núñez-Cacho del Águila



La Suma de Todos

Dirección General de Industria,  
Energía y Minas  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA  
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA  
**Comunidad de Madrid**



Centro de Ahorro y Eficiencia  
Energética de Madrid



# Presentación

La evolución de la industria hotelera está íntimamente relacionada con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejora en la gestión.

En este sentido, es importante tomar conciencia de la importancia que supone el gasto energético, que representa el segundo capítulo más relevante de los costes de los establecimientos hoteleros, después de los gastos de personal.

Por otra parte, en la estrategia energética de la Comunidad de Madrid juega un papel central la promoción de la eficiencia energética y de la utilización de energías renovables, al objeto de minimizar el impacto ambiental que supone el uso de energía, aumentar la competitividad de las empresas madrileñas e incrementar el grado de autoabastecimiento de la región. Esta estrategia está en línea con los objetivos de la política energética nacional y europea, y con el cumplimiento de los compromisos internacionales, singularmente el Protocolo de Kyoto.

Por ello, la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica y la Confederación Empresarial de Madrid, con la colaboración de la Asociación Empresarial Hotelera de Madrid, Unión Fenosa y la Revista El Instalador, han considerado oportuno editar la "**Guía de Gestión Energética en Hoteles**", redactada por Juan Núñez-Cacho del Águila, un gran experto y buen conocedor de las materias relacionadas y cuyo fin es informar a los empresarios y a otros profesionales relacionados con el sector hotelero de las ventajas de la adopción de medidas y tecnologías para la mejora de la eficiencia energética.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas

# Prólogo

Actualmente, todos somos conscientes de la necesidad de cambiar el modelo de desarrollo del último siglo, basado en el consumo inmoderado de energía, agua y recursos naturales, y que asociaba el lujo y el confort a su derroche.

Al mismo tiempo, la contaminación y degradación global del medioambiente es claramente visible, afectando a amplias zonas turísticas e incluso directamente a nuestro entorno inmediato, y disminuyendo nuestra calidad de vida.

El sector turístico español en general y el hotelero en particular, son claros ejemplos de lo anterior, pues se han despreocupado del impacto que provocaba su actividad y ahora se encuentran con unos clientes que buscan entornos naturales y unos costes energéticos que cada vez tienen más relevancia en la cuenta de explotación.

No es imprescindible un sentimiento altruista de salvaguardar la Naturaleza, pues la simple racionalidad nos indica que nuestro proyecto de futuro tiene que basarse en el desarrollo sostenible.

Si bien es la Administración quien puede y debe liderar este cambio de tendencia, para llevar a buen término la necesaria transformación se precisa de la suma de todos los esfuerzos individuales, a todos los niveles.

Con esa convicción, he intentado aportar mi experiencia en ingeniería de instalaciones y aprovechamiento energético, para elaborar el presente Manual, cuya vocación es divulgar, de forma práctica, sencillas medidas de optimización del consumo de energía y agua en Hoteles.

Las razones para dedicar esta monografía al sector hotelero son, su relevancia como gran consumidor energético y la amplia información recopilada durante diez años en InterContinental Hotels Group (InterContinental, Crown Plaza,

Holiday Inn y Express) donde desempeñó el puesto de Director Técnico del Área Sur de Europa.

Quiero agradecer la ayuda que este modesto Manual ha recibido de la Fundación Carlos García Ocejo que lo destacó con su premio 2004, a la revista técnica "El Instalador" por su difusión, y a ATECYR y ACTECIR por su apoyo.

Así mismo, reconocer el entusiasmo del Ilmo. Sr. D. Carlos López Jimeno, Director General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid y a su excelente equipo del Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid, a quienes se debe esta publicación. Gracias por la divulgación, y gracias por demostrarme el alto nivel de compromiso y eficacia que puede alcanzar nuestra Administración.

Finalmente, agradecer a cada lector el tiempo que dediquen a considerar las sugerencias de este Manual, cuyo único objetivo es resultar de alguna utilidad.

**Juan Núñez-Cacho del Águila**

# Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Características del edificio	3
1.2. Localización climática	4
1.3. Categoría y nivel de servicios	5
1.4. Estándares y legislación	6
1.5. Energía y recursos disponibles	7
1.6. Medios humanos y técnicos	7
1.7. Opciones de gestión energética	9
2. AUDITORÍA ENERGÉTICA	11
2.1. Inventario de puntos de consumo	11
2.2. Cálculo de consumo óptimo	13
2.3. Distribución del consumo real	13
2.4. Oportunidades de ahorro	16
2.5. Costes de energía y alternativas	19
3. RATIOS DE CONSUMO	25
4. AHORRO DE AGUA	29
4.1. Limpieza de habitaciones	29
4.2. Descargas periódicas	31
4.3. Accionamiento de grifos	32
4.4. Restrictores de caudal	34
4.5. Retorno de agua caliente A.C.S.	36
4.6. Control de consumos	38
4.7. Reutilización del agua	39
5. LAVANDERÍA Y COCINA	41
5.1. Lavandería	41
5.2. Cocina	42
6. ILUMINACIÓN	45
6.1. Iluminación exterior	45
6.2. Zonificación de circuitos	47
6.3. Iluminación en salones	49

6.4. Atenuación lumínica	53
6.5. Control de presencia	55
6.6. Control de ocupación en habitaciones	56
6.7. Elementos de iluminación	59
7. CALEFACCIÓN Y A.C.S.	63
7.1. Producción calorífica	63
7.2. Regulación en función exterior	68
7.3. Regulación de habitaciones	70
7.4. Arranque y parada optimizada	73
7.5. Recuperadores del aire extraído	75
7.6. Otras medidas de ahorro	77
8. CLIMATIZACIÓN	79
8.1. Producción frigorífica	79
8.2. Circuitos secundarios	81
8.3. Variación del caudal de aire	83
8.4. Temperatura de agua en <i>fan-coils</i>	84
8.5. Climatización en habitaciones	87
8.6. <i>Free-cooling</i>	89
9. PRODUCCIÓN TERMOFRIGORÍFICA	93
9.1. Bomba de calor agua-agua	94
9.2. Enfriadora con recuperador	95
9.3. Enfriadoras de combustión a gas	96
9.4. Bombas de calor agua-aire-agua	97
9.5. Cogeneración y trigeneración	98
9.6. Energías renovables	99
10. OTRAS APLICACIONES	103
10.1. Sistema de Control Centralizado (SCC)	103
10.2. Enfriamiento Evaporativo Indirecto (E2I)	109
11. CONCLUSIONES	115

La garantía de futuro de una empresa (y del ser humano) es que su desarrollo esté basado en la sostenibilidad, racionalizando la utilización de recursos naturales y energía, y minimizando en lo posible el impacto que su actividad tiene sobre el Medio Ambiente.

Al mismo tiempo, los altos niveles de competitividad en el sector hotelero demandan progresivamente una reducción de los costes operativos, entre los que tienen una especial relevancia los correspondientes a la energía y el agua, que alcanzan el 7 % de los gastos de suministros y el 3 % de los ingresos totales del hotel.

Así, una eficaz gestión energética contribuye a la protección medioambiental, mejorando los resultados económicos de explotación.





El presente Manual tiene la vocación de servir como guía práctica de implantación de medidas para la optimización del consumo de energía y agua en hoteles. Si bien está enfocado en su aplicación a hoteles existentes, puede resultar una herramienta más útil y rentable si se emplea como referencia al elaborar un Proyecto de remodelación o de nueva construcción.

Con el objetivo de que la presentación resulte comprensible y amena para todos los que intervienen en las decisiones y que en muchos casos no tienen la suficiente formación o conocimientos técnicos, se han omitido los cálculos demostrativos de los valores que se indican, pues el profesional no los necesita para comprobar los resultados, ni para realizar el cálculo específico de cada aplicación.

No obstante, las cifras y porcentajes de ahorro provienen de cálculos y comprobaciones reales en uno o varios hoteles, y los costes de equipos materiales y ejecución se corresponden con valores normales de mercado, con la licencia en ambos casos de redondearlos respecto a los valores promedios.

Cada una de las medidas de optimización que se proponen incluye una indicación de su dificultad de implantación. Así, se clasifican como FÁCIL aquellas medidas que pueden ponerse en práctica por el propio personal del hotel, MEDIA las que precisan de asesoría técnica y COMPLEJA las que requieren un estudio, un proyecto y la dirección de profesionales cualificados.

A fin de facilitar una referencia directa, toda la exposición está basada en el modelo de un Hotel Tipo, que responde a las siguientes características:

- ✿ Categoría superior (4 ó 5 estrellas).
- ✿ 300 habitaciones que incluyen suites.
- ✿ 10/15 salones de diferentes tamaños con una capacidad total de 1.000 personas.
- ✿ 1 Restaurante y 1 *Snack Bar*.
- ✿ Lavandería y *Room Service* 24 horas.
- ✿ *Fitness Center* (sin piscina).
- ✿ Cliente habitual de negocios.

- ✿ Ubicación urbana.
- ✿ Localización climática media (Madrid).
- ✿ Inicialmente se considera que no dispone de ningún sistema ni procedimiento de ahorro energético.

Para estimar los consumos energéticos de un hotel específico, pueden utilizarse los ratios de este Hotel Tipo aplicando los índices de corrección del Capítulo 3 - Ratios de Consumo.

Reconociendo las ventajas de utilizar el modelo de Hotel Tipo, es preciso concienciarse de las diferencias que pueden producirse entre los hoteles "similares" debido a las múltiples combinaciones de variables como las siguientes:

- 1.1. - Características del edificio.
- 1.2. - Localización climática.
- 1.3. - Categoría y nivel de servicios.
- 1.4. - Estándares y legislación.
- 1.5. - Energía y recursos disponibles.
- 1.6. - Medios humanos y técnicos.
- 1.7. - Opciones de gestión energética.

## 1.1. Características del edificio

Es clara la repercusión que las características del edificio tienen en el consumo energético, aunque no siempre se consideran cuando se diseña un nuevo hotel:

- ✿ Tipología horizontal o vertical, con un bajo o alto porcentaje de superficie de vidrio y con una u otra orientación.
- ✿ Materiales y aislamientos empleados en su construcción, así como su estado de conservación.

- ❁ Relación entre la superficie de áreas públicas (*lobby*, salones, restaurantes, etc.) y la de habitaciones.
- ❁ Ubicación urbana entre otros edificios o edificación exenta, con una gran superficie ajardinada.
- ❁ Dimensión de las habitaciones o suites, con incorporación de bañeras circulares o de hidromasaje.
- ❁ Tamaño del hotel, pues no resultan proporcionales los ratios de repercusión energética de un hotel de 100 habitaciones respecto a otro de 1.000.



## 1.2. Localización climática

En este punto, la variación puede ser tan amplia como lo es el clima de diferentes zonas geográficas:

- ❁ Zonas con altas temperaturas durante todo el año, por lo que la demanda de calefacción es muy baja, o incluso no se requiere en ningún momento.
- ❁ Zonas cálidas, con diferentes niveles de humedad absoluta.
- ❁ Áreas de alta montaña o de latitud extrema, con altos requerimientos de calefacción y humectación.
- ❁ Completando lo anterior, las variaciones estacionales pueden ser suaves en unas zonas y rotundas en otras.



### 1.3. Categoría y nivel de servicios

Normalmente, según se incrementa la categoría de un hotel, lo hacen también los servicios que se ofrecen al cliente y esto conlleva el aumento correspondiente de necesidades energéticas:

- ❁ Piscinas abiertas con calentamiento (o incluso enfriamiento) del agua.
- ❁ Piscinas cubiertas climatizadas.
- ❁ SPA y locales de tratamientos de belleza y relax.
- ❁ Lavandería y cocina en servicio 24 horas.
- ❁ Iluminación espectacular de fachadas y grandes superficies.
- ❁ Lo anterior está a su vez influenciado por el tipo de cliente, que puede ser de negocios, turismo o descanso.



## 1.4. Estándares y legislación

En muchas ocasiones, el consumo energético y las medidas de optimización están condicionados a normas corporativas, estándares de servicio o leyes locales:

- ❁ Las normas de algunas cadenas hoteleras no permiten la instalación de sensores de presencia o interruptores de tarjeta en habitaciones, pues consideran que esto condiciona al cliente.
- ❁ Los niveles de iluminación o de confort que se establecen en muchos casos, obedecen más a razones comerciales o decorativas que a criterios de optimización energética.
- ❁ Algunas legislaciones locales, autonómicas o nacionales dificultan –o incluso impiden– la implantación de determinados sistemas de optimización energética por razones de: cogeneración eléctrica, tipo de refrigerantes, sectorizaciones de incendio, etc.

- ✿ En cualquier caso, el desafío de una eficiente gestión energética consiste en disminuir los consumos, sin que el cliente perciba ningún cambio de sus niveles de confort y servicio.

## 1.5. Energía y recursos disponibles

En función de los recursos disponibles y de la política energética, las alternativas de fuentes de energía y su precio pueden variar sensiblemente entre diferentes países y regiones.

Entre los factores más importantes cabe destacar:

- ✿ Imposibilidad de disponer de un determinado combustible, como el gas natural.
- ✿ Reservas reales y dependencia exterior.
- ✿ Regulación del mercado energético, como estatal, monopolio, intervenido, controlado o liberalizado.
- ✿ Sistemas de tarificación eléctrica.
- ✿ Subvenciones, recargos y eco-tasas.
- ✿ Estabilidad y tendencia de los precios de energía y agua.

## 1.6. Medios humanos y técnicos

Una eficaz gestión energética requiere un equipo humano cualificado y dotado del necesario equipamiento, instrumentación y recursos.

Algunos hoteles, debido a su tamaño, categoría y cultura corporativa, disponen de una oficina técnica cualificada, equipos de medida y contadores por área y local, así como sistemas informáticos de gestión, recepción de datos y seguimiento de históricos y tendencias.

Un plan de ahorro energético puesto en marcha por Inter Continental Hotels & Resorts en 69 hoteles de diferentes países consiguió, en 10 años, ahorros de energía y agua por valor de 29 millones de Euros.

No obstante, la mayoría de los hoteles no tienen el personal suficiente o con la cualificación necesaria, ni tampoco los correspondientes medios como contadores, registradores, etc.

Así, no es común que un hotel disponga de los suficientes datos históricos de consumos energéticos que permitan analizar sus parámetros operativos, su evolución, ni mucho menos sus tendencias.

En muchos casos, la única gestión energética que se realiza es la de contabilizar las facturas de las compañías suministradoras, resignándose a que el coste de la energía tenga cada vez más incidencia en el coste total operativo, y por tanto en el beneficio de explotación.

En coherencia con lo anterior, si bien este manual está enfocado a todas aquellas medidas de ahorro de más fácil implantación, se asume que algunas de ellas debido a las limitaciones existentes en un determinado hotel, podrían resultar complicadas de poner en práctica, y sobre todo de evaluar.

No obstante, siempre podrán ser un punto de referencia para su aplicación y evaluación parcial.

## 1.7. Opciones de gestión energética

Desde un enfoque empresarial, la inversión en medios de gestión energética, como cualquier otra, estará condicionada por su rentabilidad.

Según las posibilidades de ahorro en cada caso, las opciones podrían ser una de las siguientes o una combinación de algunas de ellas:

- ✿ Ampliar progresivamente la dotación humana y material del propio hotel.
- ✿ Contratar a una ingeniería cualificada la realización de una auditoría energética, con propuestas de mejora y seguimiento de consumos energéticos.
- ✿ Acordar la colaboración puntual de un profesional o empresa, para identificar las medidas de ahorro más rentables.
- ✿ En cualquier caso, ninguna medida conseguirá su máxima eficacia sin contar con la colaboración del responsable técnico del hotel y de su equipo. Ellos son los mejores conocedores de las instalaciones y quienes las operan día a día.
- ✿ Igualmente, la mejor medida de ahorro energético en un hotel es concienciar a todo el personal de la importancia de preservar la energía y el agua como recursos naturales limitados, para que racionalicen su consumo.

Dentro de la cultura empresarial de algunas cadenas hoteleras, en cada hotel se constituye un Comité de Medio Ambiente que junto a otros aspectos como gestión de residuos, control de contaminación, etc., lidera la implantación de medidas de disminución del consumo de energía y agua, con excelentes resultados.



Como en cualquier otra actividad, para mejorar algo es preciso conocerlo y evaluarlo, estableciendo una base de referencia que permita cuantificar -y posteriormente comprobar- la repercusión de las medidas de optimización.

Así, la auditoría energética de un hotel, si bien es el proceso más laborioso, es la mejor herramienta para instrumentalizar un plan de acción a corto, medio y largo plazo.

Esta auditoría puede dividirse en cinco fases:

2.1. - Inventario de puntos de consumo.

2.2. - Cálculo del consumo óptimo.

2.3. - Distribución del consumo real.

2.4. - Oportunidades de ahorro.

2.5. - Costes de energía y alternativas.

## 2.1. Inventario de puntos de consumo

Para cada local, área o servicio, se realiza un inventario de elementos consumidores y sus características, dividido por circuitos.

Como ejemplo véase la Tabla 1, correspondiente al inventario de potencia instalada en el Hotel Tipo.

TABLA 1. Auditoría energética (electricidad).

HOTEL TIPO

INVENTARIO DE POTENCIA INSTALADA

(EJEMPLO PARCIAL)

Con- tador n°	Gru- po	Descripción W/ud.	Qty.	Vela E14		Esf. E-27		Halógen Tubular		Halógena Pa Reflector			Halógen Dicroica			Compactas Electrónicas			Fluoresc. Tubo		Otros consumidores (especificar cuales)			Potencia Instalada kW
				25	40	60	100	60	100	50	100	150	20	50	9	11	16	18	36	Tipo	Pot.	Qty.		
<b>7</b>		<b>ESCALERAS</b>																						
7	C	Escalera Sur	1	16		21																		1,66
7	C	Escalera Principal	1								23	2						18	Compacta PL-	13	9			1,33
7	C	Escalera servicio	1										11				39							0,82
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>3,81</b>
<b>14</b>		<b>OFICINA ADMINISTRACIÓN</b>																						
14	E	Iluminación general	1			2					9					4	52	2						1,37
14	E	Equipo oficina (fotoc/imp/PC)																	Varios equipos	3.860	1			3,86
14	J	Extractor Administración n°	1																Ventilador mon	512	1			0,51
14	J	Extractor Administración n° 2	1																Ventilador mon	512	1			0,51
14	J	Fan-CoilAdministración1	1																Vent. Fan-coil	100	1			0,10
14	J	Fan-CoilAdministración2	1																Vent. Fan-coil	65	1			0,07
14	J	Fan-CoilAdministración3	1																Vent. Fan-coil	65	1			0,07
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>6,49</b>
<b>18/19</b>		<b>PLANTAS HABITACIONES</b>																						
18/19	E	Office Pl. 2° a 7°	6													1	4							0,53
18/19	E	Office Pl. 8°	1														2	2						0,10
18/19	F	Pasillos Hab. A (Aplicques)	7			6											26							4,52
18/19	F	Pasillos Hab. B (Halógenos)	7								47	4												7,98
18/19	F	Habitaciones Standard	116	2				2			3							1						30,86
18/19	F	Habitaciones Club	158	2			1	2			6							1						68,89
18/19	F	Junior Suite	23	4			2	2			7							2						13,62
18/19	F	Suite 216	1		4	1	2	3			11							2						0,85
18/19	F	Suite 716	1		4	3	2	3			9		2		5	1			Linestra	60	2			1,14
18/19	F	Suite 816	1		6	4	2	2			9				2	1								1,03
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>129,51</b>
<b>20</b>		<b>SALON " A "</b>																						
20	G	Lámparas de araña	1					96																5,76
20	G	Iluminación de techo	1									21		44										1,53
20	G	Candilejas	1															10	52					2,05
20	G	Bañadores laterales	1								36	16												1,52
20	G	Aplicques murales	1	24	4										18									0,92
20	G	Focos direccionables	1							19	8													1,75
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>13,54</b>
<b>41</b>		<b>ILUMINACIÓN EXTERIOR</b>																						
41	C	Entrada Exterior	1													18								0,29
41	C	Fachada	1																Halógena linea	300	3			0,90
41	C	Fachada	1																Halógena linea	500	7			3,50
41	C	Fachada	1																Sódio b. presión	250	26			6,50
41	C	Fachada	1																Globo electróni	18	2			0,04
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>11,22</b>
<b>49</b>		<b>VENTILADORES</b>																						
49	D	Extractor Salón " B "	1																		790	1		0,79
49	D	Extractor Salón " C "	1																		790	1		0,79
49	D	Extractor Zona Gobernanta	1																		750	1		0,75
49	D	Extractor Zona RR.HH.	1																		375	1		0,38
49	E	Extractor Cuarto Basuras	1																		938	1		0,94
49	E	Vent. Aire, Ext. Gobernanta	1																		769	1		0,77
49	E	Vent. Aire, Ext. RR.HH.	1																					0,00
		<b>SUMA GRUPO</b>																						<b>4,41</b>

## 2.2. Cálculo del consumo óptimo

Cuando el consumo varía en función de la producción (ej. Lavandería y Cocina) es preciso un análisis diario que identifique los puntos de desviación y sus causas.

Si los consumos se mantienen estables a lo largo del tiempo (ej. Iluminación) puede resultar suficiente un comparativo mensual.

Un ejemplo de análisis comparativo mensual de consumo óptimo respecto a consumo real puede verse en la Tabla 2.

Para observar tendencias generales, cambios de estrategia o previsiones de consumo para los próximos años, suele emplearse la comparación anual, mes a mes. Un ejemplo de variación del consumo energético durante el año puede verse en las figuras 1 a 3.

## 2.3. Distribución del consumo real

Cuanto mayor sea la cantidad de contadores divisionarios de electricidad, gas, gasóleo o agua, más exacta será la distribución del consumo por zonas.

Si no se puede disponer de los datos individuales de un área específica, será preciso deducirlos en función de otros.

Al segregar los consumos se facilita el análisis individual y la comprobación de los resultados obtenidos por la aplicación de una medida de optimización concreta, pues según se amplía el grupo de medición se dispersan los resultados, que pueden estar afectados por otras variables.

Dependiendo de la disponibilidad para realizar la lectura de datos y su análisis, los periodos pueden ser diarios, semanales o mensuales.

TABLA 2. Auditoría energética (electricidad).

HOTEL TIPO

COMPARACIÓN CONSUMO ÓPTIMO – CONTADOR

(EJEMPLO PARCIAL)

Nº DÍAS: 31 OCUPAC.: 73%

Contador nº	Grupo	Descripción W/ud.	Qty.	Otros consumidores (especificar cuales)			Potencia Instalada kW	Factores			Consumo energía mes kWh	Registro Contador kWh	Posibilid. Ahorro kWh	Porc. Desv. %
				Tipo	Pof.	Qty.		ocupac. mes	horas día	uso				
<b>7</b>		<b>ESCALERAS</b>												
7	C	Escalera Sur	1				1,66	1,00	14,4	1,00	741,02			
7	C	Escalera Principal	1	Compacta PL-	13	9	1,33	1,00	16,8	1,00	690,06			
7	C	Escalera servicio	1				0,82	1,00	24,0	1,00	612,31			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>3,81</b>				<b>2.043,40</b>	2.168,70	<b>125,30</b>	6,13%
<b>14</b>		<b>OFICINA ADMINISTRACIÓN</b>												
14	E	Iluminación general	1				1,37	0,65	13,5	1,00	370,44			
14	E	Equipo oficina (fotoc/imp/PC)		Varios equipos	3.860	1	3,86	0,65	13,5	0,55	573,21			
14	J	Extractor Administración nº 1	1	Ventilador mon	512	1	0,51	0,65	14,0	1,00	143,36			
14	J	Extractor Administración nº 2	1	Ventilador mon	512	1	0,51	0,65	14,0	1,00	143,36			
14	J	Fan-Coil Administración 1	1	Vent. Fan-coil	100	1	0,10	0,65	14,0	1,00	28,00			
14	J	Fan-Coil Administración 2	1	Vent. Fan-coil	65	1	0,07	0,65	14,0	1,00	18,20			
14	J	Fan-Coil Administración 3	1	Vent. Fan-coil	65	1	0,07	0,65	14,0	1,00	18,20			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>6,49</b>				<b>1.294,77</b>	1.478,00	<b>183,23</b>	14,15%
<b>18/19</b>		<b>PLANTAS HABITACIONES</b>												
18/19	E	Office PL. 2ª a 7ª	6				0,53	1,00	24,0	1,00	286,77			
18/19	E	Office PL. 8ª	1				0,10	1,00	24,0	1,00	56,48			
18/19	F	Pasillos Hab. A (Apliques)	7				4,52	1,00	24,0	1,00	2.455,99			
18/19	F	Pasillos Hab. B (Halógenos)	7				7,98	1,00	16,0	1,00	2.889,40			
18/19	F	Habitaciones Standard	116				30,86	1,00	11,5	0,90	7.227,11			
18/19	F	Habitaciones Club	158				68,89	1,00	11,5	0,90	16.134,98			
18/19	F	Junior Suite	23				13,62	1,00	11,5	0,90	3.189,15			
18/19	F	Suite 216	1				0,85	1,00	11,5	0,90	199,56			
18/19	F	Suite 716	1	Linestra	60	2	1,14	1,00	11,5	0,90	266,07			
18/19	F	Suite 816	1				1,03	1,00	11,5	0,90	241,25			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>129,51</b>				<b>32.946,75</b>	35.655,31	<b>2.708,56</b>	8,22%
<b>20</b>		<b>SALÓN " A "</b>												
20	G	Lámparas de araña	1				5,76	1,00	18,0	0,42	1.349,91			
20	G	Iluminación de techo	1				1,53	1,00	18,0	0,42	359,51			
20	G	Candilejas	1				2,05	1,00	18,0	0,42	480,91			
20	G	Bañadores laterales	1				1,52	1,00	18,0	0,42	356,23			
20	G	Apliques murales	1				0,92	1,00	18,0	0,42	216,08			
20	G	Focos direccionables	1				1,75	1,00	18,0	0,42	410,13			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>13,54</b>				<b>3.172,77</b>	4.978,10	<b>1.805,33</b>	56,90%
<b>41</b>		<b>ILUMINACIÓN EXTERIOR</b>												
41	C	Entrada Exterior	1				0,29	1,00	12,6	1,00	112,49			
41	C	Fachada	1	Halógena linea	300	3	0,90	1,00	11,8	1,00	329,22			
41	C	Fachada	1	Halógena linea	500	7	3,50	1,00	11,8	1,00	1.280,30			
41	C	Fachada	1	Sódio b. presión	250	26	6,50	1,00	11,8	1,00	2.377,70			
41	C	Fachada	1	Globo electrónico	18	2	0,04	1,00	12,6	1,00	14,06			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>11,22</b>				<b>4.113,77</b>	4.715,94	<b>602,17</b>	14,64%
<b>49</b>		<b>VENTILADORES</b>												
49	D	Extractor Salón " B "	1		790	1	0,79	1,00	18,0	0,70	308,57			
49	D	Extractor Salón " C "	1		790	1	0,79	1,00	18,0	0,55	242,45			
49	D	Extractor Zona Gobernanta	1		750	1	0,75	0,78	16,0	1,00	290,16			
49	D	Extractor Zona RR.HH.	1		375	1	0,38	0,65	14,0	1,00	105,00			
49	E	Extractor Cuarto Basuras	1		938	1	0,94	1,00	24,0	1,00	697,87			
49	E	Vent. Aire. Ext. Gobernanta	1		769	1	0,77	0,78	14,0	1,00	260,32			
49	E	Vent. Aire. Ext. RR.HH.	1				0,00	0,65	14,0	1,00	0,00			
		<b>SUMA GRUPO</b>					<b>4,41</b>				<b>1.904,38</b>	1.912,32	<b>7,94</b>	0,42%

### HOTEL TIPO - EVOLUCION ANUAL CONSUMO ELECTRICO

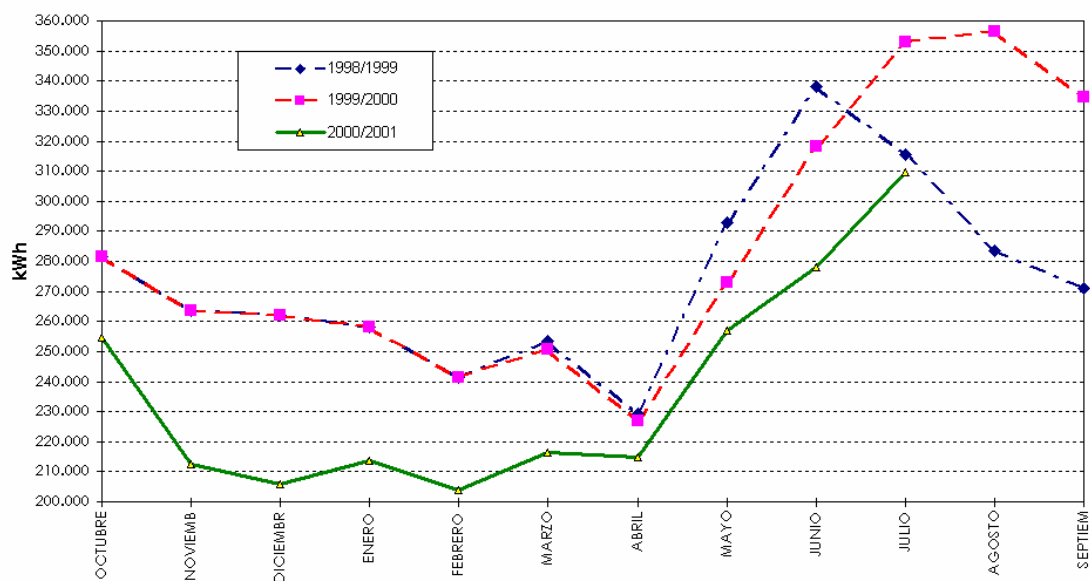


Figura 1. Comparativa anual del consumo eléctrico.

### HOTEL TIPO - EVOLUCION ANUAL CONSUMO DE GASÓLEO

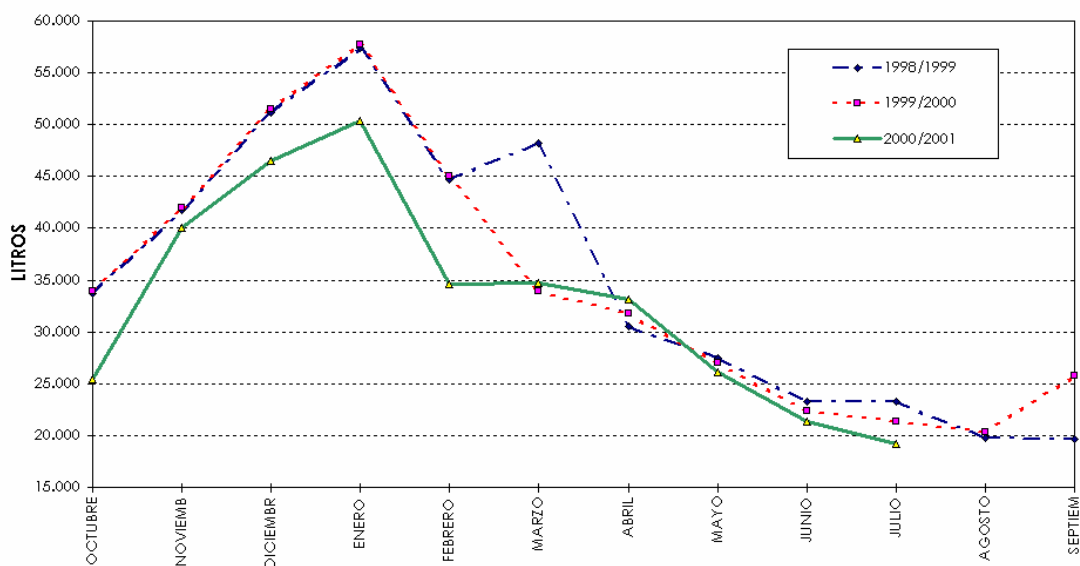


Figura 2. Comparativa anual del consumo de gasóleo.

### HOTEL TIPO - EVOLUCION ANUAL CONSUMO DE AGUA

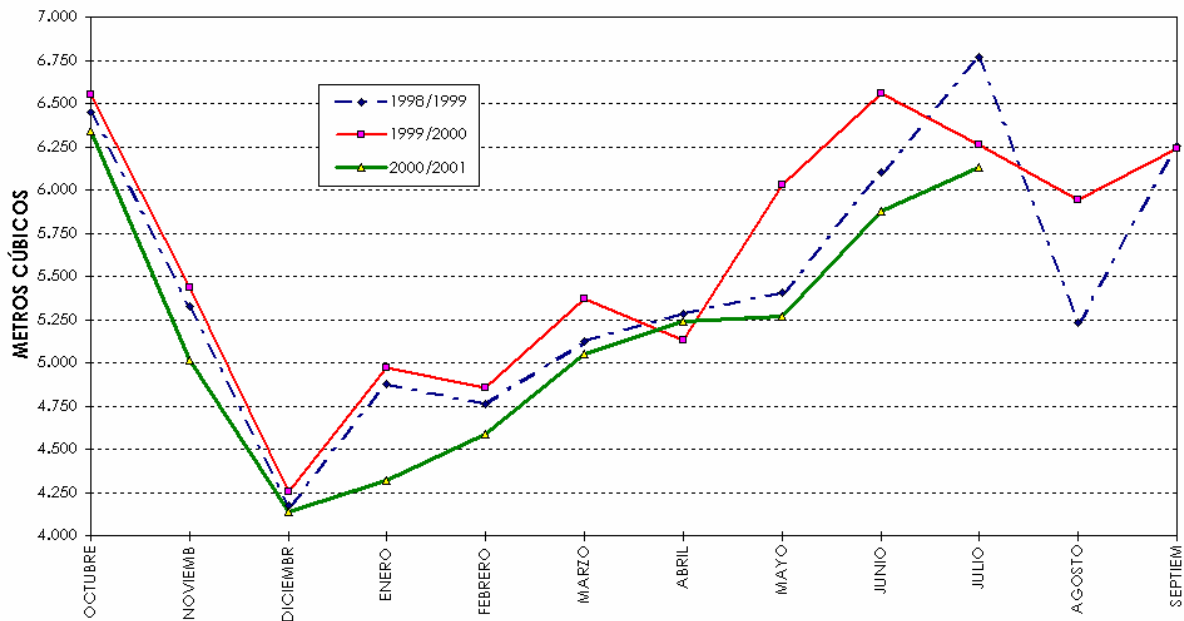


Figura 3. Comparativa anual del consumo de agua.

Un ejemplo de análisis de distribución de consumo real, puede verse a continuación en la Tabla 3, que representa el análisis diario del consumo energético de la lavandería del Hotel Tipo respecto a la producción.

A su vez, los parámetros de consumo de la tabla anterior se representan gráficamente en las figuras 4, 5 y 6.

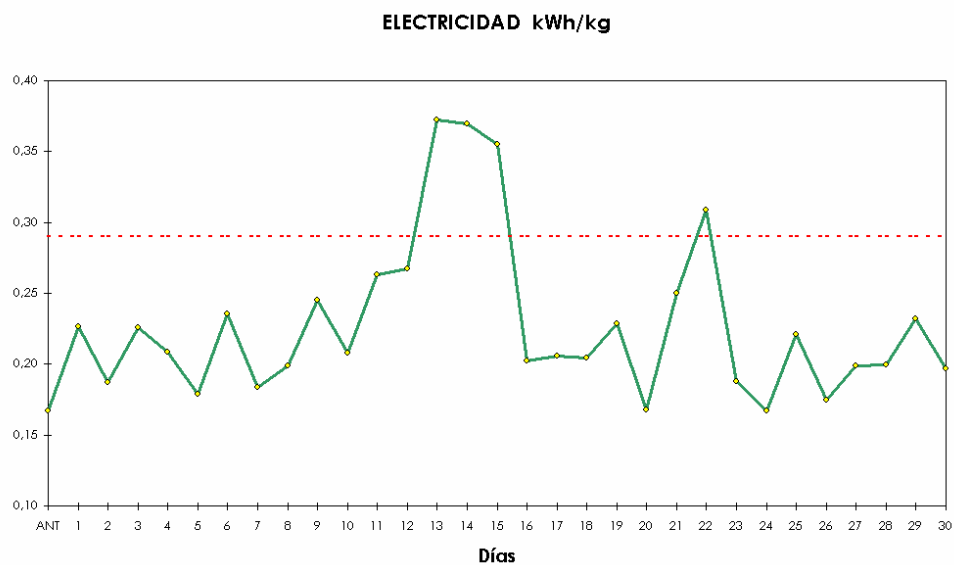
## 2.4. Oportunidades de ahorro

Mediante la comparación entre los consumos reales y los que se consideran óptimos, de acuerdo con el cálculo teórico, los ratios de referencia o los propios valores de condiciones similares, se identifican y cuantifican las posibilidades de ahorro en cada área y para cada tipo de energía.

**TABLA 3.** Análisis diario del consumo energético respecto a la producción.

DÍA	(HOTEL TIPO)			Producción Lavandería kg/ropa	LAVANDERÍA		
	CONSUMOS				PARÁMETROS		
	ELECTRICIDAD kWh	GASÓLEO l	AGUA m <sup>3</sup>		ELECTRICIDAD kWh/kg	GASÓLEO kWh/kg	AGUA l/kg
ANT	140	426	6	838	0,17	4,03	7,16
1	131	316	7	578	0,23	4,34	12,12
2	127	301	7	679	0,19	3,51	10,30
3	135	241	8	598	0,23	3,18	13,37
4	128	281	7	614	0,21	3,63	11,41
5	120	256	7	671	0,18	3,02	10,43
6	122	175	4	518	0,24	2,68	7,72
7	115	155	6	626	0,18	1,96	9,58
8	82	373	6	412	0,20	7,18	14,57
9	108	463	5	440	0,25	8,33	11,36
10	124	430	5	597	0,21	5,71	8,38
11	129	450	4	490	0,26	7,28	8,16
12	114	413	7	427	0,27	7,66	16,39
13	134	380	3	360	0,37	8,37	8,33
14	109	350	4	295	0,37	9,41	13,56
15	118	333	2	332	0,36	7,93	6,02
16	80	483	6	396	0,20	9,66	15,16
17	95	410	8	462	0,21	7,04	17,32
18	85	370	7	416	0,20	7,05	16,82
19	84	420	6	368	0,23	9,06	16,33
20	72	343	4	430	0,17	6,32	9,31
21	72	360	5	288	0,25	9,92	17,37
22	90	378	6	292	0,31	10,27	20,57
23	83	396	7	442	0,19	7,10	15,85
24	87	389	7	520	0,17	5,92	13,46
25	87	396	6	394	0,22	7,96	15,24
26	86	403	5	493	0,17	6,48	10,15
27	67	333	4	337	0,20	7,84	11,87
28	99	346	5	496	0,20	5,52	10,08
29	79	346	6	340	0,23	8,05	17,65
30	90	446	8	458	0,20	7,71	17,47
<b>TOTAL</b>	<b>3.192</b>	<b>11.165</b>	<b>178</b>	<b>14.606</b>	<b>0,22</b>	<b>6,26</b>	<b>12,19</b>

Benchmarks							
VALORES ABSOLUTOS			PARÁMETROS				
Unid.	4.236	10.696	219	Benchmark	0,29	5,80	15,00
Difer.	-1.044	469	-41	%	24,64%	-7,94%	18,75%



**Figura 4.** Análisis del consumo eléctrico vs. producción.

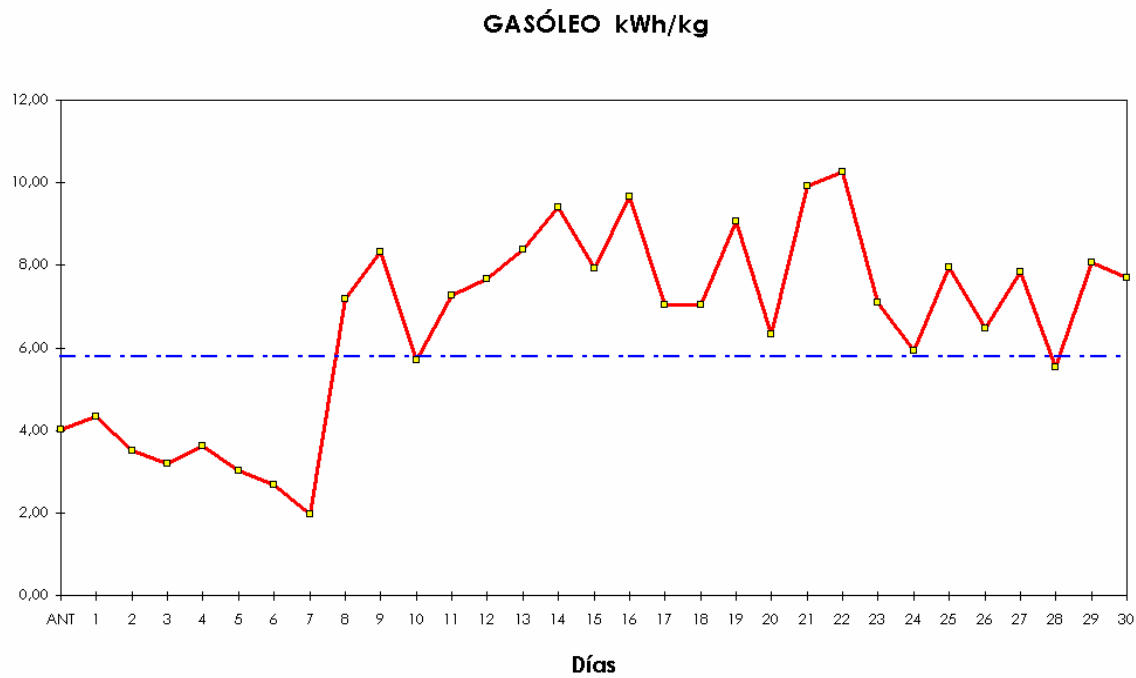


Figura 5. Análisis del consumo de gasóleo vs. producción.

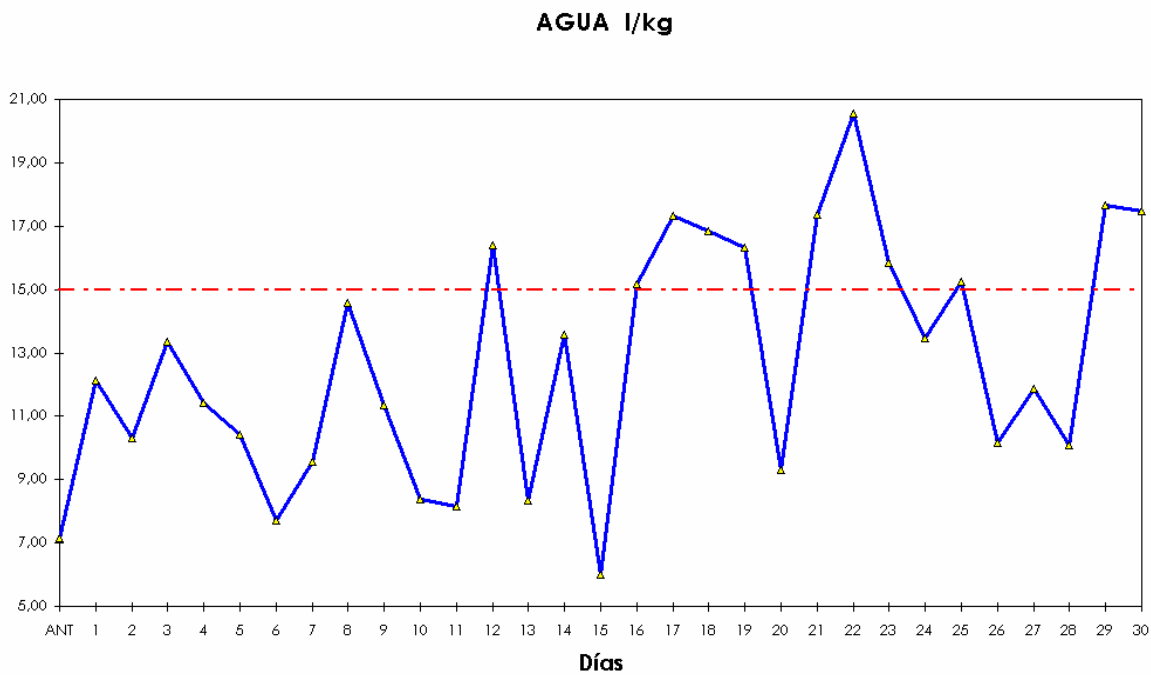


Figura 6. Análisis del consumo de agua vs. producción.

A continuación se presenta un ejemplo de valoración económica de los niveles de ahorro energético y operativos obtenibles, para evaluar la rentabilidad de la inversión.



## ALTERNATIVAS PARA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS EN PASILLOS DE HABITACIONES

### HOTEL TIPO

OBJETO: Su mal estado general y vida útil agotada recomiendan la sustitución de las luminarias en pasillos de habitación

#### ALTERNATIVA 1

Volver a instalar la misma luminaria, marca iGUZZINI, modelo 8001, tipo aro orientable con lámpara halógena dicróica de 12 V, 20 W, 38°.

#### ALTERNATIVA 2

Cambiar por luminaria de aro FERRAM modelo 2025 con portalamparas G23 para lámpara fluorescente compacta (bajo consumo) de 7 W, manteniendo el mismo nivel de iluminación y mejorando el aspecto visual de los pasillos.

#### DATOS GENERALES:

Base de cálculo:	365 días
Tiempo de funcionamiento (7 a 24h):	17 h/día
Número de luminarias:	300 unidades
Coste electricidad:	0,0699 Euros/kWh
M.O. operario:	12,400 Euros/hora

#### A) INVERSIÓN

	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
	Unidad	Unitario	Total	Unidad	Unitario	Total
Precio luminaria:	equipo	23,97	7.191	equipo	18,99	5.698
M.O. montaje:	0,25	3,10	930	1,00	12,40	3.720
<b>Total A</b>		<b>27,07</b>	<b>8.121</b>		<b>31,39</b>	<b>9.418</b>

#### B) AMORTIZACIÓN EQUIPOS

Vida útil (años)	10 Años	15 Años
Repercusión anual:	812,05 Euros	627,84 Euros

#### C) MANTENIMIENTO ANUAL

	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
	Cambios	Unitario	Total	Cambios	Unitario	Total
Vida útil lámparas (h):		3.000			8.000	
Coste lámparas:	2,07	2,01	1.249	0,78	1,68	392
M.O. sustitución:	2,07	6,41	1.924	0,78	2,40	721
<b>Total C</b>		<b>8,43</b>	<b>3.173</b>		<b>4,09</b>	<b>1.113</b>

#### D) ENERGÍA

	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
	Potencia (W)	kWh	Euros	Potencia (W)	kWh	Euros
Consumo total (C):	20	37.230	2.602	7	13.031	911

#### E) COSTE TOTAL ANUAL (B+C+D)

ALTERNATIVA 1	6.587 Euros	ALTERNATIVA 2	2.652 Euros
---------------	-------------	---------------	-------------

#### F) AHORRO ANUAL

kWh	0	24.200
Euros	0	3.936

#### G) RETORNO INCREMENTO INVERSIÓN

ALTERNATIVA 2	0,33
---------------	------

## 2.5. Costes de energía y alternativas

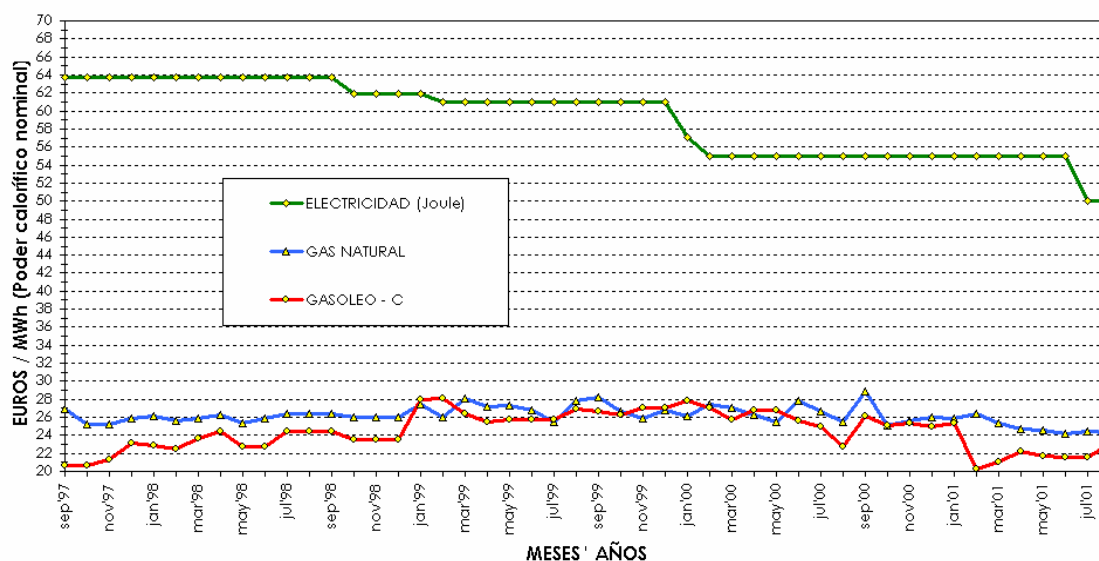
Hasta el apartado anterior, la energía se ha evaluado en sus propias unidades y aplicando su precio actual para obtener una valoración económica, que es suficiente para establecer una base de referencia.

El marco de un estudio de optimización energética es más amplio, pues debe considerar todas las alternativas de energías disponibles para cada proceso, su coste por unidad de energía equivalente y las posibilidades de reducir su precio de adquisición agrupando o distribuyendo los consumos para aprovechar las tarifas más económicas, así como las tendencias futuras, para conseguir la mayor exactitud posible en los cálculos de amortización a medio y largo plazo.

**TABLA 4.** Resumen comparativo de energía y parámetros de utilización (feb-04).

	GASOLEO-C	GAS NATURAL		ELECTRICIDAD	
	CALD. PRES	CALD. PRES	CALD. COND	RESISTENC.	B. CALOR
UNIDADES	Litro	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kWh	kWh
P. CALORÍFICO (kWh/Unidad)	10,2401	11,1846	11,1846	1,0000	1,0000
EFICIENCIA INSTANTÁNEA	0,8500	0,8500	1,1200	0,9700	2,5000
EFICIENCIA OPERACIONAL	0,9100	0,9100	0,9400	0,9800	0,9700
<b>CALOR NETO (kWh/Unidad)</b>	<b>7,9207</b>	<b>8,6513</b>	<b>11,7751</b>	<b>0,9506</b>	<b>2,4250</b>
PRECIO (Euros/Unidad)	0,3280	0,2530	0,2530	0,0610	0,0610
COSTE (Euros/kWh)	0,0414	0,0292	0,0215	0,0642	0,0252
<b>COSTE PRODUCCIÓN A.C.S.</b>					
1 m <sup>3</sup> A.C.S.(50 - 12 °C) <> kWh	49,4884	49,4884	49,4884	49,4884	49,4884
1 m <sup>3</sup> A.C.S. (50 - 12 °C) <> Unidades	6,2480	5,7204	4,2028	52,0601	20,4076
1 m <sup>3</sup> A.C.S. (50 - 12 °C) <> Euros	2,0493	1,4472	1,0633	3,1757	1,2449
<b>COSTE PRODUCCIÓN VAPOR</b>					
1 kg Vapor (8 bar) <> kWh	0,6593	0,6593	0,6593	0,6593	0,6593
1 kg Vapor (8 bar) <> Unidades	0,0832	0,0762	0,0560	0,6936	0,2719
1 kg Vapor (8 bar) <> Euros	0,0273	0,0193	0,0142	0,0423	0,0166

### EVOLUCIÓN DE COSTES DE ENERGÍA TÉRMICA



**Figura 7.** Evolución de los costes de energía térmica.

TABLA 5. Distribución anual del consumo eléctrico (kWh).

HOTEL TIPO

HORA	DISTRIBUCIÓN MENSUAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO POR FRANJAS HORARIAS EN DIAS LABORABLES												FESTIVOS (S.D. y F.)	SUMA POR HORAS
	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS.	SEPT.	OCTUB.	NOVIEM	DICIEM		
00 a 01	5.577	5.696	5.843	5.556	6.450	6.816	7.044	6.452	6.695	6.054	5.460	5.991	34.739	108.373
01 a 02	3.334	3.343	3.371	3.135	3.870	4.305	4.719	4.075	4.017	3.416	3.150	3.400	20.822	64.956
02 a 03	3.076	3.085	3.110	2.893	3.612	4.054	4.486	3.838	3.749	3.152	2.906	3.137	19.388	60.485
03 a 04	3.007	3.016	3.041	2.828	3.543	3.987	4.424	3.774	3.677	3.081	2.841	3.067	19.006	59.293
04 a 05	3.299	3.309	3.336	3.103	3.836	4.272	4.688	4.044	3.981	3.381	3.117	3.365	20.631	64.360
05 a 06	3.162	3.171	3.197	2.973	3.698	4.138	4.564	3.917	3.838	3.240	2.987	3.224	19.866	61.976
06 a 07	3.007	3.016	3.041	2.828	3.543	3.987	4.424	3.774	3.677	3.081	2.841	3.067	19.006	59.293
07 a 08	6.162	6.179	6.230	5.794	6.774	7.204	7.501	6.819	7.031	6.313	5.821	6.283	36.851	114.962
08 a 09	6.497	6.566	6.671	6.265	7.290	7.720	7.998	7.307	7.567	6.826	6.233	6.710	39.464	123.113
09 a 10	6.187	6.308	6.460	6.129	7.146	7.580	7.869	7.175	7.417	6.679	6.036	6.479	38.433	119.897
10 a 11	6.823	6.997	7.205	6.883	7.970	8.403	8.661	7.954	8.273	7.500	6.732	7.212	42.748	133.361
11 a 12	6.411	6.688	6.993	6.807	7.889	8.324	8.588	7.880	8.189	7.417	6.533	6.961	41.837	130.516
12 a 13	6.411	6.687	6.992	6.806	7.889	8.324	8.587	7.879	8.188	7.416	6.533	6.961	41.833	130.506
13 a 14	6.256	6.584	6.938	6.817	7.935	8.405	8.711	7.956	8.236	7.428	6.482	6.888	41.815	130.449
14 a 15	6.617	7.152	7.710	7.778	9.031	9.543	9.863	9.033	9.373	8.476	7.204	7.594	46.882	146.257
15 a 16	5.981	6.721	7.475	7.803	9.128	9.710	10.115	9.191	9.474	8.503	6.985	7.284	46.408	144.778
16 a 17	6.600	7.445	8.305	8.696	10.221	10.917	11.429	10.334	10.608	9.476	7.759	8.084	51.836	161.710
17 a 18	6.393	7.342	8.300	8.814	10.487	11.321	11.998	10.716	10.885	9.603	7.755	8.043	52.677	164.334
18 a 19	6.256	7.411	8.569	9.307	11.154	12.114	12.928	11.467	11.577	10.141	8.007	8.242	55.279	172.450
19 a 20	6.239	7.083	7.940	8.357	10.000	10.847	11.559	10.268	10.380	9.106	7.419	7.716	50.439	157.353
20 a 21	5.680	6.317	6.968	7.209	8.565	9.234	9.722	8.741	8.890	7.855	6.510	6.809	43.663	136.215
21 a 22	6.076	6.506	6.959	6.958	8.157	8.693	9.075	8.228	8.466	7.582	6.502	6.873	42.495	132.570
22 a 23	5.835	6.162	6.512	6.421	7.513	7.994	8.331	7.567	7.798	6.996	6.084	6.458	39.475	123.147
23 a 24	5.457	5.679	5.926	5.754	6.732	7.162	7.462	6.780	6.987	6.270	5.537	5.904	35.690	111.339
SUMA	130.344	138.462	147.094	145.914	172.432	185.052	194.794	175.167	178.975	158.992	137.433	145.751	901.283	2.811.694

TABLA 6. Auditoría energética – coste anual.

ANÁLISIS Y NEGOCIACIÓN DE TARIFA ELÉCTRICA

HOTEL TIPO

EMPRESA SUMINIST.			EMPRESA - A		EMPRESA - A		EMPRESA - A		EMPRESA - B		EMPRESA - B		EMPRESA - B	
TIPO de CONTRATO			PRECIO ÚNICO		TRES PERIODOS		SEIS PERIODOS		PRECIO ÚNICO		TRES PERIODOS		SEIS PERIODOS	
CONCEPTOS	Unidad	CANTIDAD	Euro/Unid	EUROS	Euro/Unid	EUROS	Euro/Unid	EUROS	Euro/Unid	EUROS	Euro/Unid	EUROS	Euro/Unid	EUROS
CONSUMO TOTAL	MWh	2.811,694	49,6436	139.582,61					50,6052	142.286,39				
CONSUMO P1	MWh	169,068			79,6341	13.463,54					78,5490	13.280,09		
CONSUMO P2	MWh	1.199,479			62,5654	75.045,81					61,0806	73.264,87		
CONSUMO P3	MWh	1.443,148			36,3011	52.387,90					36,6718	52.922,83		
CONSUMO P1	MWh	169,068					79,5740	13.453,38					78,4982	13.271,50
CONSUMO P2	MWh	260,827					71,0997	18.544,72					70,4406	18.372,80
CONSUMO P3	MWh	180,712					65,3300	11.805,92					65,0050	11.747,18
CONSUMO P4	MWh	332,235					58,8391	19.548,38					58,8150	19.540,38
CONSUMO P5	MWh	425,705					55,1128	23.461,80					55,8012	23.754,85
CONSUMO P6	MWh	1.443,148					36,6016	52.821,58					37,2441	53.748,75
POTENCIA CONTRAT.	kW		510		400 a 500		350 a 550		510		350 a 550		350 a 550	
FACTOR POTENCIA	MES	12	1,8631	11.402,40		INCLUIDO		INCLUIDO	1,8631	11.402,40		INCLUIDO		INCLUIDO
ALQUILER CONTAD.	MES	12	N/A	N/A	30	360	30	360	N/A	N/A		INCLUIDO		INCLUIDO
IMPUESTO ELÉCTRICO	%	5,1127		7.136,44		7.203,65		7.139,16		7.274,68		7.130,57		7.180,04
IMPORTE TOTAL ANUAL (EUROS)				158.121,45		148.460,90		147.134,93		160.963,47		146.598,35		147.615,50
PRECIO FINAL TOTAL (EXCEPTO IVA) EUROS/MWh				56,2371		52,8012		52,3296		57,2479		52,1388		52,5006
DIFERENCIA ANUAL SOBRE MEJOR PRECIO				11,523		1,863		537		14,365		0		1,017

DISTRIBUCION HORARIA DEL CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh)

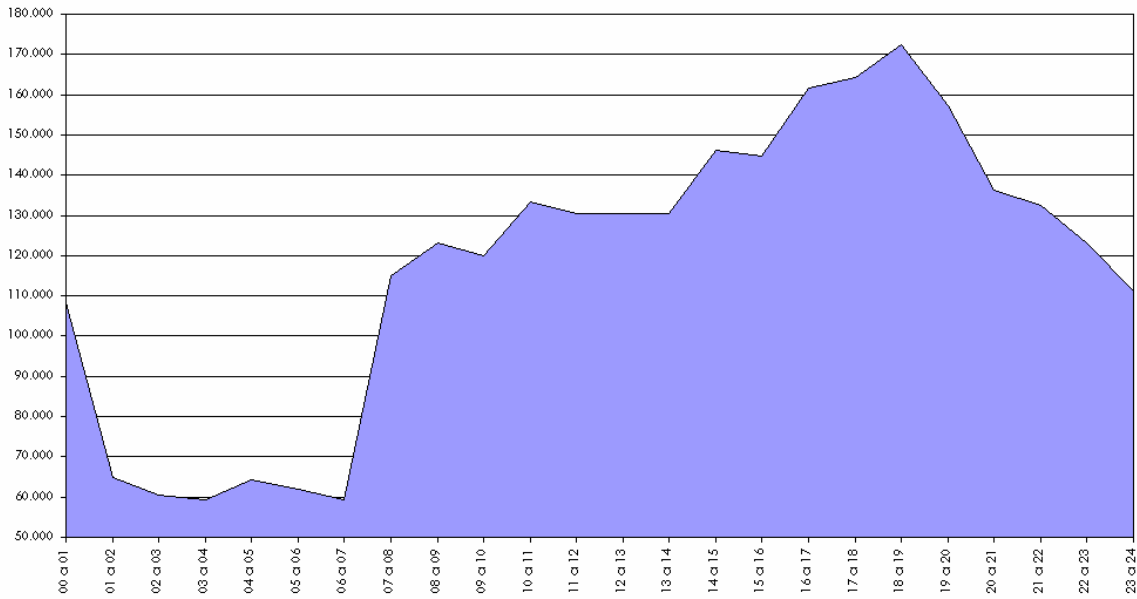


Figura 8. Distribución horaria del consumo eléctrico anual (kWh).

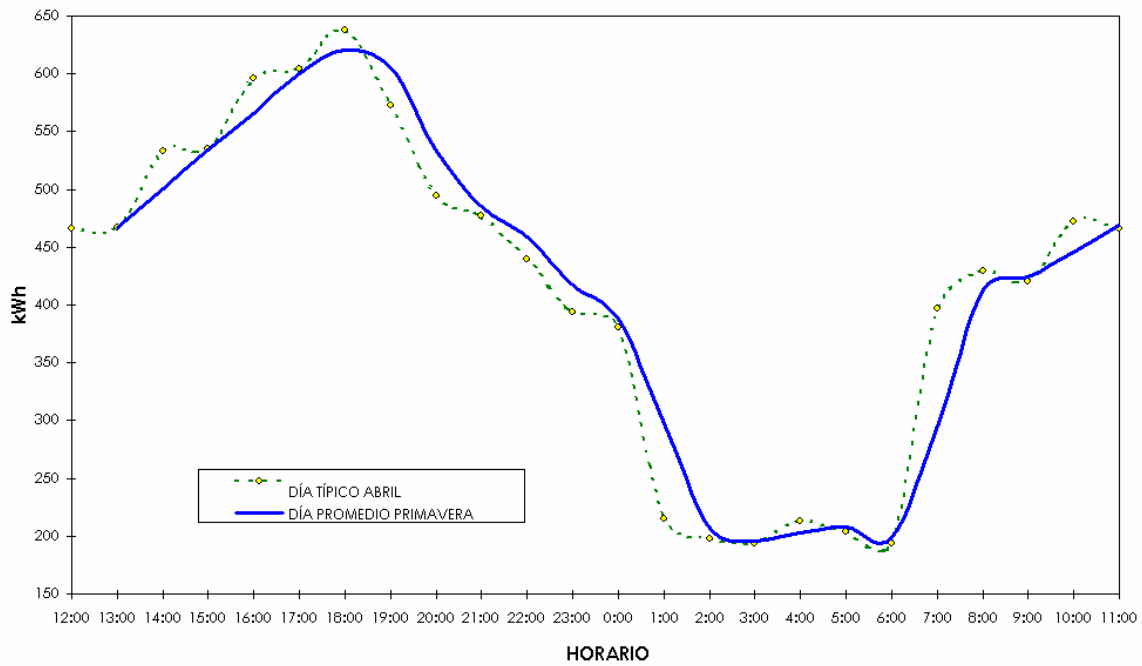


Figura 9. Variación de demanda eléctrica horaria – primavera.

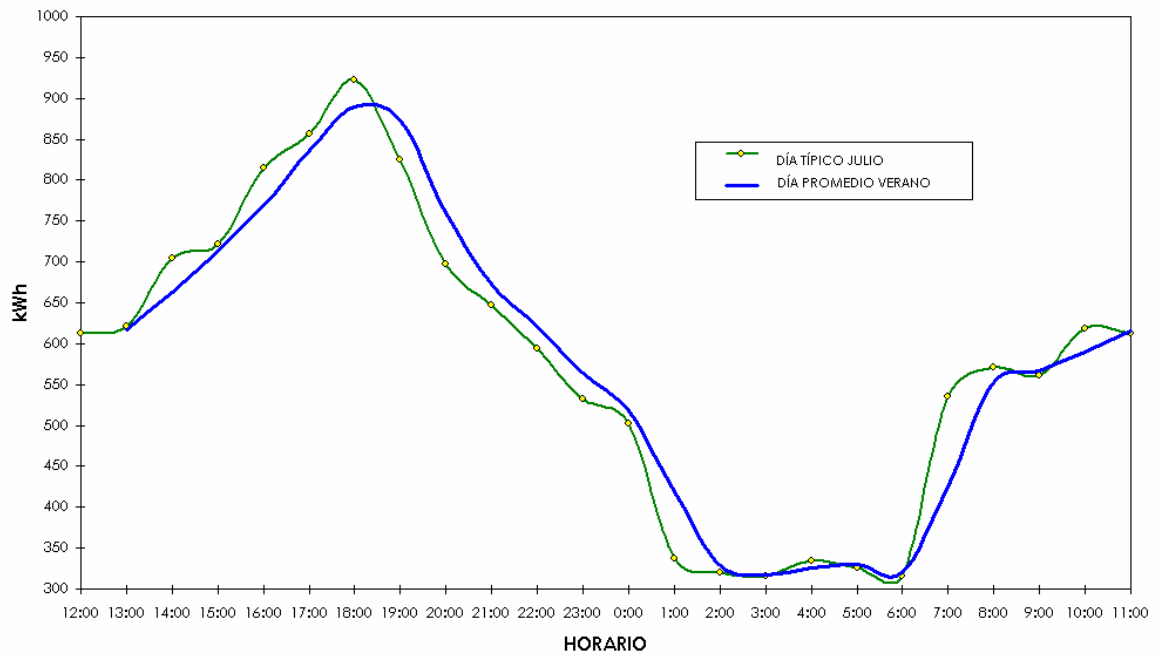


Figura 10. Variación de demanda eléctrica horaria – verano.

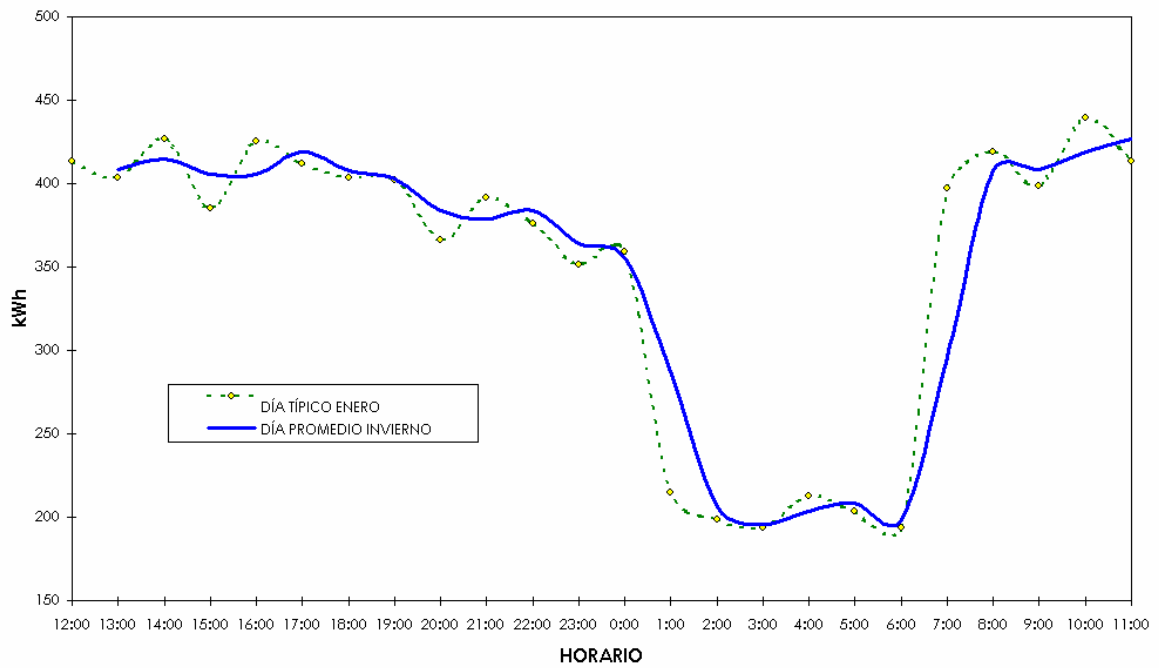


Figura 11. Variación de demanda eléctrica horaria – invierno.

Los valores y ratios indicados para el Hotel Tipo corresponden a los considerados para el modelo de estudio, según se define en la Introducción. En el intento de ofrecer el ejemplo más generalizado, se emplea el gasóleo C como combustible para las calderas.

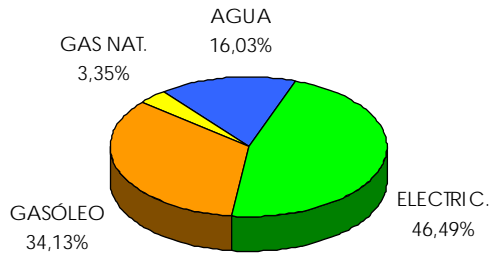
Para cualquier evaluación específica con otro combustible, son igualmente válidos los ratios energéticos (con los parámetros indicados en el apartado 2.5) y sólo se precisa aplicar los costes por kWh.

En las figuras 12, 13, 14 y 15 se presentan los diferentes ratios del consumo energético de electricidad, gasóleo y agua, para cada aplicación y tipo de hotel.

Estos valores promedios suelen ser útiles como referencia inicial comparativa, para determinar los específicos de cada hotel, que una vez obtenidos se convertirán en la nueva base de seguimiento y optimización futura.



REPERCUSIÓN COSTE ANUAL ENERGÍA Y AGUA



REPERCUSIÓN COSTES ENERGÍA Y AGUA

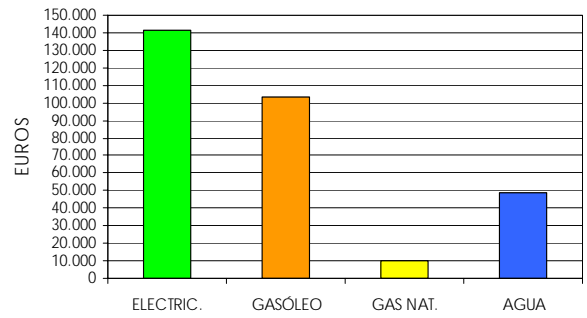
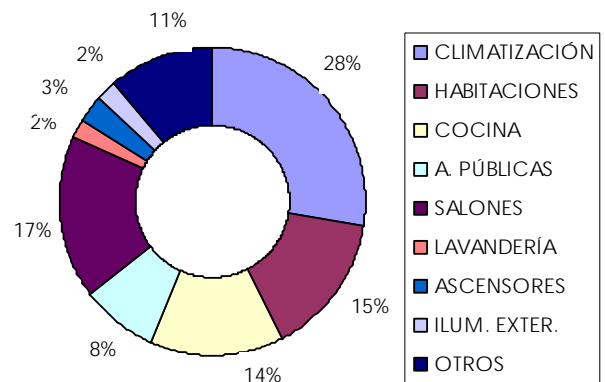


Figura 12. Indicadores de consumos energéticos para el Hotel Tipo.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD	ZONA CLIMAT.	CATEGORÍA DEL HOTEL		
		5 *	4 *	3 *
RESTAURACIÓN (kWh/Cubierto)	FRIA	1,05	1,00	0,85
	MEDIA	1,05	1,00	0,85
	CÁLIDA	1,05	1,00	0,85
LAVANDERÍA (kWh/kg ropa)	FRIA	0,09	0,09	0,09
	MEDIA	0,09	0,09	0,09
	CÁLIDA	0,09	0,09	0,09
HABITACIONES (kWh/Habitac./Día)	FRIA	6,00	5,50	4,60
	MEDIA	9,70	8,50	7,10
	CÁLIDA	14,00	12,80	9,70
TOTAL HOTEL (kWh/m <sup>2</sup> /Año)	FRIA	24,00	19,00	14,30
	MEDIA	37,90	30,20	22,90
	CÁLIDA	49,00	43,00	29,20

DISTRIBUCIÓN CONSUMO ELÉCTRICO



DISTRIBUCIÓN CONSUMO ELÉCTRICO

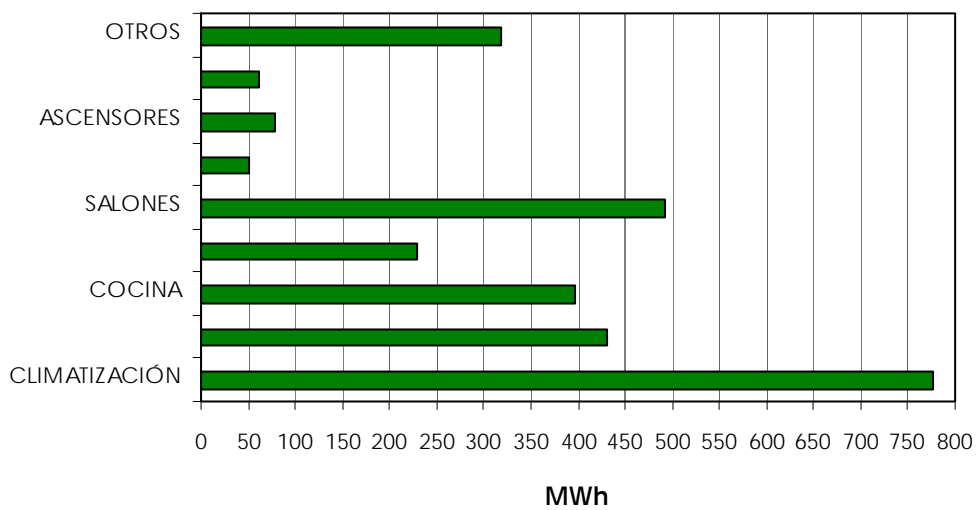
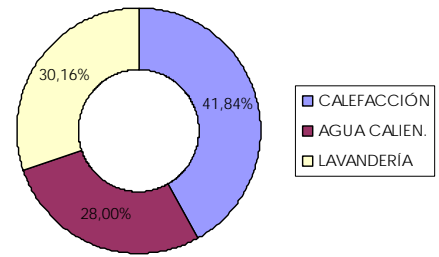


Figura 13. Indicadores de consumo eléctrico.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE	ZONA CLIMAT.	CATEGORÍA DEL HOTEL		
		5 *	4 *	3 *
RESTAURACIÓN (kWh/Cubierto)	FRIA	3,10	2,90	2,50
	MEDIA	3,10	2,90	2,50
	CÁLIDA	3,00	2,80	2,40
LAVANDERÍA (kWh/kg ropa)	FRIA	1,85	1,85	1,85
	MEDIA	1,85	1,85	1,85
	CÁLIDA	1,85	1,85	1,85
TOTAL HOTEL (kWh/m <sup>2</sup> /Año)	FRIA	200	190	170
	MEDIA	140	128	110
	CÁLIDA	100	86	65

DISTRIBUCIÓN CONSUMO DE GASÓLEO



DISTRIBUCIÓN CONSUMO DE GASÓLEO

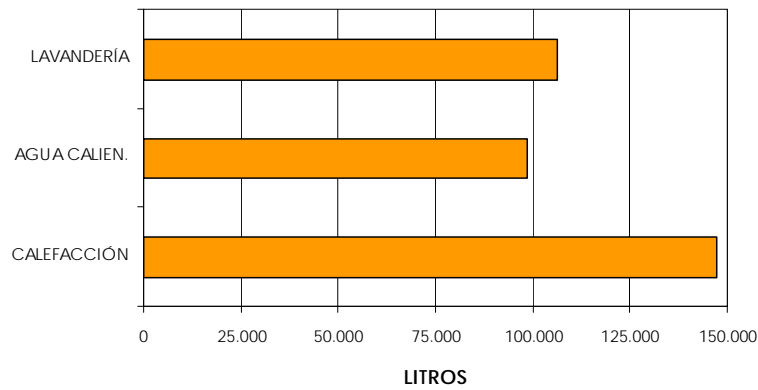
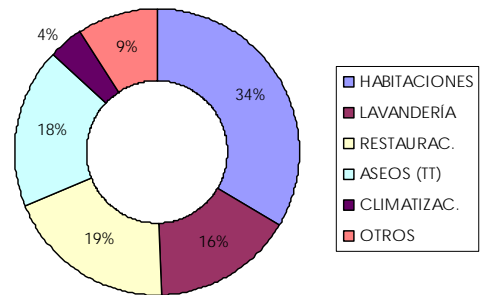


Figura 14. Indicadores del consumo de gasóleo.

CONSUMO DE AGUA	ZONA CLIMAT.	CATEGORÍA DEL HOTEL		
		5 *	4 *	3 *
RESTAURACIÓN (Litros/Cubierto)	FRIA	35	30	22
	MEDIA	35	30	22
	CÁLIDA	35	30	22
LAVANDERÍA (Litros/kg ropa)	FRIA	20	20	20
	MEDIA	20	20	20
	CÁLIDA	20	20	20
HABITACIONES (Litros/Cliente/Día)	FRIA	230	150	95
	MEDIA	255	180	110
	CÁLIDA	320	250	155
TOTAL HOTEL (Litros/Habitac/Día)	FRIA	580	420	280
	MEDIA	670	580	340
	CÁLIDA	800	610	425

DISTRIBUCIÓN CONSUMO DE AGUA



DISTRIBUCIÓN CONSUMO DE AGUA

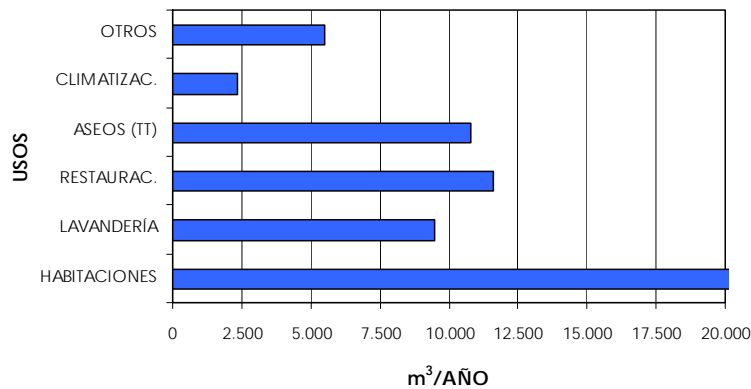


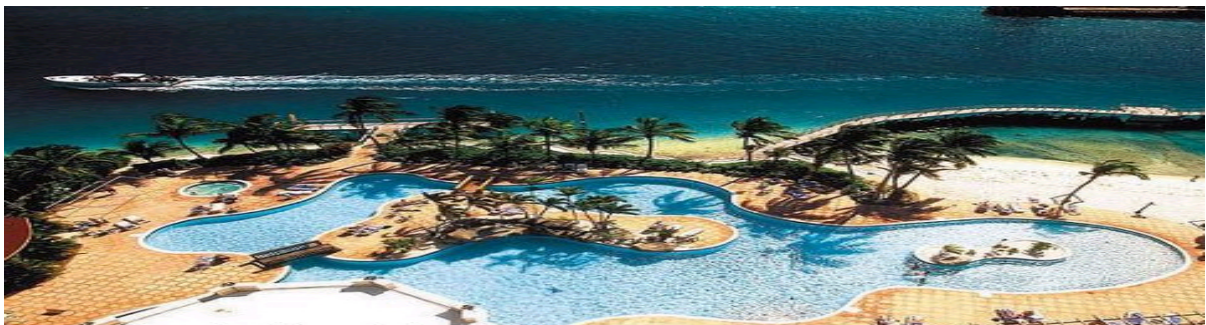
Figura 15. Indicadores del consumo de agua.



El agua potable es uno de los recursos naturales esenciales para la actividad y la vida humana y su disponibilidad se va reduciendo paulatinamente en países y áreas geográficas. A pesar de ello, su precio –incluso en áreas con restricciones- es comparativamente bajo.

Así, podría parecer que los esfuerzos para ahorrar agua están únicamente motivados por la concienciación ecologista. Pero si se analizan los valores históricos, el precio del agua se está incrementando progresivamente, por lo que cada vez su incidencia es mayor, y lo que es peor, se van extendiendo las restricciones, que afectan directamente al sector hotelero.

A continuación, se detallan algunas de las posibles medidas para el ahorro de agua.



## 4.1. Limpieza de habitaciones

El mayor consumo de agua fría y caliente se produce en las habitaciones, pero según se ha comprobado en los hoteles con ratios muy altos, el mayor porcentaje de derroche no lo genera el cliente, sino las camareras al realizar la limpieza del baño.

Es más común de lo imaginable que se abra el grifo de la bañera (agua

caliente) al iniciar el aseo del cuarto de baño y se mantenga abierto (para limpiar la bañera, aclarar bayetas o tomar agua) hasta que finaliza la limpieza.

Generalmente, quienes trabajan de esta manera, no son conscientes de su repercusión, que puede suponer un exceso de 120 a 550 l por hab/día.

La medida de ahorro en este caso consiste en un plan de información y formación al personal, muy especialmente al de Gobernanta, basado en:

- ✿ Observar las costumbres de limpieza que se siguen.
- ✿ Comparación de los ratios existentes de consumo de agua con los ratios medios para el rango correspondiente (véase Capítulo 3).
- ✿ Cuantificar el exceso de consumo de agua en este aspecto.
- ✿ Acordar objetivos de disminución.
- ✿ Informar al personal de todo lo anterior.
- ✿ Establecer los procedimientos de limpieza adecuados.
- ✿ Vigilar el cumplimiento de los procedimientos.
- ✿ Mantener un proceso continuo de información y seguimiento.

Si este plan se desarrolla dentro de las actividades del Comité de Medio Ambiente, adquiere una visión más ecológica que económica y mejora el resultado.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

#### CONSUMO DE AGUA

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro m <sup>3</sup> /año	Ahorro €
12,5 %	59.876	7.485	7.485	6.362

#### CONSUMO DE ENERGÍA (GASÓLEO)

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
50,0 %	7.485	6,25	23.382	6.851

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

TOTAL AHORRO	m <sup>3</sup> /año	l/año	Ahorro €
AGUA	7.485		6.362
ENERGÍA		23.382	6.851
SUMA			13.213

### 4.2. Descargas periódicas

Todavía es frecuente encontrar, principalmente en las baterías de urinarios, cisternas de agua con mecanismo de descarga intermitente. Esto es, que cada vez que se llena la cisterna, descarga todo el agua y comienza a llenarse de nuevo, en un ciclo permanente, ajeno a la utilización o no de estos aparatos sanitarios.



La solución efectiva es la de instalar válvulas de descarga individual por urinario accionadas por pulsador, o lo que resulta más eficaz e higiénico, controlados por sensores (radar o infrarrojos).

Habida cuenta que esta instalación requiere obra civil de mármol o azulejos, como solución alternativa o temporal puede instalarse una válvula solenoide en la alimentación de agua a la cisterna (cuya capacidad útil puede reducirse a 5 l).

Esta válvula operaría automáticamente, mediante un sensor de aproximación y un relé temporizado que sólo permitiría el llenado de la cisterna cuando se utiliza alguno de los urinarios de la batería.

Esta alternativa tiene aproximadamente el 50 % de efectividad de ahorro, pero resulta muy económica y fácil de realizar, sin necesidad de obra civil.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

#### CONSUMO DE AGUA

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro m <sup>3</sup> /año	Ahorro €
8,0 %	59.876	4.790	4.790	4.072

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### CONSUMO DE AGUA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
4.072	10.200	2,51	FÁCIL

## 4.3. Accionamiento de grifos

En cualquier momento que se revisan todos los grifos de aseos de clientes (sin incluir los baños de habitaciones), aseos de empleados, cocina, offices, etc., se encontrará al menos: un grifo abierto, dos no totalmente cerrados y más de cinco mal cerrados (goteando). Las razones son varias: prisas, descuidos, apatía, etc.

Para reducir o eliminar estas pérdidas, es necesario instalar grifos electrónicos con sensores en todos los aseos, y de accionamiento por pedal en todos los offices y

Cocina, con lo que además se mejoran las condiciones higiénicas de manipulación de alimentos.

Esta sustitución de griferías tiene un alto período de retorno, por lo que podría hacerse paulatinamente y, mientras tanto, concienciar al personal para que colabore.



### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

#### CONSUMO DE AGUA

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro m <sup>3</sup> /año	Ahorro €
4,8 %	59.876	2.874	2.874	2.443

#### CONSUMO DE ENERGÍA (GASÓLEO)

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
50,0 %	2.874	6,25	8.879	2.631

TOTAL AHORRO	m <sup>3</sup> /año	l/año	Ahorro €
AGUA	2.874		2.443
ENERGÍA		8.979	2.631
SUMA			5.074

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
5.074	17.800	3,51	FÁCIL

## 4.4. Restrictores de caudal

La utilización de cada aparato sanitario tiene un caudal óptimo máximo, por encima del cual continuar abriendo el grifo o la válvula no aporta mayor confort.

Según la presión de suministro en cada punto y las características del mismo, el exceso de consumo puede llegar a ser muy significativo.

Como esta restricción del caudal máximo no afecta al nivel de confort, se considera también su aplicación en los baños de habitaciones.

Mientras el caudal óptimo (máximo) de una ducha es de 12 l/min en muchos hoteles se miden valores superiores a 20 l/min y el valor medio de utilización podría establecerse en 15 l/min.

Igualmente, respecto al caudal óptimo de 6 l/min de un lavabo o bidet, la media de utilización supera los 8 l/min.

Para limitar el caudal de los grifos de lavabo y bidet se instala en la salida de

agua un aireador-restrictor, o un pequeño casquillo en su conexión a la tubería. En ambos casos el coste del restrictor es bajo y su instalación fácil y rápida.

Respecto a la ducha, es preferible sustituir la cabeza de ducha por otra calibrada y diseñada para un caudal específico (8, 10 ó 12 l/min).



La mayoría de las griferías modernas de calidad permiten su ajuste de caudal.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

#### CONSUMO DE AGUA

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro m <sup>3</sup> /año	Ahorro €
11,7 %	59.876	7.005	7.005	5.955

#### CONSUMO DE ENERGÍA (GASÓLEO)

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
50,0 %	7.005	6,25	21.855	6.412

TOTAL AHORRO	m <sup>3</sup> /año	l/año	Ahorro €
AGUA	7.005		5.955
ENERGÍA		21.855	6.412
SUMA			12.367

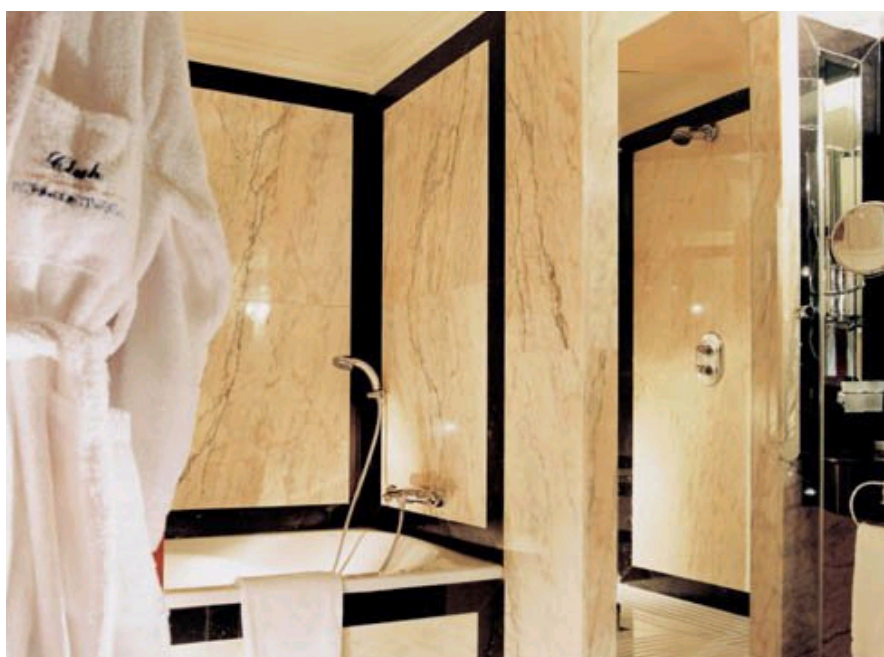
## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
12.367	18.600	1,50	FÁCIL

### 4.5. Retorno de agua caliente (A.C.S.)

Cuando un cliente se dispone a tomar un baño o ducha, suele hacer siempre lo mismo:

- ❖ Abre el grifo de agua caliente de la bañera, pone la mano bajo el agua y la mantiene durante unos segundos.
- ❖ Si la temperatura del agua es la adecuada o se incrementa rápidamente, procede con el baño o ducha.
- ❖ Si como es habitual, no es así, deja el grifo abierto mientras realiza otra actividad (se afeita, prepara su maleta, etc.), y vuelve a comprobar pasados unos minutos, desperdiciando mientras tanto, entre 20 y 120 litros de agua caliente.





El causante de esta situación es el incorrecto equilibrado de la red de retorno de A.C.S., al que no suele prestarse ninguna atención, por lo que el agua sólo retorna por algunas de las columnas más próximas a la bomba.

Así, es preciso realizar un equilibrado de estas columnas (midiendo su temperatura) y –si no se dispone de válvulas de equilibrado- volver a ajustar la válvula de corte, cada vez que se precise utilizarla.

Además del ahorro de energía y agua, este equilibrado mejora notablemente la percepción de confort del cliente.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

#### CONSUMO DE AGUA

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro m <sup>3</sup> /año	Ahorro €
0,62 %	59.876	371	371	316

#### CONSUMO DE ENERGÍA (GASÓLEO)

Reducción	Consumo base m <sup>3</sup>	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
50,0 %	371	6,25	1.160	340

TOTAL AHORRO	m <sup>3</sup> /año	l/año	Ahorro €
AGUA	371		316
ENERGÍA		1.160	340
SUMA			656

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
655	250	0,38	FÁCIL

## 4.6. Control de consumos

Según las características específicas de cada hotel, existen unos puntos de consumo de agua, cuya repercusión podría llegar a ser alta.



Aquí se destacan los más comunes, junto con sus opciones de mejora:

1. Riego de jardines mediante aspersores aéreos. Desperdician más del 50 % del agua que realmente se aprovecha.
  - ✿ La alternativa es el riego por goteo, o mediante mangueras hidrófugas enterradas.
2. Condensación de equipos frigoríficos, como cámaras, arcones, botelleros, etc., y de aire acondicionado, con agua potable. Su gasto es 15 veces superior al óptimo necesario.
  - ✿ Instalar un circuito de recirculación a través de una torre de refrigeración. Al adquirir nuevos equipos, seleccionar los condensados por aire.

3. Revisión de torres de refrigeración, pues el mal estado de las boquillas de pulverización o de los separadores de gotas provocan un aumento del gasto de agua.

Así mismo, es preciso revisar todas las válvulas de flotador y dispositivos de nivel de torres (y depósitos) para evitar su derrame por rebosadero. Después de una revisión, los consumos de las torres se reducen más del 15 %.

- ✿ Asegurar que este tipo de revisiones forman parte del Plan de Mantenimiento.

4. Ajustar la presión de suministro de agua a la requerida en cada punto. Un exceso de presión se traduce en un exceso de consumo

- ✿ Regular el grupo de presión de agua, instalar válvulas reductoras de presión y en edificios de gran altura, sectorizar por grupos de plantas.

La combinación en mayor o menor grado de los cuatro apartados anteriores, aportarían una reducción del 10 % sobre el consumo general de agua.

## 4.7. Reutilización del agua

Desde la concienciación medioambiental, el agua utilizada en lavabos, bañeras o duchas, puede filtrarse, desinfectarse (y colorearse) para su utilización en cisternas de inodoros y urinarios.

Adicionalmente, la recogida final de desagües puede conducirse a una depuradora para obtener agua reciclada, utilizable en el riego de jardines y agricultura.

Es evidente que esta reutilización reduce en un 60 % el consumo de agua

potable y que debería ser la referencia de una utilización racional de los recursos naturales.

No obstante, para conseguir esta reutilización es preciso que el edificio disponga de dos redes de desagüe separadas, depósitos de tratamiento y bombas especiales de elevación.

Adicionalmente, su operación requiere de un exhaustivo control químico y bacteriológico, que lógicamente tiene un coste, por lo que la inversión necesaria supera ampliamente cualquier plazo de amortización.

Hasta ahora, los hoteles que reutilizan y reciclan el agua, lo hacen por estricta necesidad, debido a la escasez de este recurso en los países o regiones donde están ubicados.



Estos dos centros de producción son grandes consumidores de agua y energía. Sus ratios de consumo varían mucho de uno a otro hotel, en función de su equipamiento, horario de operación y, principalmente, procedimientos de trabajo.

Así, renunciando a cuantificar con una cierta aproximación, la repercusión que podría tener cada medida, a continuación se detallan algunas de las que resulta más conveniente revisar.

### 5.1. Lavandería

- ✿ Conectar los ventiladores de aire exterior y de extracción dos horas antes de iniciar la jornada de trabajo, a fin de obtener un pre-enfriamiento nocturno gratuito, que reduzca la posterior demanda de refrigeración.



- ✿ Adaptar el funcionamiento de la iluminación y equipos auxiliares al periodo real de trabajo, con desconexión durante el tiempo de comidas y descansos.
- ✿ Ajustar la presión de vapor a las necesidades de los equipos, produciéndolo respecto a la mayor de las demandas, pero alimentando al resto de equipos con presiones de operación menores, mediante válvulas reductoras de presión.
- ✿ Adicionalmente a la reducción de presión, es muy recomendable reducir la temperatura del condensado de vapor por debajo de 85 °C (precalentando A.C.S.) a fin de eliminar las pérdidas por revaporización en el depósito de condensados.
- ✿ Asegurar que la programación del trabajo permite que todos los equipos (lavadoras, secadoras, calandra, etc.) operen con el 100 % de carga.
- ✿ Dotar la lavandería con los pequeños equipos auxiliares necesarios (lavadora, plancha, etc.) para poder atender los periodos de baja demanda (ropa de cliente) sin operar grandes máquinas con carga parcial.

La puesta en práctica de estas medidas puede aportar una reducción del consumo de energía y agua en lavandería superior al 20 %.

## 5.2. Cocina

- ✿ Verificar que al inicio de la jornada durante el invierno no se utilizan los fuegos de cocina como sistema de calefacción.
- ✿ Seguimiento continuado para que se desconecte cada fuego que no esté en uso.



- ✿ Reforzar la formación para que se utilice el tamaño y tipo de fuegos y recipientes, adecuados a la elaboración en cada caso.
- ✿ Dejar enfriar los alimentos cocinados (siempre que sus características lo permitan) antes de introducirlos en la cámara frigorífica.
- ✿ Utilizar los abatidores de temperatura (refrigeración ultrarrápida) sólo cuando resulten imprescindibles.
- ✿ Asegurar la disposición de ante-cámaras en todas las cámaras frigoríficas. Imprescindible para las cámaras de temperatura negativa.
- ✿ Para reforzar los procedimientos de no mantener las puertas de las cámaras abiertas, resulta muy eficaz la instalación de luces estroboscópicas accionadas por un contacto magnético en cada puerta.

Esta forma de llamar la atención de que la puerta está abierta, resulta tan efectiva como la señalización acústica y es menos molesta para el personal.

- ✿ Revisar y ajustar los ciclos de desescarche y su duración a los requerimientos reales.

Las observaciones de estos procedimientos recorta los costes energéticos de cocina en más del 15 %.



El consumo de energía eléctrica en iluminación tiene una gran incidencia en el consumo energético total, pues esta demanda se mantiene durante todo el año.

El primer aspecto a revisar es si cada punto de luz está solamente encendido durante el tiempo que es realmente necesario. A continuación se presentan algunos ejemplos.



### 6.1. Iluminación exterior

Generalmente, la iluminación de accesos, jardines y fachadas se comanda mediante unos programadores horarios, que conectan al atardecer y desconectan al amanecer. En algunos hoteles esta iluminación se opera manualmente.



El tiempo que transcurre entre el atardecer y el amanecer varía cada día (casi 12 minutos por semana), mientras el programador sigue inflexible el horario fijado. Este horario se ajusta normalmente cada mes.

Así, cuando en otoño es preciso alargar el periodo de iluminación, éste se amplía unos 50 minutos más de lo necesario ese día, para que la nueva programación sea "aceptable" durante las siguientes cuatro semanas, cuando volverá a quedar corta.

Igualmente, en primavera, la reprogramación se realiza cuando ya coinciden el Sol y la iluminación pero se hace respecto a la demanda de ese día, por lo que para la semana siguiente estará excedida en 12 minutos.

De esta forma, la variación media por exceso a lo largo del año es de 25 min/día, que respecto al promedio diario de 690 minutos supone un exceso de consumo del 3,6 %.

Cuando la iluminación se maneja manualmente la desviación es aún mayor.

La mejor solución para evitarlo, consiste en la sustitución de los programadores horarios por otros del tipo "Astral" que una vez programados para un determinado día del calendario, se adaptan a la variación solar de cada día del año.

Si bien la regulación mediante sondas de luminosidad es menos exacta, puede resultar conveniente en zonas donde los altos niveles de nubosidad puedan requerir conectar total o parcialmente la iluminación exterior durante el horario diurno.

En cualquier caso, la incorporación de estos sistemas es muy económica, por lo que se rentabilizan en muy corto plazo.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
3,6 %	60.931	2.194	2.194	109

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
109	620	5,67	FÁCIL

## 6.2. Zonificación de circuitos

Habitualmente, cuando se recorre un hotel, es fácil encontrar zonas de pasillos, *lobby* o áreas generales, iluminadas eléctricamente cuando la iluminación solar lo hace innecesario.

La razón es que esos puntos de luz forman parte de un circuito común con otros puntos, que sí requieren estar encendidos.

La cuantificación del consumo de estos puntos de luz respecto a la carga total de iluminación difiere mucho de un hotel a otro, pero puede valorarse en un mínimo del 2 %.



Obviamente, la forma de evitar esta situación es segregar estos puntos del circuito. Dependiendo de la disposición del cableado existente este cambio puede resultar más o menos fácil y su rentabilidad estará en función del consumo eléctrico que se independice.

Una alternativa que facilita esta modificación y que en muchos casos resulta aceptable es la de manejar una parte del circuito (el que está próximo a la fachada) mediante una sonda de luminosidad.

Adicionalmente a su rentabilidad, esta medida evita la sensación de mala gestión que los clientes y empleados perciben, cuando ven puntos de luz conectados, en zonas sobreiluminadas por el Sol.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
11,0 %	229.553	25.251	25.251	1.258

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
1.258	2.800	2,23	FÁCIL

### 6.3. Iluminación en salones

Si se dispone de los suficientes datos, para realizar una completa auditoría energética de las necesidades reales de iluminación en los salones, según sus horarios de ocupación (banquetes, reuniones, seminarios, etc.) y se compara con los consumos existentes, el resultado es que un alto porcentaje del gasto es innecesario.

Las principales causas son las siguientes:

- ✿ Mientras se realiza cualquier tarea en el salón (limpieza, montaje, desmontaje, revisiones, etc.) el personal que la realiza conecta el 100 % de la iluminación.
- ✿ Como este personal trabaja alternativamente en uno u otro salón, todos ellos se mantienen encendidos.
- ✿ Cada empleado que abandona el salón piensa que él u otro compañero tendrá que terminar algo, por lo que nadie desconecta la iluminación.
- ✿ Cada salón tiene más de una puerta (clientes y servicio) y el cuadro de interruptores está más o menos próximo a una de ellas pero distante de la

otra, por lo que cuando alguien lo atraviesa conecta la iluminación, pero no vuelve a desconectarla.

- ❁ Cuando llegan los clientes se conectan todos los circuitos – si no lo estaban ya – y permanecen conectados al 100 %, aunque en la mayoría de los casos se requieren diferentes niveles de iluminación reducida.
- ❁ Después de finalizar el evento, se mantiene el mismo nivel de iluminación (100 %) para el desmontaje.
- ❁ Nuevamente, cuando el personal abandona el local, deja encendidas las luces.
- ❁ Como el cuadro eléctrico se mantiene abierto para que cualquier persona pueda operarlo, es imposible asignar responsabilidades de su operación.



En la práctica, la suma de todas las circunstancias que anteceden y que no tienen ninguna utilidad, son las responsables de más del 60 % del consumo eléctrico de iluminación de los salones.

La optimización de este consumo permite al mismo tiempo mejorar las condiciones de servicio al cliente, pues aporta un valor añadido que facilita la acción comercial.

En cada salón es necesario sustituir el cuadro eléctrico de iluminación existente (del que pueden aprovecharse los mecanismos) por otro diseñado con los siguientes principios:

- ✿ El cuadro eléctrico estará dotado de puerta con cerradura sin ningún interruptor de accionamiento exterior.
- ✿ Un interruptor de llave, conmutará dos posiciones generales (servicio/cliente), de forma que la llave debe permanecer en el interruptor para que pueda activarse la posición "cliente".
- ✿ Cada circuito (a través de un conmutador manual 1-0-Auto) estará conectado a un regulador electrónico programable.
- ✿ Los circuitos que se establezcan necesarios para las tareas del personal, estarán comandados por un relé de "servicio".
- ✿ Cuando los circuitos de servicio estén conmutados en esa posición, quedarán gobernados por un sistema de control de presencia con reloj de retardo (10 minutos).
- ✿ En el salón, se dispondrán los suficientes sensores para detectar la presencia de personas en el mismo, así como un receptor de señal a distancia.

El funcionamiento del conjunto es el siguiente:

- ✿ El cuadro eléctrico permanecerá cerrado.
- ✿ Cada supervisor, *maitre* o persona que lo precise, recibirá un juego de llaves de cuadro e interruptores, marcadas con un número identificativo.
- ✿ Cualquier persona que acceda o permanezca en el salón, activará automáticamente los circuitos prefijados para el servicio, sin necesitar actuar sobre el cuadro eléctrico.

- ❁ Cuando el cliente llega al salón, la persona responsable abre el cuadro, introduce la llave en el interruptor y activa la posición "cliente" (quedando la llave retenida) y vuelve a cerrar el cuadro.
- ❁ Con este interruptor activado, se desconecta el control de presencia y todos los circuitos quedan liberados para actuar según su posicionamiento en 1-0-Auto.
- ❁ Se entrega al cliente un mando remoto, desde el que se activan los distintos escenarios de iluminación programados.
- ❁ La persona responsable se encarga –o encarga a alguien- de recuperar su llave (desconectando la iluminación) cuando se retira el cliente, pues de lo contrario, se puede demostrar fácilmente quien no ha cumplido con su responsabilidad.



A pesar de la complejidad que entraña esta modificación, la buena imagen que proyecta a los clientes y la buena recepción que tiene por parte de los empleados, resulta justificación suficiente para su implantación.



## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor Equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
35,0 %	461.697	172.094	172.094	8.575

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
8.575	25.000	2,92	MEDIA

## 6.4. Atenuación lumínica

Las grandes áreas generales de uso de clientes como el *hall* principal, *lobby*, salas de lectura, etc., que son la imagen interna del hotel, están dotadas de altos niveles de iluminación, que por razones decorativas se consiguen con lámparas poco eficientes, normalmente encendidas 24 horas diarias, por lo que el consumo eléctrico de estas áreas tiene una importante repercusión.

Si se asume que la potencia total de iluminación se demanda durante las horas de máxima radiación solar (para que la iluminación interior siga destacando), pero que puede reducirse cuando la iluminación natural es inferior (manteniendo la diferencia) y disminuir aún más durante las horas nocturnas en las que no hay nadie en esas áreas, el resultado sería:

TABLA 7.

Horario	Iluminación
3 – 7	40
7 – 11	70
11 – 15	90
15 – 19	80
19 – 23	65
23 – 3	50
Promedio	65,8

Este resultado se consigue con uno o varios reguladores electrónicos programables, en los que se establecen distintos escenarios para cada horario del día, como se muestra en la Tabla 7.

El regulador actuará variando la frecuencia de salida de cada circuito según lo programado, con unos tiempos de transición que evite que los cambios en los niveles de iluminación sean perceptibles por las personas.

El coste de instalación de estos reguladores es casi el de su propio precio de adquisición, pues no precisan la sustitución de los paneles eléctricos existentes, ni cambios significativos en la instalación.

Al contrario de lo que podría parecer, este sistema mejora el nivel de confort de los clientes pues adapta la iluminación a las necesidades reales en cada momento y aporta una mayor calidez al ambiente.

En zonas con mucha variación de luz solar debido a la nubosidad, puede completarse el sistema con sondas de luminosidad.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
34,2 %	229.553	78.507	78.507	3.912

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
3.912	8.500	2,17	MEDIA

## 6.5. Control de presencia

Aunque los hoteles trabajan 24 horas los 365 días del año, esta actividad no se desarrolla en todos los locales, pues muchos de ellos tienen un uso de menos de 50 horas semanales y otros (como los almacenes) se utilizan esporádicamente. Incluso varios locales como aseos o pasillos, no requieren permanecer iluminados pues, aunque están en uso permanente, su ocupación no lo es.

El mayor porcentaje de superficie en estas condiciones corresponde a locales de servicio que, no obstante, tienen los más bajos niveles de iluminación, mientras que algunas de las áreas de clientes con menor superficie, tienen una mayor incidencia energética.

Basándose en el promedio de datos reales, pueden estimarse las oportunidades de ahorro en el gasto de iluminación del 20 % en áreas de servicio y el 7 % en áreas públicas de clientes.

La instalación de detectores de presencia para comandar pequeños circuitos es muy sencilla, pues el propio detector ya incorpora su propia temporización.

Cuando el local a controlar es muy grande, puede requerirse la instalación de varios detectores y/o contactos de puerta, con alguna modificación de la instalación. En algunos casos es útil instalar un programador horario que durante los periodos de alta utilización mantenga el encendido, a fin de evitar continuas conexiones y desconexiones.

Para que el control de iluminación por presencia no afecte negativamente a los usuarios (clientes y empleados) es preciso estudiar detenidamente la ubicación de sensores y contactos de puerta para que al entrar en la zona o local la iluminación ya esté encendida sin percibirlo ni tener que esperar. Con este objetivo, a veces se mantiene siempre conectado el primer punto de luz.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
14,5 %	317.407	46.024	46.024	2.293

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
2.293	2.850	1,24	FÁCIL

## 6.6. Control de ocupación en habitaciones

Este sistema de control ya es un clásico en los establecimientos hoteleros, pues aporta un gran ahorro, con muy poca inversión.



Para mantener desconectada la iluminación (y en algunos casos la climatización) de la habitación durante las horas en las que no está ocupada, existen varias posibilidades:

1. Sistema de control automático, que combina un contacto de puerta con varios sensores de presencia y una lógica temporizada. Su implantación requiere un detallado estudio de cada tipo de hotel, a fin de que no afecte negativamente al cliente, por lo que en muchos casos no resulta recomendable.
2. Interruptor de tarjeta. Obliga al cliente a introducir en un cajetín la llave magnética (o perforada) de acceso a la habitación, para que se conecte un relé general, que se desactiva cuando el cliente la retira al abandonar la habitación.

Es el procedimiento más efectivo, e incluso le aporta al cliente un lugar donde dejar y retirar la tarjeta, sin tener que buscarla por la habitación cada vez que sale, pero no está admitido por los estándares de servicio de algunas cadenas y hoteles de lujo.



3. Interruptor general. Como alternativa en los hoteles que no admiten el interruptor de tarjeta, se instala en su lugar uno de accionamiento manual que permite al cliente (y al personal de servicio) la conexión y desconexión de todos los circuitos de iluminación, de forma fácil y cómoda, pero voluntaria.

Este interruptor es habitualmente utilizado por el cliente y siempre por el personal, por lo que su eficacia es superior al 80 %.

4. Consiste en la integración de uno de los procedimientos anteriores, con un sistema de gestión centralizada (BMS) que aunque refuerza el ahorro en iluminación, está más enfocado a la climatización, por lo que se describe en su apartado correspondiente.

Como el tiempo de permanencia del cliente en la habitación varía mucho en función del tipo de hotel y de cliente, y el porcentaje de la iluminación que podría quedar encendida también es variable, para esta estimación se han considerado unos valores medios que deberían ser representativos.

Cuando se decide instalar un sistema que detecta la presencia del cliente en la habitación, es fácil plantearse la conveniencia de señalizarlo para facilitar las labores del personal de habitaciones sin molestar al cliente, por lo que a veces se instalan unos pequeños pilotos al exterior.

Si se adopta esta aplicación, es conveniente que la señalización esté protegida dentro de un panel cerrado, ubicado en áreas de servicio, para evitar que se faciliten los robos, así como que el cliente se sienta controlado.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
14,6 %	430.767	62.892	62.892	3.134

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
3.134	27.500	8,77	FÁCIL

## 6.7. Elementos de iluminación

### Iluminación interior

El efecto de los diferentes tipos de lámpara varía notablemente, pues cada una tiene su propio espectro lumínico y bandas de radiación con diferentes tonalidades, que una vez reflejadas y absorbidas por los diferentes colores de las paredes, suelo, mobiliario, etc., producen un determinado efecto lumínico de color a la percepción del ojo humano.



Por esto, antes de elegir el tipo de lámparas para un local donde la ambientación sea importante, es conveniente probar primero su efecto en ese local.

La eficacia de las lámparas se determina con una medida llamada Lumen, que permite establecer la siguiente tabla comparativa, realizada con valores promedios para una tensión de 230 V.

Tipo de lámpara	Rango	Lumen/Watio	Eficacia
<b>Iluminación interior</b>			
Incandescente	25/150	12	1.00
Halógena E27	60/150	17	1.42
Halógena dicróica (24 V)	12/50	20	1.67
Fluorescente	18/54	58	4.83
Electrónica	7/20	65	5.42
<b>Iluminación exterior</b>			
Halogenuro metálico	60/250	75	6.25
Sodio alta presión	50/1000	100	8.33
Sodio baja presión	50/250	145	12.08

Realizando solamente la sustitución del 50 % de las lámparas incandescentes de habitaciones, pasillos y áreas públicas, se podría obtener una reducción del consumo de 16,09 %.

%	Tipo lámpara	Reducción individual	Repercusión conjunta
5 %	Halógena E-27	1,42	3,52
10 %	Halógena dicroica	1,67	5,99
30 %	Electrónica	4,83	1,04
5 %	Fluorescente	5,42	5,54
Suma reducción conjunta		13,34	16,09

## Iluminación exterior

Considerando que el 50 % de la iluminación exterior (fachada) consiste en reflectores con lámparas de halogenuros metálicos, que pueden sustituirse por otros con lámparas de sodio de baja presión, el consumo podría reducirse en un 24,14 %.

Dependiendo del tipo de pantallas y apliques existentes en cada caso, la sustitución de una lámpara por otra de tipo diferente puede resultar fácil y rápida, o puede ser necesario cambiar el elemento de iluminación completo.

En la selección y reposición de elementos de iluminación, conviene tomar algunas precauciones como las siguientes:

- ✿ La calidad de las lámparas y, por tanto, su número de horas de uso, difiere enormemente de un fabricante a otro, por lo que el precio por unidad no es el único elemento a considerar.
- ✿ Así mismo, la tonalidad de color puede también variar, principalmente en las halógenas dicroicas, por lo que conviene estandarizar un fabricante y modelo para cada tipo de lámpara



- ✿ A veces, la pantalla que cubre una lámpara o un reflector, tiene más influencia en la potencia de iluminación y su tonalidad que la propia lámpara.
- ✿ Es muy recomendable probar la sustitución de lámparas halógenas (24 V) de 50 W por otras de 20 W, pues sorprendentemente:
  - i) Si están situadas a más de 3 metros de altura, la reducción del 60 % de consumo se refleja sólo en el 20 % de reducción lumínica.
  - ii) Si la altura de montaje es inferior a 3 metros, prácticamente no se aprecia la diferencia.
  - iii) En las lámparas de escritorio, se mantiene el mismo nivel de iluminación, se reduce el calor emitido y se duplica la vida útil.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

### ILUMINACIÓN INTERIOR

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
16,96 %	1.152.017	195.324	195.324	9.733

### ILUMINACIÓN EXTERIOR

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
24,14 %	60.931	14.708	14.708	733

<b>TOTAL</b>			<b>210.032</b>	<b>10.466</b>
--------------	--	--	----------------	---------------

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
10.466	9.400	0,90	FÁCIL

Incluso con una completa auditoría energética, es difícil cuantificar las oportunidades de optimización en este capítulo, debido a las múltiples combinaciones de variables que pueden encontrarse, por lo que es nuevamente preferible recurrir a los valores medios obtenidos en experiencias reales.

Las medidas que han demostrado más eficacia y rentabilidad son las que se describen seguidamente.



## 7.1. Producción calorífica

Seguramente el mayor porcentaje de pérdidas energéticas se produce en la propia combustión de las calderas.

La excepción a esta afirmación la componen:

- ❁ Calderas eléctricas, que si bien tienen un rendimiento cercano al 100 %, la utilización de la electricidad como resistencia de calentamiento (efecto

Joule) las hacen prácticamente inviables desde el enfoque medioambiental y económico, excepto en zonas o franjas horarias, en las que la propia energía eléctrica sea excedentaria.

- ❁ Máquinas termofrigoríficas, que se analizan en el capítulo de Refrigeración.
- ❁ Calderas de gas natural, del tipo de condensación a baja temperatura, con rendimiento instantáneo del 100 %. En lugares donde se disponga de este combustible, esta alternativa resulta muy conveniente.



Como aplicación generalizada para el Hotel Tipo, se considera la utilización de gasóleo con calderas convencionales de tres pasos de humos y quemadores automáticos de pulverización mecánica.

Con un nivel medio de calidad y mantenimiento del conjunto caldera-quemador, el rendimiento instantáneo de combustión normal es del 85 %.

Para determinar el rendimiento medio anual de cada caldera, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Rg = (Rc - 2) \div \{1 + [(Pn \div Pp) - 1] \times Co\}$$

donde:

- Rg = Rendimiento global anual de la caldera.
- Rc = Rendimiento instantáneo de combustión (%).
- Pn = Potencia nominal de la caldera (kW).

Pp = Potencia media real de producción (\*).

Co = Coeficiente de operación de la siguiente tabla:

Pn (kW)	Co
< 75	0,05
75 a < 150	0,04
150 a < 300	0,03
300 a < 1.000	0,02
=>1.000	0,01

(\*) Pp se determina como

$$Pp = (Cc \times 0.7) \div Hf$$

siendo

Cc = Poder calorífico del combustible consumido durante la temporada en esa caldera, en kWh. Si durante el periodo analizado (por ejemplo: en invierno) la caldera estudiada ha operado en paralelo con otra u otras, el combustible utilizado se distribuirá proporcionalmente sobre la base de su potencia y porcentaje de operación.

Hf = Cantidad de horas al año, durante las que la caldera ha estado operativa, por ejemplo:

Caldera de A.C.S. en producción permanente: 8.760 h

Caldera de calefacción, cinco meses de forma permanente: 3.600 h

Caldera de calefacción, cinco meses a 16 h /día: 2.400 h

Y se calcula el rendimiento medio global (Rmg) del conjunto de calderas (Pn1, Pn2, etc.) según la siguiente ecuación. Si fueran 2 las calderas sería:

$$Rmg = (Pn1 + Pn2) \div [(Pn1 \div Rg1) + (Pn2 \div Rg2)]$$

Una vez realizados los correspondientes cálculos, el Rmg resultante suele ser inferior al 65 %, lo que significa que además del 15 % de pérdidas de combustión, se pierde otro 20 % adicional, por las condiciones operativas, debido a que la mayor cantidad de horas del año, las calderas tienen una operación discontinua, con frecuentes arranques y paradas, y cuando funcionan lo hacen a baja carga, con un bajo rendimiento.

De este porcentaje de pérdidas estacionales, es posible recuperar al menos la mitad, por lo que las oportunidades de ahorro serían

Reducción	Sobre	Valor	l/ año	Ahorro
10 %	100 %	352.232	35.223	10.320

El procedimiento más fácil y económico para conseguir mejorar el rendimiento, consiste en uno o varios depósitos de acumulación instalados según el esquema de la Fig. 16, que permitan una operación más continuada de las calderas.

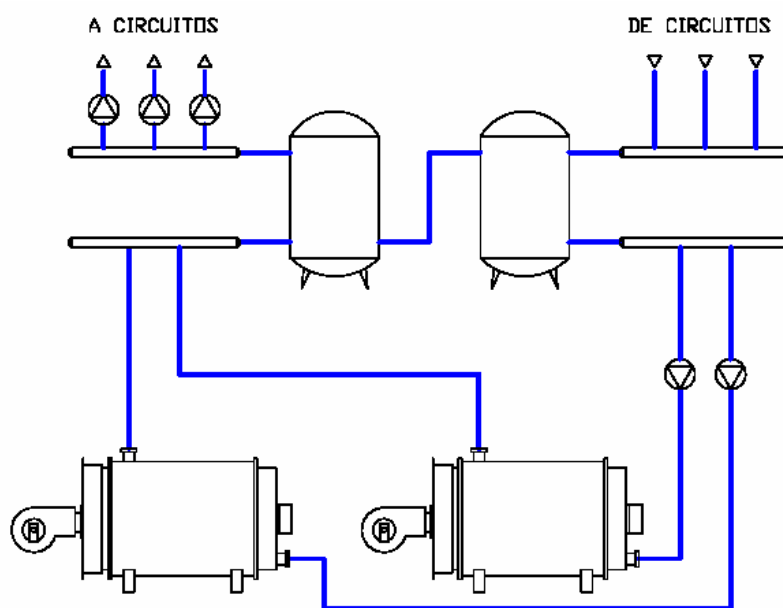


Figura 16.

Con esta disposición, cuando la caldera deja de funcionar ha almacenado calor suficiente en los depósitos de inercia como para satisfacer la demanda de 1 hora. Si junto con la caldera se desconecta su bomba de circulación, se obtiene un ahorro eléctrico adicional.

Cuando la temperatura desciende hasta el valor establecido, vuelve a funcionar la bomba, y a continuación la caldera; que en ese momento tiene que atender la demanda y adicionalmente volver a recuperar la temperatura de los depósitos de inercia.

La capacidad mínima efectiva de estos depósitos está en función de la potencia de la caldera (la de menor potencia del grupo) y del diferencial de temperatura entre la máxima de producción y la mínima para satisfacer la demanda según:

$$V_t = (P_n \times 860 \times 0.5) \div (T_p - T_d)$$

donde

- V<sub>t</sub> = Volumen total de acumulación (l).
- P<sub>n</sub> = Potencia nominal de la caldera (kW).
- T<sub>p</sub> = Temperatura de trabajo de la caldera (°C).
- T<sub>d</sub> = Temperatura mínima de utilización (°C).

Cuando se dispone de varias calderas, y con mayor motivo si éstas tienen diferentes potencias, es muy conveniente instalar un secuenciador automático de etapas, que basándose en la demanda y su variación, opere globalmente las calderas.

Este sistema establecerá la caldera que debe arrancar y cuánto debe retrasarse la conexión de la siguiente, o si ésta debe conmutarse por otra, a fin de conseguir que cada caldera opere en sus condiciones de máximo rendimiento, evitando continuos arranques y paradas.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
10,0 %	352.232	35.223	35.223	10.320

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
10.320	25.000	2,42	MEDIA

## 7.2. Regulación en función exterior

Comúnmente, la distribución del agua de calefacción hasta las unidades terminales (*fan-coils* y climatizadores) se realiza a la misma temperatura de calentamiento de calderas (unos 85 °C), y la única regulación posterior se realiza en las unidades terminales.

Esta práctica generalizada encierra dos inconvenientes que no suelen considerarse:

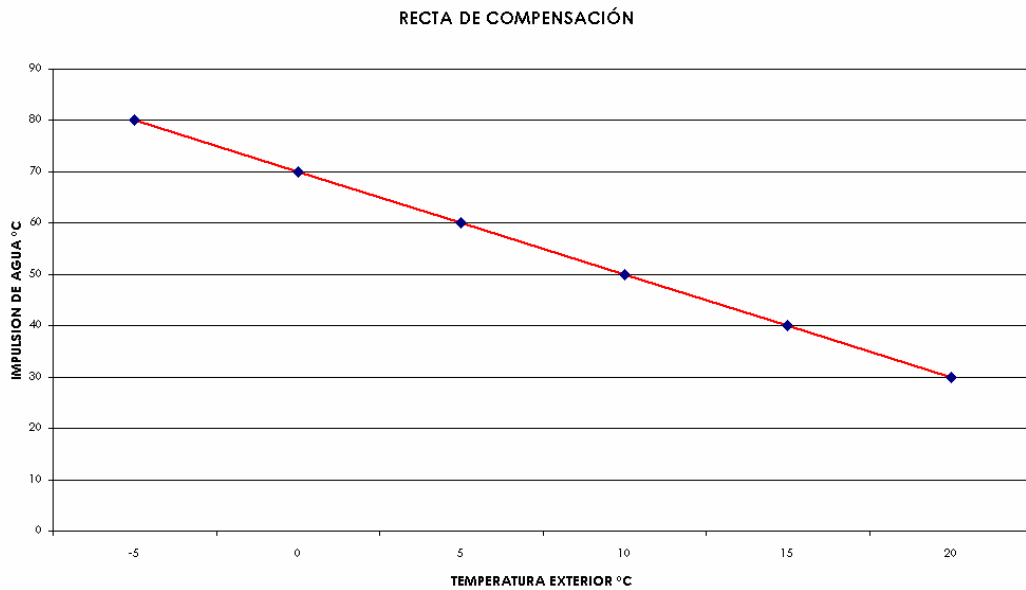
1. Una temperatura alta del agua, supone una temperatura alta del aire impulsado al local, que se percibe como asfixiante y seco.

Adicionalmente, la falta de un sistema de control realmente proporcional o PID, principalmente en los *fan-coils* de habitaciones (que suelen ser del tipo todo/nada), provoca la impulsión alternativa de aire frío (a temperatura ambiente) o muy caliente (60 °C), con lo que se incrementan las corrientes de aire y la falta de confort.

2. En los sistemas habituales de regulación en habitaciones, cuando se alcanza la temperatura de consigna se desconecta el ventilador del *fan-coil*, pero debido a la gran diferencia de temperaturas, la unidad se comporta como un radiador y continúa calentando la habitación por convección. Este fenómeno, se incrementa notablemente cuando el *fan-coil* es del tipo consola y está instalado con flujo de aire vertical.

Nuevamente, se está produciendo una falta de confort al cliente, que no tiene más alternativa que abrir la ventana para evitar el exceso de calor.

Así mismo, las pérdidas de calor por transmisión se incrementan progresivamente, al aumentar la diferencia entre la temperatura ambiente de los locales por donde discurren las tuberías y la temperatura del agua.



**Figura 17.**

Para mejorar las condiciones de confort y evitar o reducir las pérdidas de calor antes mencionadas, es necesario que la temperatura de impulsión a las unidades terminales sea diferente de la de producción.

En la Fig. 18 se muestra el esquema típico de una distribución de calor con tres circuitos.

Así, puede regularse independientemente la temperatura de cada circuito, según la demanda, mediante un sistema proporcional en función de la temperatura exterior, según se refleja en el ejemplo de dicha figura.

En el estudio de implantación de este sistema, es preciso confirmar las temperaturas mínimas de suministro a las unidades terminales, para obtener las prestaciones necesarias. En este sentido, la existencia de radiadores (normalmente seleccionados para altas temperaturas de agua), puede condicionar esta reforma, u obligar a segregar el circuito de radiadores del resto de circuitos de calefacción.



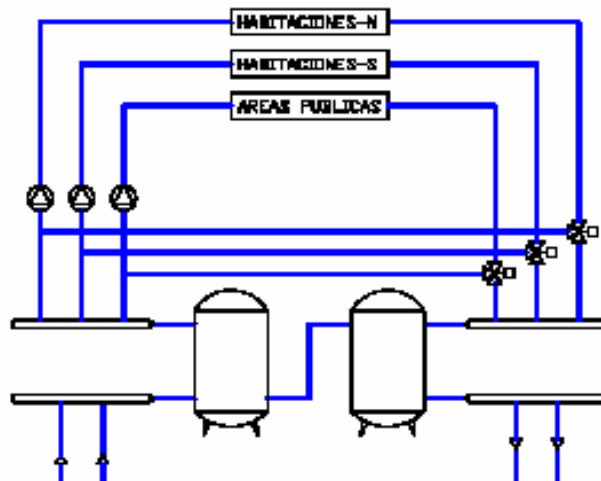


Figura 18.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
9,4 %	147.357	75 %	10389	3.044

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
3.044	5.700	1,87	MEDIA

## 7.3. Regulación de habitaciones

Una vez optimizada la temperatura del circuito de calefacción de las habitaciones, queda por mejorar las condiciones de utilización de los *fan-coils*.

Si bien es preciso que el cliente que ocupa una habitación pueda ajustar las condiciones de confort según sus deseos, la climatización de las habitaciones puede optimizarse, protegiendo al cliente de su propia manipulación.



Si como es habitual, el termostato de la habitación tiene una escala de 10 a 35 °C, la utilización del usuario medio (por ejemplo en invierno) es la siguiente:

- ❁ Al entrar en la habitación, sugestionado por el frío exterior, gira el dial del termostato a la máxima temperatura (35 °C).
- ❁ Cuando transcurre el tiempo, siente calor y gira el dial al extremo opuesto, (10 °C) con lo que interrumpe la calefacción, pero tarde.
- ❁ Incluso cuando el hotel dispone de un sistema a cuatro tubos el circuito de refrigeración de habitaciones no está operativo en invierno (si lo está el resultado es peor), por lo que para reducir la temperatura, el cliente abre la ventana.
- ❁ En esas circunstancias, la habitación se enfría rápidamente y nuevamente el cliente gira el termostato al fondo de escala (35 °C) pero normalmente no vuelve a cerrar la ventana.

Este relato, que puede parecer cómico, se repite cada día en la mayoría de las habitaciones de hotel, y tiene dos consecuencias:

- 1) El cliente no obtiene sus condiciones de confort, y en muchas ocasiones termina manifestando su malestar, por “el mal funcionamiento” de la climatización de su habitación.
- 2) El incremento de la energía consumida como promedio supera en más del 15 %, a la realmente necesaria para la calefacción de las habitaciones.

Las alternativas para solucionar esta situación son las siguientes:

- a) Limitar el recorrido del dial del termostato a unas temperaturas de 18 a 24 °C, y sustituir la escala original por otra que sólo indique (-) (+) para que el cliente no perciba que se le está limitando, o crea que el termostato funciona mal.
- b) Sustituir el termostato, por otro que reúna esos requisitos.



La alternativa ideal para la regulación de temperatura en las habitaciones es la incorporación de la misma en un sistema de gestión centralizado, que integrando fácilmente esta solución, aporta otras ventajas adicionales, como se describe en el apartado 10.1.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
11,25 %	147.357	75 %	12.433	3.643

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
3.643	9.000	2,47	FÁCIL

### 7.4. Arranque y parada optimizada

Muchos locales tienen un funcionamiento intermitente, que en unos casos es fijo como el restaurante y en otros varía cada día como los salones, según los eventos contratados.

Por supuesto, no sería lógico mantener la calefacción de estos locales permanentemente, por lo que habitualmente los salones se conectan y desconectan manualmente, y se utiliza un reloj programador en locales que, como el restaurante, tienen un horario de funcionamiento establecido.



En ambos casos, la calefacción se conecta con bastante (demasiada) antelación, para asegurar que a la hora prevista los locales han alcanzado su temperatura. La desconexión por reloj se fija a la hora de finalización de cada turno de utilización y la manual, cuando la persona encargada de desconectar se entera o recuerda, que el evento ya ha finalizado.

Esta amplitud en el margen de funcionamiento, se traduce en un incremento del consumo de calefacción de estos locales.

Para esta aplicación específica, se han desarrollado los denominados módulos de "arranque y parada optimizada", que pueden operar como elementos independientes, como complemento de un regulador de calefacción (como los descritos en el apartado 7.2) o como función de un sistema de control centralizado.

El módulo utiliza una sonda de temperatura exterior, y otra ubicada en el local a gobernar, así como un procesador con función de reloj y autoaprendizaje.

La primera vez que se conecta, se le fija el horario de utilización y un tiempo estimado de precalentamiento con el que inicia su aprendizaje.

El módulo integra las diferencias de temperatura interior y exterior, junto con la capacidad de respuesta de la calefacción para reducir la diferencia entre la temperatura interior y la de consigna; adicionalmente, integra la inercia térmica del local, para mantener su temperatura una vez desconectada la calefacción.

La segunda vez que se utiliza el local ya es el sistema, quien basándose en la "experiencia" anterior establece el tiempo de precalentamiento y la anterioridad con la que puede desconectar, manteniendo las condiciones de confort durante el horario establecido.

Mediante este proceso de autoaprendizaje, el sistema consigue en unas cinco operaciones realizar el arranque en el momento justo y desconectar con la antelación óptima, con una desviación inferior a 5 minutos.

La instalación de este módulo es tan sencilla como la de un reloj programador convencional, siendo la única diferencia la de que requiere las dos sondas de temperatura.

Se precisa un módulo por cada local a gobernar. Si se dispone de un sistema de control centralizado, sólo es preciso incorporar la función y programarla para cada uno de los locales, utilizando las sondas de temperatura ya existentes.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
11 %	147.357	25 %	4.052	1.187

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
1.187	5.500	4,63	MEDIA

## 7.5. Recuperadores del aire extraído

Lo más común, es que la renovación de aire de un hotel se realice de manera forzada, mediante varios conjuntos de ventiladores.

Las habitaciones se subdividen en varios grupos, cada uno de los cuales dispone de un ventilador o climatizador, y un ventilador de extracción que aspira el aire a través de los cuartos de baño.

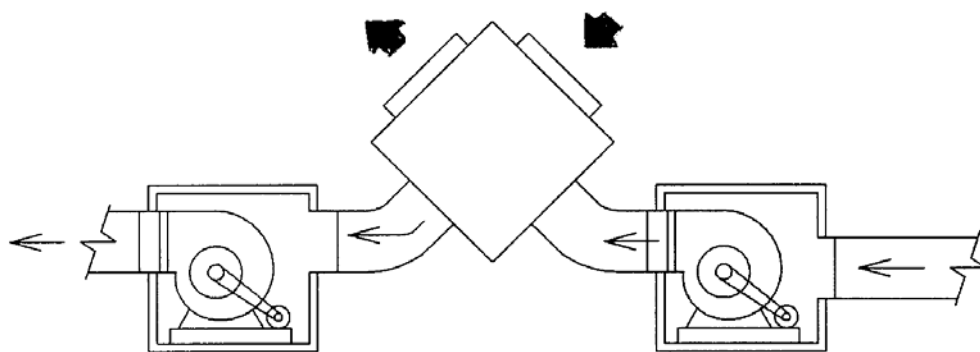


Figura 19.

Los salones y locales públicos utilizan su propio climatizador para introducir aire fresco, mientras un ventilador expulsa al exterior una cantidad equivalente de aire.

Esta necesaria renovación de aire, significa una importante demanda de calefacción, para calentar el aire exterior introducido hasta la temperatura interior.

Para cubrir una parte de esta demanda de calor, puede aprovecharse a su vez el calor del aire que se extrae, que si bien no reúne las condiciones higiénicas, si tiene la temperatura ambiente interior. Los recuperadores de calor más extendidos son:

- ❁ Entálpicos rotativos: son los más indicados para refrigeración, pues su mayor coste se justifica con la recuperación de calor sensible y latente.
- ❁ Estáticos aire-aire: recuperan el calor sensible del aire de extracción. Están formados por placas metálicas paralelas, dispuestas de forma que mientras un flujo de aire recorre los canales pares, el otro atraviesa el intercambiador por los impares (sin mezclarse).

Con esta gran superficie de intercambio, se consiguen rendimientos superiores al 60 %, esto es, si la temperatura del aire exterior de entrada fuera de 10 °C y la interior de 20 °C, éste cedería calor hasta abandonarlo a 14 °C mientras el aire fresco aumentaría su temperatura hasta 16 °C.

- ✿ Baterías agua-aire: cuando los conductos de aire exterior y extracción no tienen una ubicación próxima, se utiliza un circuito cerrado de agua acelerado por bomba, con una batería de intercambio agua/aire instalada en cada uno de los flujos de aire, de forma que la unión entre ambos conductos se realiza con las dos tuberías del circuito.

Así, el calor que el aire de extracción va cediendo a su batería, se disipa calentando el aire fresco que se va a introducir.

La eficacia de este sistema indirecto se reduce al 45 %, por lo que siempre que es posible (y suele serlo) se emplean los recuperadores aire/aire.

En todos los casos, es recomendable instalar filtros de aire en ambos circuitos, a fin de evitar o reducir, el ensuciamiento de las superficies de intercambio.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
12,8 %	147.357	100 %	18.862	5.526

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
5.526	16.400	2,97	MEDIA

## 7.6. Otras medidas de ahorro

A pesar de que son perfectamente conocidas, es conveniente revisar al comienzo de la temporada, el estado de algunos puntos, que a lo largo del año han podido sufrir desajustes y desperfectos:

- ✿ Estanqueidad en el cierre de compuertas de admisión de aire de los



quemadores, que deben evitar la circulación de aire a través de la caldera, cuando están parados.

- ✿ Aislamiento de tuberías, principalmente en su recorrido por cámaras o zonas exteriores.
- ✿ Aislamiento de calderas, chimeneas y depósitos de A.C.S.
- ✿ Aislamiento del depósito de expansión en cubierta.

Es recomendable la sustitución de estos depósitos de expansión abiertos, por otros del tipo cerrado, que además pueden instalarse en el interior.

Aunque se ha tratado de forma separada, debido a algunas particularidades específicas, la calefacción es una parte del sistema de climatización, que incluye los procesos de renovación y filtrado del aire, humectación, des-humectación, calentamiento y enfriamiento, para mantener las condiciones de confort.



## 8.1. Producción frigorífica

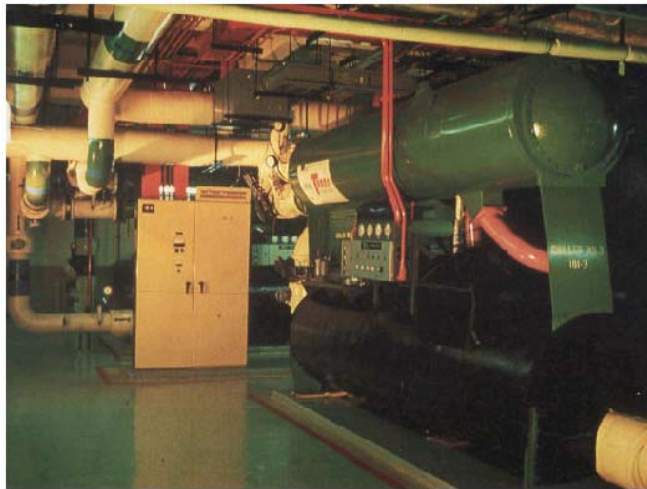
En la adquisición de una máquina enfriadora de agua, es muy importante evaluar su rendimiento, pues con 1 kWh de consumo eléctrico pueden obtenerse desde 2,5 kWh hasta 7 kWh frigoríficos.

También es importante considerar la variación de la demanda a lo largo del año, pues con demasiada frecuencia la central de refrigeración está diseñada para la demanda punta, y no tiene la suficiente flexibilidad para satisfacer con un rendimiento aceptable las demandas medias y bajas que son las que habitualmente se requieren.

Según se exponía en el apartado 7.1, cuando un equipo de producción resulta sobredimensionado, opera en cortos períodos con frecuentes ciclos de

arranque y parada, que reducen el rendimiento medio estacional. Igualmente, la solución en este caso consiste en instalar uno o varios depósitos de inercia, que actúen como volante regulador entre la producción y la demanda.

Adicionalmente, la instalación de este depósito permite controlar a su vez el funcionamiento de las bombas primarias de evaporación y condensación, desconectándolas cuando el depósito alcanza el valor de consigna, durante el largo periodo necesario para que la temperatura del agua acumulada, se incremente hasta el máximo establecido.



Cuando así sucede, se autoriza el funcionamiento de una enfriadora con sus bombas primarias, que tendrán que operar un largo periodo para cubrir la demanda y volver a enfriar los depósitos.

La capacidad mínima de acumulación puede calcularse según

$$V_t = (P_{cf} \times 860 \times 0.5) \div (T_m - T_p)$$

donde:

- V<sub>t</sub> = Volumen total de acumulación (l).
- P<sub>cf</sub> = Potencia del circuito más pequeño que pueda operar de manera estable.
- T<sub>m</sub> = Temperatura máxima admisible de la instalación (11 °C).
- T<sub>p</sub> = Temperatura mínima de producción (7 °C).

El coste estimado incluye los depósitos, tuberías, válvulas, aislamiento y reformas de instalación, así como el sistema de control de operación de enfriadoras y bombas.

Para obtener los mejores resultados de esta reforma, es necesario investigar cual es la temperatura máxima a la que puede impulsarse el agua a los *fan-coils* y climatizadores (que varía según los meses), garantizando el mantenimiento de las condiciones de confort, así como la temperatura mínima de operación de enfriadoras, sin reducir significativamente su rendimiento.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
15 %	776.513	50 %	58.238	2.902

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
2.902	25.000	8,61	MEDIA

## 8.2. Circuitos secundarios

La operación normal de las bombas de circuitos secundarios de agua enfriada es funcionar al 100 %, aunque ese caudal sólo se requiere ocasionalmente, pues la demanda media de toda la temporada (3.600 horas) es del 38 %.

Para optimizar este consumo es preciso sustituir las válvulas de regulación de 3 vías por otras de 2 vías, reutilizando los mismos servomotores, o incluso con la confirmación del fabricante, anular la 3ª vía (el *by-pass*) de las válvulas.

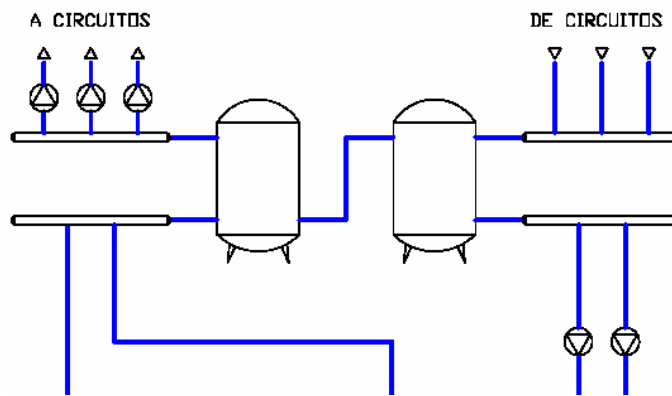


Figura 20.

Simultáneamente, en las alimentaciones eléctricas de estas bombas, se instalan variadores de frecuencia, gobernados por una sonda de presión de agua en cada circuito.

Con esta modificación sólo se recirculará el agua que realmente necesite atravesar cada batería, eliminando la recirculación del agua a través de los *by-pass* de las válvulas, lo que permitirá durante muchas horas que las bombas lleguen a pararse por falta de demanda.

A efectos de amortización se ha considerado el peor escenario de sustituir todos los cuerpos de las válvulas de regulación.

La incorporación de los variadores de frecuencia aporta además la reducción de averías mecánicas en las bombas y su extensión de vida útil.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
62 %	776.513	9 %	43.329	2.159

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
2.159	22.000	10,19	MEDIA

## 8.3. Variación del caudal de aire

Los variadores de frecuencia permiten reducir también los caudales de aire de extracción, durante el mayor número de horas en el que no se requiere el 100 % de esa ventilación.

La importancia del consumo eléctrico de estos motores se aprecia cuando se suman los productos de multiplicar el consumo de cada uno de ellos, por sus horas de funcionamiento al año.

Para conseguir esto, es preciso analizar las características de potencia y servicio de cada uno, al objeto de incluirlo en uno de los siguientes grupos:

- 1) **Pequeñas potencias.**- Almacenes y áreas de paso.

La mejor opción es un simple reloj programador y ensayar diferentes horarios, como que conecte una hora y desconecte tres.

- 2) **Media potencia con demanda variable y previsible.**- Aseos y vestuarios de personal.

El máximo caudal de ventilación sólo se requiere en los cambios de turnos, pero el resto del tiempo se necesita un mínimo caudal de renovación.

- 3) **Gran potencia (>20 kW) y demanda variable y previsible.**- Extracción de campanas de cocina.

Estos ventiladores tienen que operar durante todo el horario de cocina, pero los requerimientos de extracción varían del 20 al 100 %, según las diferentes fases de producción. Un variador de frecuencia podría programarse para ese rango.

- 4) **Media/gran potencia y demanda imprevisible.** Aparcamiento, *hall* de salones.

Se incorpora igualmente un variador de frecuencia pero, en este caso, gobernado por una sonda de CO<sub>2</sub> o calidad de aire, que varíe el caudal según requerimientos.

En muchos casos, la disminución de los niveles de ventilación, repercute también en una reducción de la demanda termofrigorífica para atemperar el aire que se introduce del exterior.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
28 %	776.513	14 %	30.439	1.517

#### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
1.517	4.200	2,77	MEDIA

## 8.4. Temperatura de agua en fan-coils

La temperatura máxima de enfriamiento (entre 6 °C y 8 °C) del circuito de agua de refrigeración, está condicionada por las necesidades de deshumectación de los locales con alta densidad de ocupación, como salones, restaurante, bar, etc., donde las personas y el aire necesario de renovación, provocan una carga latente que es preciso combatir.

Pero gran parte del suministro de agua enfriada se realiza a los *fan-coils* de habitaciones, cuya única carga es sensible, por lo que según se aprecia en el diagrama psicrométrico de la Fig. 32, una temperatura del agua de entrada al *fan-*

coil de 7 °C, produce una deshumectación y, por tanto, una carga latente, que realmente no se necesita.

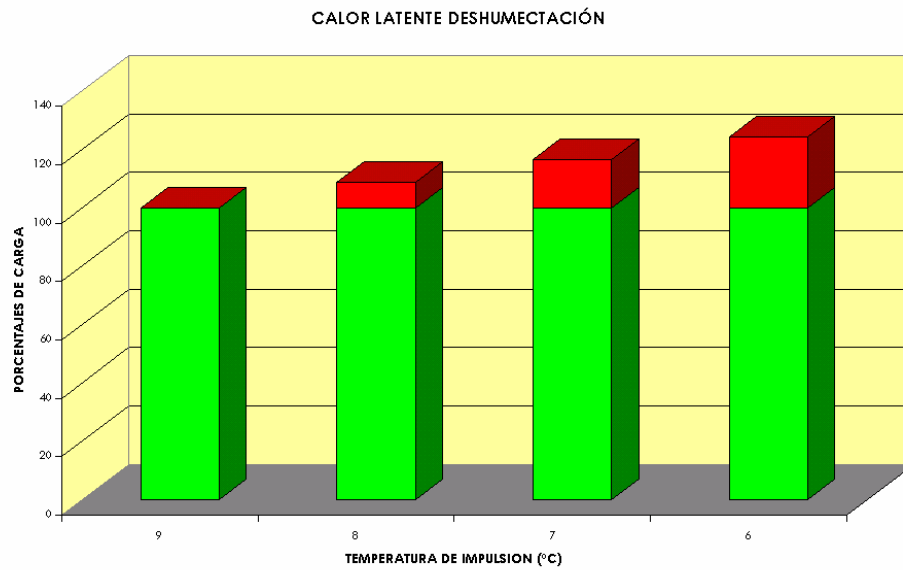


Figura 21.

Al mismo tiempo, cuando en el hotel no hay cargas latentes significativas, como sucede por la noche, que además coincide con una disminución de la carga sensible, mantener las enfriadoras produciendo el agua a 7 °C, significa una pérdida de rendimiento respecto al que podría obtenerse al trabajar con temperaturas de evaporación más altas, enfriando el agua a 10, 11 ó 12 °C, que resultarían totalmente suficientes para cubrir las demandas del periodo.

La suma de combatir un calor latente que no se requiere, y la pérdida de rendimiento por un subenfriamiento del agua, que tampoco se necesita, se evalúa para el Hotel Tipo en el 12 % del consumo de producción frigorífica, por lo que evitando al menos el 80 % de esa carga, la oportunidad de ahorro es muy elevada.

Se puede conseguir evitar ese consumo frigorífico innecesario, mediante la instalación de una válvula motorizada y la conmutación de la temperatura de ajuste de las enfriadoras, según se describe a continuación.

La misma propuesta de reforma expuesta en el apartado 7.2 para el circuito de calefacción a *fan-coils* de habitaciones, se aplica ahora al de refrigeración, instalando una válvula de tres vías en la aspiración de la/s bomba/s de cada uno



de los circuitos, de forma que mezcle el agua procedente de las enfriadoras con la de su mismo retorno, para impulsar a una temperatura superior (entre 9 y 12 °C).

El ajuste de esta temperatura debería variarse en función de las condiciones exteriores, al objeto de utilizar siempre la temperatura más alta que admitan los requerimientos de confort.

Completando lo anterior, puede variarse el punto de consigna de las enfriadoras, cuando no se esté suministrando refrigeración a locales de alta ocupación.

Esta conmutación puede realizarse por reloj (pues por la noche no se utilizan esos locales) o mediante una línea eléctrica de maniobra, comandada en paralelo por los contactos auxiliares de los climatizadores de esos locales.

El coste de esta transformación es muy bajo en relación con el ahorro que aporta, por lo que su amortización es muy rápida.

La valoración no considera la eventualidad de que fuera necesaria una modificación de las tuberías o circuitos existentes, para independizar los circuitos de habitaciones del resto.

Si bien la regulación y control de estas temperaturas puede realizarse según se ha descrito, es indudable que la disponibilidad de un sistema de gestión centralizado, aporta las mejores condiciones de optimización y facilita su operación y seguimiento.

#### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
9,5 %	776.513	40 %	29.507	1.470

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
1.470	5.200	3,54	MEDIA

### 8.5. Climatización en habitaciones

En el apartado de calefacción 7.3 se detalla como mejorar las condiciones de regulación de temperatura, cuando el cliente está dentro de la habitación, pero es también muy importante determinar cómo se gestiona energéticamente la habitación cuando está vacante, o cuando el cliente al que está asignada no está en su interior.



El sistema más efectivo energéticamente es el de comandar directamente el *fan-coil* (descrito en el apartado 6.6) de forma que la climatización sólo funciona cuando el cliente está en el interior de la habitación, y se desconecta cuando la abandona.

Su inconveniente es que cuando el cliente regresa a la habitación no tiene la temperatura de confort, que no volverá a alcanzar hasta que transcurra el tiempo necesario.

Los hoteles que por niveles de servicio no puedan adoptar este sistema, tienen una solución intermedia que consiste en actuar sobre el ajuste de temperatura, reduciendo el nivel de confort unos 3 °C (o más).

Así, cuando el cliente regresa a la habitación no percibe gran diferencia, y como el *fan-coil* puede recuperar rápidamente la temperatura de confort (pues la desviación no era muy grande), el cliente no llega a detectar la modificación.

Esta variación de 3 °C respecto al diferencial de la temperatura de climatización, tiene una incidencia que puede perfectamente cuantificarse en el 15 % para el período de calefacción y el 10 % para el de refrigeración.

El procedimiento más básico para realizar esta conmutación de temperaturas, consiste en la instalación de un segundo termostato, que normalmente se instala oculto en el falso techo (junto a la rejilla de retorno) sobre el que se fija la temperatura "*stand-by*". Con esta disposición, el control de presencia actúa sobre un relé, que conmuta de uno a otro termostato.

Normalmente la implantación de este sistema es muy sencilla, por lo que su coste es bajo.

Nuevamente es preciso resaltar las facilidades que un sistema de gestión centralizada aporta a este tipo de control y regulación.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

### REFRIGERACIÓN

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
10 %	776.513	40 %	31.061	1.548

### CALEFACCIÓN

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro L/año	Ahorro €
15 %	147.357	75 %	16.578	4.857

	kWh/año	L/año	Ahorro €
<b>TOTAL</b>	31.061	16.578	6.045

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
6.045	13.600	2.12	MEDIA



## 8.6. Free-Cooling

Este sistema, popularizado con su nombre en inglés, es uno de los líderes del ahorro energético de climatización, y tiene aplicación en todos los grandes locales con alta densidad de ocupación, en los que las ganancias internas de calor superan a las pérdidas respecto al exterior, por lo que requieren refrigerar el aire ambiente, cuando las condiciones del aire exterior tienen un valor entálpico inferior al de las condiciones de confort; esto es, durante la primavera, otoño, e incluso en invierno.

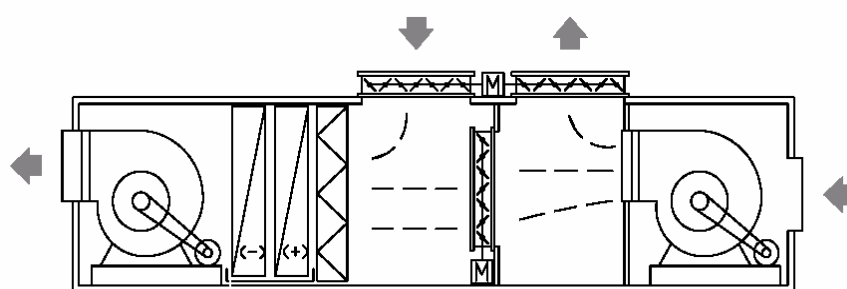


Figura 22. Climatizador con *free - cooling*.

El gráfico de la Fig. 23 muestra la evolución de la demanda de refrigeración de uno de estos locales y su interrelación con la temperatura exterior (más fácil de visualizar que su entalpía) donde se observa la amplia zona de demanda frigorífica que puede suministrarse con la ayuda del *free-cooling*.

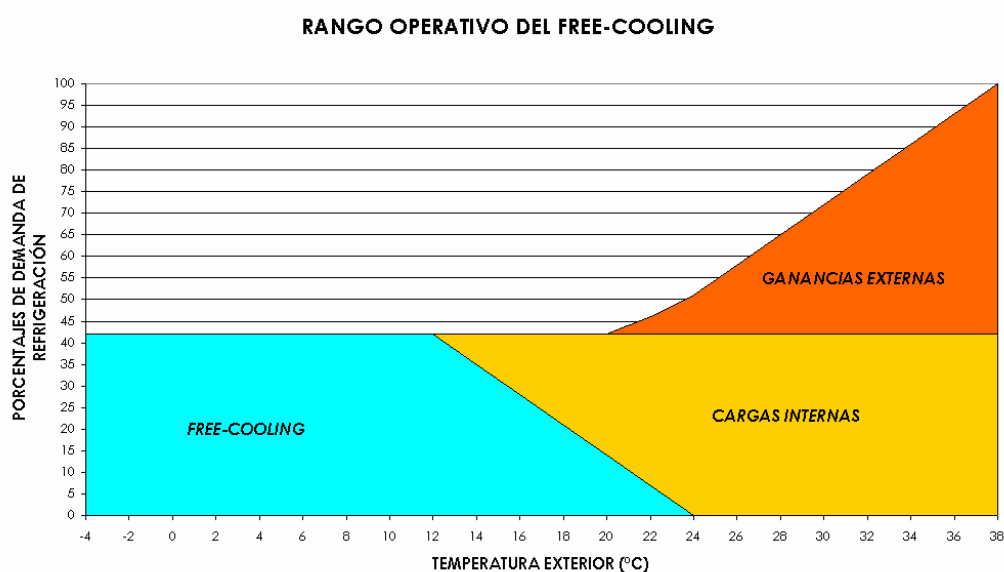


Figura 23.

Cuantificando el número de horas en las que durante el horario anual de utilización de salones (de 8 a 24 h), se registra cada una de las temperaturas y aplicando este porcentaje sobre el número de horas de utilización real de los salones se obtiene que la aportación frigorífica del sistema supera el 40 % de su demanda total anual.

Respecto a la disposición básica de un climatizador, un *free-cooling* requiere los siguientes elementos adicionales:

- ✿ Ventilador de retorno/extracción (sustituye al ventilador de extracción).
- ✿ Juego de compuertas motorizadas de descarga y admisión de aire.
- ✿ Sondas entálpicas de aire exterior y de retorno.
- ✿ Sonda de temperatura de impulsión de aire (para limitación).
- ✿ Regulador con función de comparación entálpica, y prioridad de actuación respecto al control de las válvulas motorizadas de regulación.

Si por condicionantes de la instalación existente no resulta fácil ampliar el climatizador, la cámara de descarga y admisión, con sus compuertas, así como el ventilador de retorno/extracción pueden montarse por separado y conectarse a la aspiración del climatizador mediante conductos.

Aunque para facilitar la exposición (y a veces en la práctica) se utiliza la temperatura, el parámetro real de comparación interior–exterior es su entalpía, que refleja la cantidad total (relativa) de calor contenido en el aire húmedo, esto es, la suma del calor sensible y latente.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA

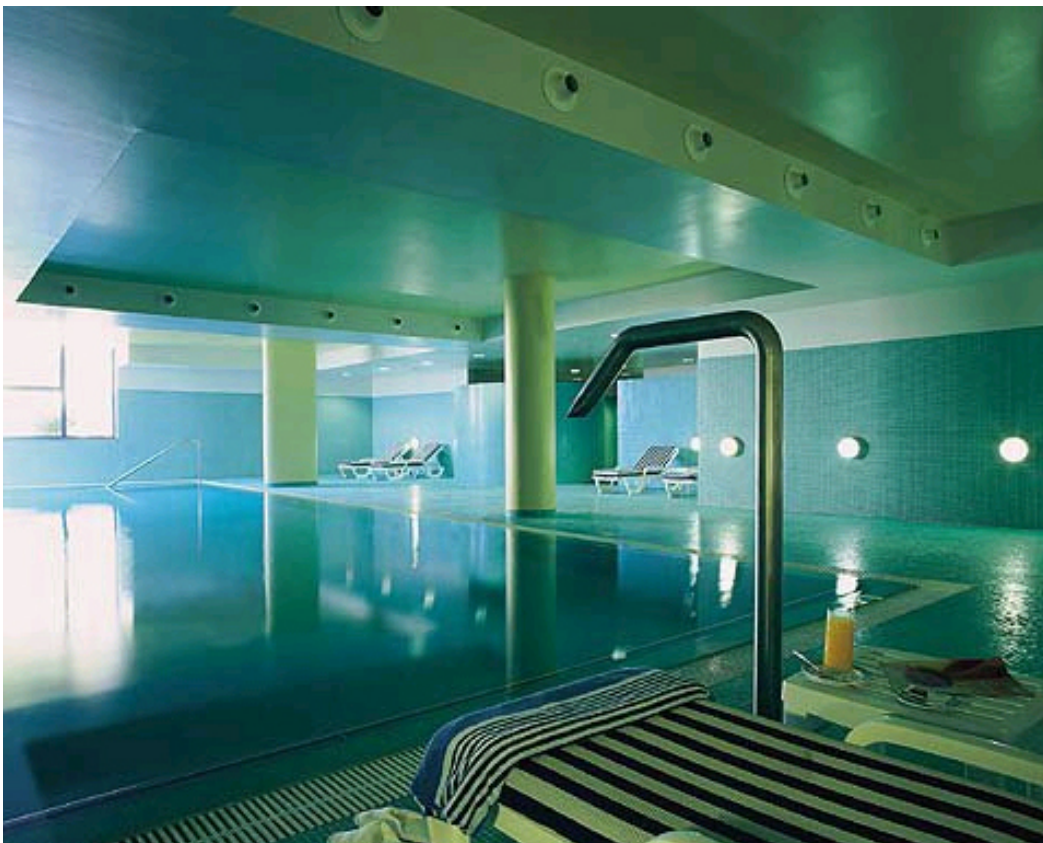
Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
40 %	776.513	10 %	30.061	1.548

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
1.548	14.800	9,56	MEDIA

En los capítulos que anteceden, se ha supuesto la instalación más común en los hoteles, donde la producción de calor se realiza mediante calderas con quemador de combustibles líquidos o gaseosos, y la producción frigorífica, totalmente independiente, utiliza la electricidad para alimentar enfriadoras de agua, que disipan el calor del condensador mediante torres de refrigeración, o directamente con aire exterior.

Este tipo de instalación, estadísticamente mayoritaria, puede cuestionarse desde la racionalización del consumo energético, pues durante un gran número de horas al año, se mantiene funcionando la enfriadora, produciendo refrigeración y disipando el calor de condensación al exterior, simultáneamente con la caldera quemando combustible, para calefacción en invierno y durante todo el año para calentar el agua caliente sanitaria.





Los principios fundamentales de utilización racional de la energía, demandan analizar las demandas de frío y calor a lo largo del año y satisfacerlas de forma conjunta. Esto puede realizarse mediante una producción termofrigorífica que aproveche el calor disipado por el proceso de condensación de las enfriadoras, para calentar o precalentar el A.C.S., utilizando una o varias de las siguientes posibilidades:

1. Bomba de calor agua – agua.
2. Enfriadora de agua con recuperador.
3. Enfriadora de combustión a gas.
4. Bomba de calor agua – aire – agua.
5. Cogeneración y trigeneración.
6. Energías renovables.

## 9.1. Bomba de calor agua-agua

Su principio de funcionamiento y composición es el de una enfriadora de agua convencional, pero su sistema de regulación y control, y a veces la utilización de refrigerantes específicos, le permiten operar según la demanda de frío y/o calor y normalmente con temperaturas de condensación más altas.

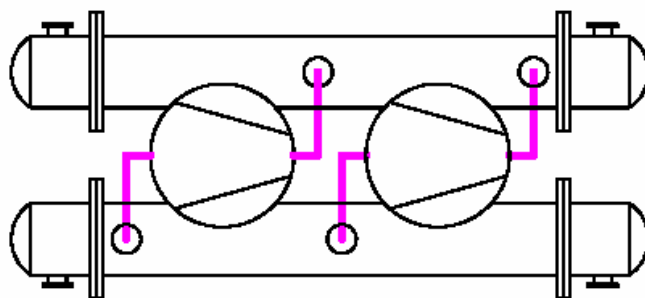


Figura 24. Enfriadora agua/agua convencional.

Debido a su reducido tamaño y a que no requieren torre de refrigeración ni contacto con el exterior, resultan fáciles de incorporar en instalaciones existentes, con un coste relativo bajo, y tienen un alto rendimiento energético.

Los inconvenientes se derivan de su requerimiento de demanda simultánea de frío y calor, con porcentajes constantes de una y otra, por lo que precisan de un determinado volumen de acumulación que regule las oscilaciones de carga en ambos circuitos, a fin de mantener unas óptimas condiciones de operación.

Por la misma razón, su potencia de producción no puede considerarse en la suma total para satisfacer la demanda punta en un momento determinado, pues su operación está condicionada a que coincidan sus requerimientos de frío y calor.

## 9.2. Enfriadora con recuperador

Estas enfriadoras disponen de un condensador auxiliar, dimensionado para el 100 % de carga, por el que circula el refrigerante antes de alcanzar su condensador de disipación (aire o agua).

Así, la enfriadora opera según su demanda específica de refrigeración, y el circuito de A.C.S. recibe todo el calor de condensación que pueda transferirse en cada ocasión, pero sin comprometer el proceso de condensación, ni limitar el funcionamiento de la enfriadora.

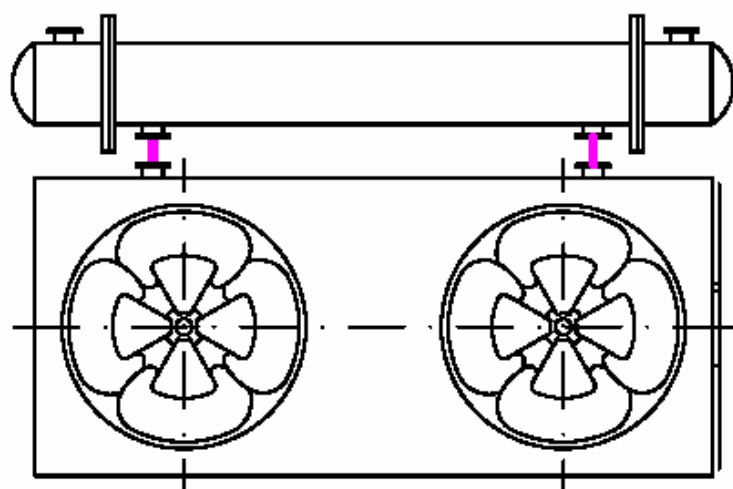


Figura 25.

Aunque en este caso no es estrictamente necesario un determinado volumen de acumulación, su disponibilidad en el lado del A.C.S. mejora su aprovechamiento de calor.

### 9.3. Enfriadoras de combustión a gas

En estas máquinas, el trabajo de compresión no lo realiza un motor eléctrico sino uno de explosión, normalmente de gas natural.

Aquí, la principal fuente de calor está en la refrigeración del propio motor, que si bien es menor que la disipada en el condensador, tiene una temperatura más alta, que facilita las condiciones de intercambio indirecto con el A.C.S.

Estas enfriadoras suelen estar diseñadas de serie para esta aplicación, por lo que ya incorporan este intercambiador auxiliar, en serie con su batería agua-aire.

Igualmente es recomendable en este caso disponer de un volumen de acumulación de A.C.S. que permita la máxima recuperación de calor.



## 9.4. Bombas de calor agua-aire-agua

Para grandes hoteles, y los que dispongan de piscinas climatizadas, donde las demandas de calor puedan ser importantes, puede resultar conveniente la utilización de estas máquinas termofrigoríficas.

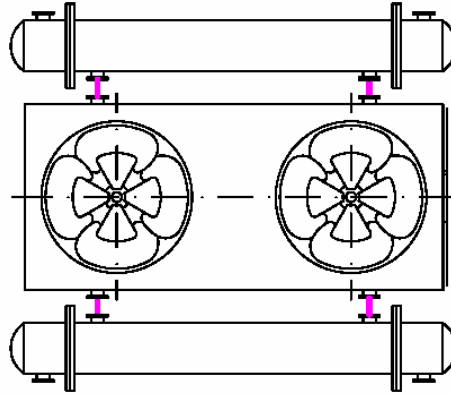


Figura 26.

Estos equipos disponen de un evaporador así como de un condensador refrigerante-agua, y un intercambiador refrigerante-aire exterior, que actúa como condensador o evaporador auxiliar (o total), absorbiendo las variaciones de demanda de uno a otro circuito.

Así, la máquina adapta su producción a la máxima demanda en cada momento, sea ésta la de frío o calor indistintamente, equilibrando su ciclo frigorífico mediante la batería exterior.

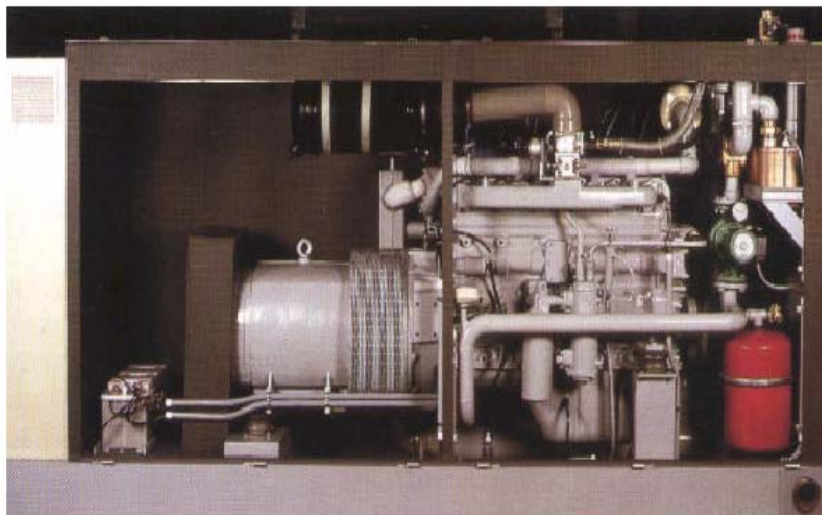
Es importante destacar, que aunque este tipo de sofisticadas máquinas son capaces de autorregularse en su operación, no consiguen por sí mismas los óptimos resultados energéticos que se precisan para su amortización, requiriendo que el diseño de la instalación facilite su máximo rendimiento.

Por lo tanto, un detallado estudio de las variaciones de demanda volverá a aconsejar la instalación de depósitos de acumulación térmica.

## 9.5. Cogeneración y trigeneración

Mientras en las centrales térmicas (y las nucleares), el calor es un excedente del proceso de producción eléctrica, que se elimina, disipándolo al exterior, la racionalización del uso energético propone el aprovechamiento también del calor, como una parte de la transformación de la energía primaria empleada.

Así, el cogenerador consiste en un generador eléctrico alimentado por un motor de explosión, diseñado para aprovechar (transferir) por separado, el calor que se genera en cada una de las partes básicas del equipo: aceite, motor y gases de escape, para permitir su máximo aprovechamiento, ya que en cada uno de esos circuitos se obtienen rangos y temperaturas diferentes, que oscilan desde los 40 °C a los 120 °C.



Al objeto de conseguir el máximo rendimiento de estos equipos, la recuperación de calor de los circuitos de baja y media temperatura, suele aprovecharse durante todo el año para el precalentamiento y producción de A.C.S., y el de alta temperatura que durante el invierno se utiliza directamente para la calefacción, se aprovecha durante el resto del año como energía primaria de una enfriadora de agua por absorción, que suministra parte de la demanda de refrigeración.

Esta aplicación integral de la energía de un combustible, en electricidad, calor y refrigeración, se denomina **trigeneración**.

Adicionalmente al correspondiente estudio técnico y financiero, el alto nivel de inversión e implicaciones de estos equipos requiere el establecimiento previo de los necesarios acuerdos y pre-contratos con las empresas suministradoras de energía y organismos competentes, a fin de garantizar la amortización prevista.

## 9.6. Energías renovables

En cada ubicación geográfica pueden existir varias posibilidades de utilización de energías renovables, que en cualquier caso conviene estudiar detenidamente.



- ❁ **Geotérmica:** en su aplicación directa como fuente de calor de media o alta temperatura está muy limitada a determinados puntos geográficos situados en zonas volcánicas. No obstante, su aplicación a baja temperatura podría generalizarse en cualquier ubicación, por lo que deberá evaluarse en cada caso.

Esta aplicación permite la operación de bombas de calor en zonas frías, donde las condiciones climáticas exteriores limitarían su eficiencia.

Estas bombas de calor denominadas tierra-agua, son máquinas convencionales con evaporador refrigerante-agua. El lado del agua está

conectado a un circuito cerrado de gran longitud de tubería dispuesta en forma de serpentín y enterrada a una profundidad mínima de 0,5 m. Así, el agua que circula por esta tubería, recibe del terreno el calor necesario para el proceso de evaporación.

✿ **Biomasa:** en pocas ocasiones se evalúan las posibilidades de emplear combustibles sólidos que pudieran estar disponibles, como madera procedente de podas y aserraderos, viruta o serrín de industrias de transformación, excedentes agrícolas como tallos o girasoles, huesos de aceitunas, cáscaras de frutos, etc.

Los inconvenientes de estos combustibles son el coste del transporte, el volumen de almacenamiento y la manipulación de alimentación a calderas y retirada de cenizas y residuos.

No obstante, el proceso puede mecanizarse para conseguir un funcionamiento automático, similar al de los combustibles líquidos o gaseosos, pero con un coste económico muy inferior, que puede hacerlos muy rentables.

✿ **Eólica:** el desarrollo tecnológico y la fabricación en serie, están consiguiendo que los aerogeneradores eléctricos resulten cada vez más rentables. Es obvio que no tienen aplicación en entornos urbanos, pero muchos hoteles (tipo *resort*) disponen de grandes extensiones de terreno donde ubicarlos, sin un importante impacto visual sobre el medio.

✿ **Solar:** seguramente, la aplicación idónea de los paneles solares sea la del calentamiento del A.C.S. en un hotel, por lo que en muchas zonas geográficas su empleo se ha hecho habitual en los mismos. Su utilización es muy sencilla, no producen ningún impacto negativo (pues incluso en los hoteles en los que su ubicación resulta visible, mejoran su imagen hacia el cliente) y suministran gran parte de la demanda anual de calor.

No obstante, suelen incorporarse en paralelo con una instalación

convencional (que asegure el servicio en cualquier circunstancia) lo que significa un incremento de inversión, al que hay que sumar los costes de limpieza y mantenimiento de los paneles, que tienen un ciclo de vida de al menos 20 años.

Así, sin la aportación de subvenciones o ayudas, es necesario calcular muy exactamente su amortización, pues no suele ser inferior a 8 años.



## 10.1. Sistema de Control Centralizado (SCC)

Este sistema, también conocido como BMS por sus siglas en inglés (*Building Management System*), consta de los siguientes elementos:

- ✿ Controladores/reguladores periféricos, dotados de microprocesador, memoria programable y puerto de comunicaciones que gestionan:
  - Entradas analógicas con sondas de temperatura, presión, humedad, etc.
  - Entradas digitales de contactos, relés, impulsos, etc.
  - Salidas analógicas a servomotores y variadores.
  - Salidas digitales de contactos e impulsos.
- ✿ Bus de comunicaciones, enlazando todos los controladores, dispositivos y puesto central.
- ✿ Terminal de acceso al bus para intervención local.
- ✿ Puesto central, interface con el usuario compuesto por PC, monitor e impresora, para gestión y visualización global.

Un SCC, adecuadamente diseñado, instalado y programado ofrece a un operador experto posibilidades ilimitadas para optimizar la gestión técnica de las instalaciones de un hotel, como se expone en los siguientes ejemplos:

### a) Climatización de habitaciones (invierno)

A fin de facilitar una visión de las posibilidades que aporta un SCC a la

gestión energética en habitaciones, manteniendo el confort de los clientes, a continuación se detalla como ejemplo la secuencia en invierno:

- ❁ Habitación vacante: según se programe, el *fan-coil* está desconectado o manteniendo una temperatura mínima (ej. 15 °C).
- ❁ Recepción hace el *check-in* de esa habitación: automáticamente (mediante un *interface* entre el SCC y el *software* de recepción) el *fan-coil* cambia su punto de consigna a 18 °C, conmutando a la velocidad máxima, que irá reduciendo, según se aproxime al nuevo punto de consigna.
- ❁ El cliente llega a la habitación: con la señal del control de presencia (independientemente de que sea del tipo de tarjeta, sensor o interruptor) el *fan-coil* vuelve a cambiar su ajuste a 21 °C y con ello su velocidad a la máxima (si no estaba ya en ella).
- ❁ Transcurridos unos minutos: antes de que el cliente perciba la sensación térmica interior, se habrá alcanzado la temperatura de confort y el *fan-coil* estará utilizando la mínima velocidad.
- ❁ Operación del termostato: el cliente tiene la opción de desconectar el *fan-coil*, dejarlo en la posición AUTO o forzar el funcionamiento permanente en velocidad 1, 2 ó 3.

Así mismo, dispone de un dial para ajuste de temperatura (-) (+) cuyo valor máximo en uno y otro sentido es programable (ej. 2 °C).

- ❁ Regulación de temperatura: si el cliente mantiene el dial en la posición inicial, la temperatura interior se mantendrá en 21 °C, si lo gira a la izquierda hasta el máximo obtendrá 19 °C y si lo lleva al extremo opuesto 23 °C por lo que en cualquier caso la oscilación estará dentro de las condiciones de confort.

- ✿ El cliente abandona la habitación: la regulación conmuta a una temperatura 3 °C inferior a la establecida.
- ✿ Regresa a la habitación: vuelve al punto de consigna de confort.
- ✿ Recepción hace el *check-out* de la habitación: pasa automáticamente a la situación de habitación vacante (15 °C).
- ✿ Todos los valores indicados como ejemplo son programables y pueden monitorizarse y cambiarse desde el puesto central.

## b) Control de demanda

Tomando como ejemplo la producción de refrigeración y comenzando con todos los equipos frigoríficos parados, la secuencia de actuación sería la siguiente:

- ✿ Una válvula de refrigeración de un climatizador o varias de *fan-coils* de habitaciones, demandan refrigeración durante más de 5 minutos.
- ✿ Comienza a funcionar la bomba del circuito secundario correspondiente, recirculando el agua a través de los depósitos de inercia (si los hay) o de los colectores.
- ✿ En función de una sonda de presión en el agua, el variador gobernará la bomba para recircular solamente el caudal de agua necesario para satisfacer la demanda en cada momento.
- ✿ La temperatura del agua en el punto de impulsión supera su punto de consigna: se abren las válvulas motorizadas de los circuitos de evaporación y condensación de una enfriadora, cuando se confirma su apertura arrancan las bombas correspondientes y al conectar los interruptores de flujo entra en funcionamiento la enfriadora

seleccionada (según la prioridad establecida o su número de horas de uso).

- ✿ La temperatura del agua de condensación que abandona la torre de refrigeración supera la establecida: el sistema arrancará los ventiladores de la torre por etapas o mediante variador, para mantener la temperatura de salida, con el mínimo consumo eléctrico de ventiladores.
- ✿ Disminuye la demanda: todos los equipos reducen su capacidad y llegan a detenerse secuencialmente, en orden inverso al de su puesta en servicio.

#### c) **Anomalías en la instalación**

Cualquier situación prevista como anomalía (actuación de un relé térmico, temperatura fuera de rango, falta de confirmación de una orden, etc.) puede programarse para:

- ✿ Indicar la situación en el monitor del puesto central, visualizando automáticamente el esquema correspondiente y haciendo parpadear el punto de alarma.
- ✿ Imprimir el informe del suceso.
- ✿ Registro en el archivo de eventos del PC.
- ✿ Llamada al "busca" (o al número de teléfono) asignado para ese horario y tipo de alarma.
- ✿ Conexión y desconexión de los equipos asociados

#### d) **Lectura de parámetros**

En los días y horas programadas, el sistema realiza las lecturas de consumos, horas de funcionamiento, número de arranques y paradas, etc., y registra los valores en los archivos indicados.

Con esta información se imprimen informes, se conmuta la prioridad de funcionamiento de un equipo a otro, o se exporta a otro sistema para generar órdenes de mantenimiento.

#### e) Datos históricos

Una herramienta muy útil para analizar y optimizar las condiciones de operación, el origen de anomalías, comprobar las temperaturas de un local y compararlas con la actuación de válvulas, variador, etc., y una larga lista de aplicaciones, es el registro automático de valores.

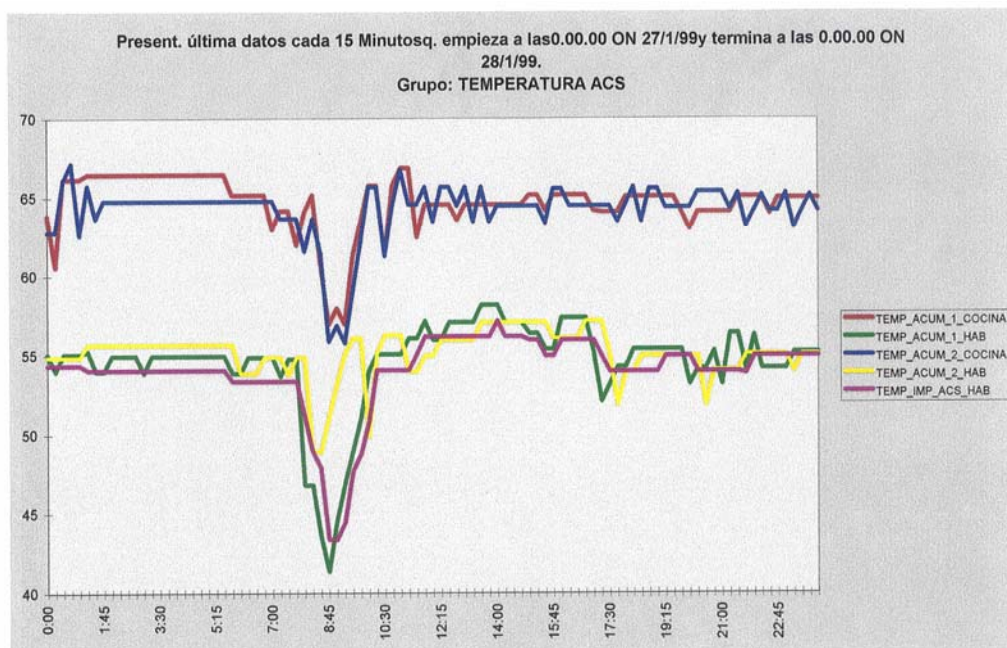


Figura 27.

Normalmente se programan diferentes grupos de datos, incluyendo en cada grupo los que están relacionados entre sí y se les asigna un periodo y una frecuencia de registro de sus valores mínimos, medios, máximos o instantáneos.

Con estos archivos (normalmente exportables en formato de hoja de cálculo) pueden analizarse en forma gráfica y analítica los datos de un determinado

periodo y fecha y compararlos con otro periodo, con el consumo energético correspondiente, etc.

Las enormes posibilidades de regulación y control del sistema, su capacidad para integrar parámetros de diferentes puntos, y la información que facilita al usuario, garantizan una optimización del consumo energético superior al 15 %.

No obstante, la inversión necesaria también es alta, pues además del coste de adquisición de los equipos, se requerirá un importante trabajo de cableado y en muchos casos la sustitución de algunos elementos de la instalación existente.

Es muy importante destacar que la eficacia de esta aplicación está condicionada a la realización de un proyecto previo en el que se analicen en profundidad las instalaciones existentes y sus requerimientos, las necesidades y particularidades del hotel y el perfil de las personas que van a utilizarlo.

Con estos antecedentes, es preciso diseñar cada una de las funciones de programación, su estructura y la interrelación con el resto del sistema. Así mismo, hay que comprobar en el terreno que la respuesta de cada elemento es la prevista y formar adecuadamente a las personas que van a operar el sistema, realizando un seguimiento de al menos un año.

Sin lo anterior, el sistema quedará reducido a sus funciones de monitorización de datos en tiempo real, con muy poca eficacia en términos de ahorro energético.

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA

### REFRIGERACIÓN

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro kWh/año	Ahorro €
12 %	100 %	776.513	93.182	4.643

### CALEFACCIÓN

Reducción	Consumo base kWh	Factor equivalente	Ahorro l/año	Ahorro €
12 %	100 %	352.232	42.268	12.384

### TOTAL

	Ahorro kWh/año	Ahorro l/año	Ahorro €
SUMA	93.182	42.268	17.027

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ahorro €	Inversión €	Amortización años	Dificultad implantación
17.027	126.500	7,43	COMPLEJA

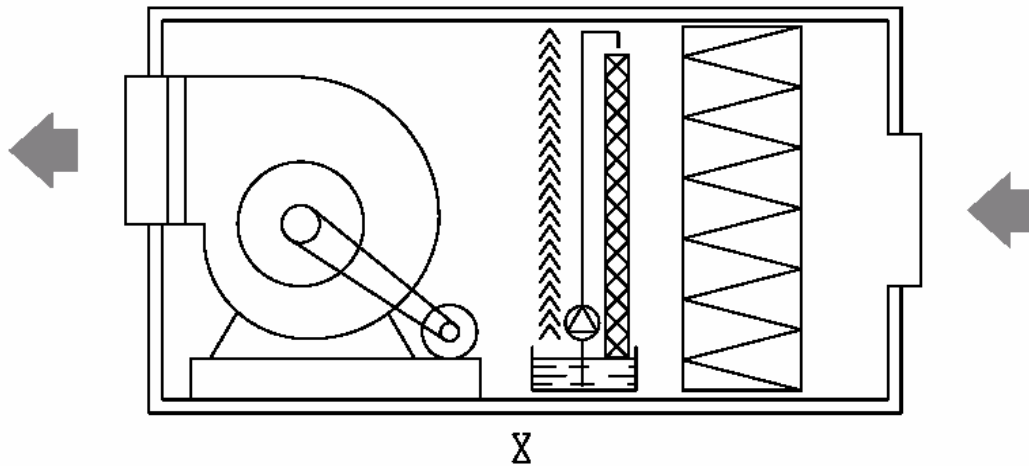
## 10.2. Enfriamiento Evaporativo Indirecto (E2I)

Para facilitar la presentación del E2I, conviene recordar los principios del enfriamiento adiabático, que consiste en la reducción de la temperatura seca del aire y así, de su contenido de calor sensible, mediante la evaporación del agua.

El enfriamiento adiabático mediante fuentes y estanques forma parte de la arquitectura árabe desde hace muchos siglos y fue ampliamente utilizado en la EXPO-92 de Sevilla.

Actualmente, en su aplicación práctica se utilizan los enfriadores adiabáticos – similares a climatizadores – en los que, según se ilustra en la Fig. 28, un ventilador

conduce el aire a través de una cámara de humectación, formada por un conjunto de pulverizadores de agua, o un panel higroscópico.



**Figura 28.** Enfriador adiabático de aire.

Así, el aire cede al agua el calor necesario para que se produzca el cambio de estado líquido a vapor, disminuyendo su temperatura seca hasta un valor próximo al de su temperatura húmeda, esto es, llevándola al punto de saturación del aire.



Si bien este proceso reduce la temperatura seca de forma considerable (por ejemplo de 38 °C a 26 °C) el aire tratado se mantiene a la misma temperatura húmeda y su valor entálpico inicial.



Por esta razón, la aplicación de este enfriamiento del aire se reserva principalmente a situaciones geográficas con alta temperatura y baja humedad absoluta, y/o zonas de paso, o espacios donde pueda mantenerse el alto nivel de humedad que resultará de este sistema de climatización.

Es preciso mencionar que al producirse la vaporización del agua a temperatura ambiente, pueden desarrollarse bacterias como la legionela que pueden transportarse dentro del flujo de aire que se impulsa al local, lo que obliga a realizar un tratamiento bactericida eficaz sobre el agua de aportación.

No obstante, el enfriamiento evaporativo tiene un consumo energético tan bajo, que debería al menos ser considerado y evaluado en cada caso.

### 10.2.1. Descripción del sistema "E2I"

Combinando los principios del enfriamiento adiabático con la transferencia de calor sensible de los recuperadores de calor estáticos de placas, se configura el sistema bautizado como Enfriamiento Evaporativo Indirecto (E2I).

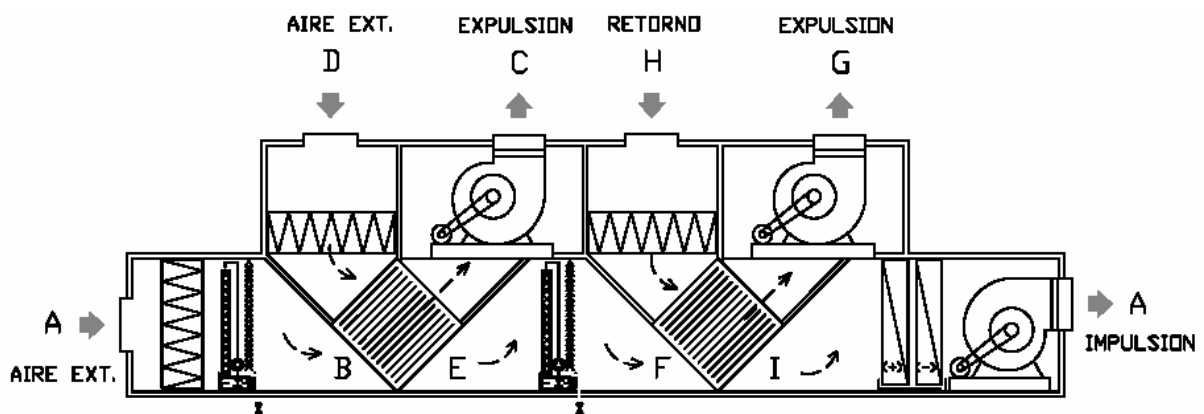


Figura 29. Climatizador con sistema "E2I".

Este sistema fue desarrollado por el autor de este Manual hace 25 años y divulgado formalmente en Junio de 1995 en el marco de un seminario internacional organizado por el IDAE y auspiciado por la Dirección General de Energía (DG XVII) de la Comisión Europea dentro del Proyecto THERMIE.

En Noviembre de 1996 fue incluido en los Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DITE 8.01.

En el sistema E2I, el aire enfriado mediante el sistema evaporativo convencional pasa al recuperador de placas, descargándolo nuevamente al exterior. Al mismo tiempo otro flujo diferente de aire utiliza el otro paso del recuperador, transfiriendo al primero (cuya temperatura seca es inferior) parte de su calor sensible.

En el ejemplo gráfico de la figura 30 en el que ambos flujos consideran aire exterior con las características de Proyecto en Madrid, las condiciones del aire en cada punto son las siguientes:

Punto	Ts (°C)	H.R (%)	Th (°C)	Ha (g/kg)	E (kJ/kg)
A	35.5	24	20.2	8.5	57.9
B	20.8	95	20.2	14.6	58.4
C	30.3	54	23.0	14.6	68.3
D	35.5	24	20.2	8.5	57.9
E	26.0	41	17.1	8.5	43.0
D-E	- 9.5				-14.9

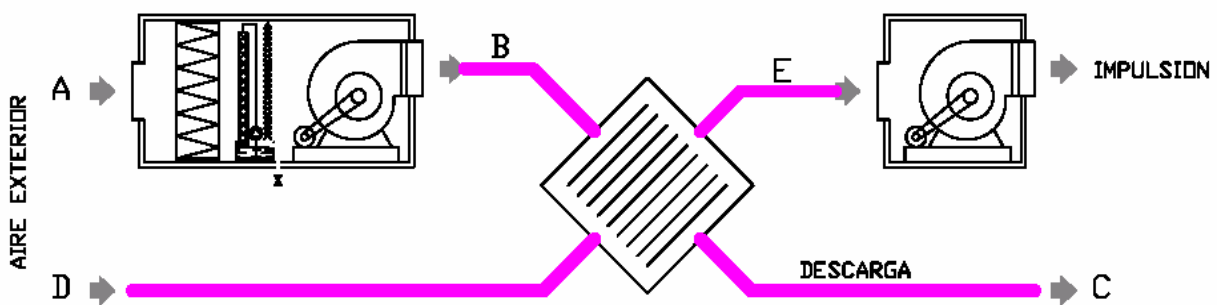


Figura 30. Sistema de refrigeración "E2I" (etapa 1).

Como puede comprobarse, el E2I es un proceso real de refrigeración, pues desde el punto D al E, además de la temperatura seca y el calor sensible, se reduce el valor entálpico.

Adicionalmente, no aumenta el contenido de humedad absoluta, ni plantea ningún problema la evaporación del agua, pues el aire impulsado al local no tiene contacto físico con ella.

Como muestra de las posibilidades del E2I, a partir de los valores obtenidos en el punto E, se continúa con una segunda etapa, en la que el enfriamiento obtenido se transfiere al aire de retorno.

Punto	Ts (°C)	H.R (%)	Th (°C)	Ha (g/kg)	E (kJ/kg)
E	26.0	41	17.1	8.5	43.0
F	17.6	95	17.1	12.0	48.3
G	22.4	71	18.7	12.0	53.2
H	25.0	50	17.9	9.9	50.5
I	20.2	67	16.2	9.9	45.4
H-I	-4.8				5.1

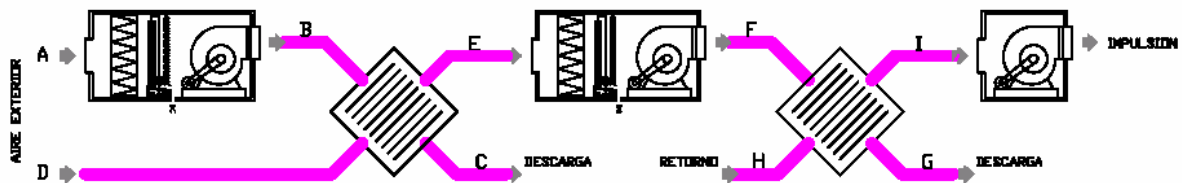


Figura 31. Sistema de refrigeración "E2I" (Completo).

Hay que destacar que en este ejemplo se aplican las condiciones extremas de Madrid, pues considerando otros puntos geográficos con clima más suave, o simplemente las condiciones medias del verano de cualquier ciudad, la temperatura de impulsión sería inferior a 17 °C.

Así, el sistema E2I demuestra su capacidad para conseguir por sí mismo la climatización de gran número de aplicaciones.

Igualmente, aporta un importante ahorro energético como apoyo de una instalación convencional de enfriadora con compresor, cuya intervención (según el caudal de aire empleado) podría quedar prácticamente limitada a cubrir la demanda latente.

Su representación psicrométrica se muestra en la figura 32.

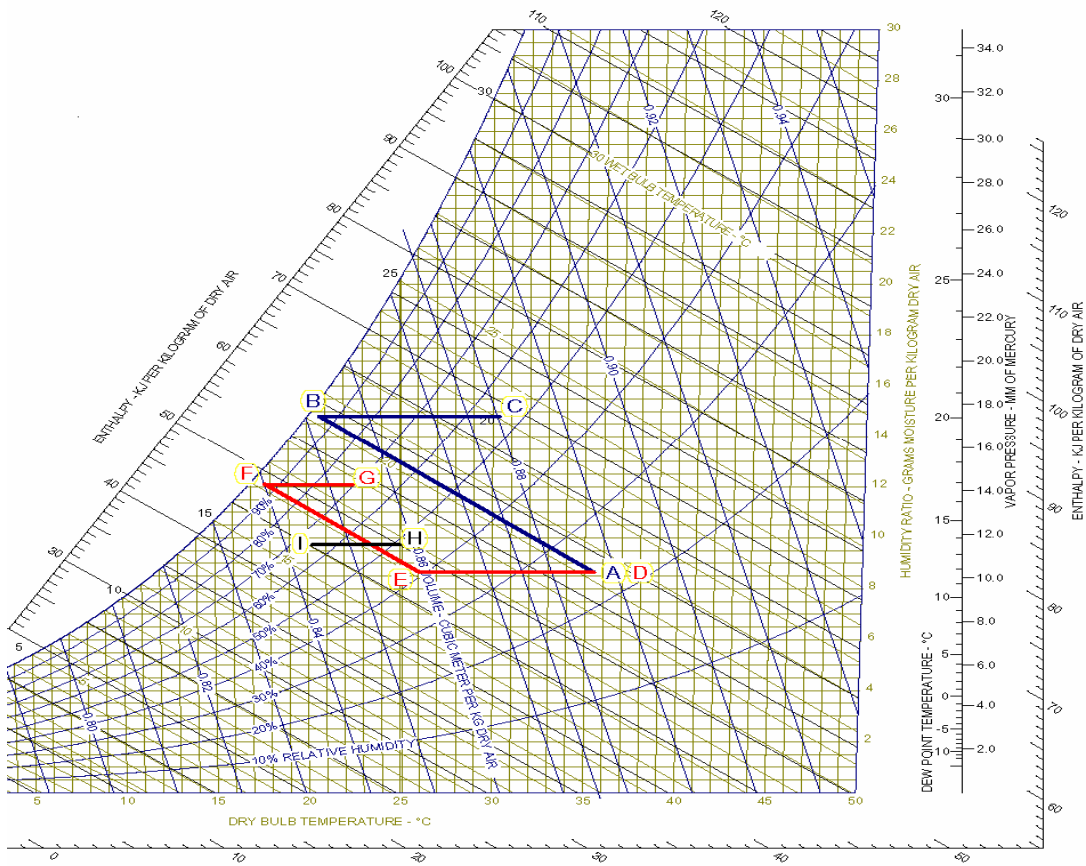


Figura 32. Representación psicrométrica.

RESUMEN INDIVIDUAL DE MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN

Nº	Medidas de optimización	Reducción	Consumo Base	Factor o Equivalencia	Agua m³	Combustible Litros	Electricidad kWh	Ahorro Euros	Inversión Euros	Amortizac. Años	Implantación
4	<b>AHORRO DE AGUA</b>										
4.1	Limpieza de habitaciones	12,50%	59.876	7.484,50	7.485	-	-	6.362	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	7.485	6,25	-	23.382	-	6.851	-	-	-
	SUMA 4.1	-	-	-	7.485	23.382	0,00	13.213	0	0,00	FÁCIL
4.2	Descargas periódicas	8,00%	59.876	4.790,08	4.790	-	-	4.072	10.200	2,51	FÁCIL
4.3	Accionamiento de grifos	4,80%	59.876	2.874,05	2.874	-	-	2.443	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	2.874	6,25	-	8.979	-	2.631	-	-	-
	SUMA 4.3	-	-	-	2.874	8.979	0,00	5.074	17.800	3,51	FÁCIL
4.4	Restrictores de caudal	11,70%	59.876	7.005,49	7.005	-	-	5.955	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	7.005	6,25	-	21.885	-	6.412	-	-	-
	SUMA 4.4	-	-	-	7.005	21.885	0,00	12.367	18.600	1,50	FÁCIL
4.5	Retorno de agua caliente	0,62%	59.876	371,23	371	-	-	316	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	371	6,25	-	1.160	-	340	-	-	-
	SUMA 4.5	-	-	-	371	1.160	0,00	656	250	0,38	FÁCIL
6	<b>ILUMINACIÓN</b>										
6.1	Iluminación exterior	3,60%	60.931	2.194	-	-	2.194	109	620	5,67	FÁCIL
6.2	Zonificación de circuitos	11,00%	229.553	25.251	-	-	25.251	1.258	2.800	2,23	FÁCIL
6.3	Iluminación en salones	35,00%	491.697	172.094	-	-	172.094	8.575	25.000	2,92	MEDIA
6.4	Atenuación lumínica	34,20%	229.553	78.507	-	-	78.507	3.912	8.500	2,17	MEDIA
6.5	Control de presencia	14,50%	317.407	46.024	-	-	46.024	2.293	2.850	1,24	FÁCIL
6.6	Control de presencia en hab.	14,60%	430.767	62.892	-	-	62.892	3.134	27.500	8,77	FÁCIL
6.7	Elementos Iluminación Interior	16,96%	1.152.017	195.324	-	-	195.324	9.733	7.500	0,77	
	Elementos Iluminación Exterior	24,14%	60.931	14.708	-	-	14.708	733	1.900	2,59	
	SUMA 6.7	-	-	-	-	-	210.032	10.466	9.400	0,90	FÁCIL
7	<b>CALEFACCIÓN Y A.C.S.</b>										
7.1	Producción calorífica	10,00%	100,00%	352.232	-	35.223	-	10.320	25.000	2,42	MEDIA
7.2	Regulación función exterior	9,40%	75,00%	147.357	-	10.389	-	3.044	5.700	1,87	MEDIA
7.3	Regulación habitaciones	11,25%	75,00%	147.357	-	12.433	-	3.643	9.000	2,47	FÁCIL
7.4	Arranque y parada optimizada	11,00%	25,00%	147.357	-	4.052	-	1.187	5.500	4,63	MEDIA
7.5	Recuperad. del aire extraído	12,80%	100,00%	147.357	-	18.862	-	5.526	16.400	2,97	MEDIA
8	<b>CLIMATIZACIÓN</b>										
8.1	Producción frigorífica	15,00%	50,00%	776.513	-	-	58.238	2.902	25.000	8,61	MEDIA
8.2	Circuitos secundarios	62,00%	9,00%	776.513	-	-	43.329	2.159	22.000	10,19	MEDIA
8.3	Variac. caudal aire	28,00%	14,00%	776.513	-	-	30.439	1.517	4.200	2,77	MEDIA
8.4	Temperatura agua fan-coils	9,50%	40,00%	776.513	-	-	29.507	1.470	5.200	3,54	MEDIA
8.5	Climatiz.habitac. Refrigeración	10,00%	40,00%	776.513	-	-	31.061	1.548	-	-	
	Climatiz. habitac. Calefacción	15,00%	75,00%	147.357	-	16.578	-	4.857	-	-	
	SUMA 8.5	-	-	-	-	16.578	31.061	6.405	13.600	2,12	MEDIA
8.6	Free-cooling	40,00%	10,00%	776.513	-	-	31.061	1.548	14.800	9,56	MEDIA
10	<b>OTRAS APLICACIONES</b>										
10.1	SCC Refrigeración	12,00%	100,00%	776.513	-	-	93.182	4.643	-	-	
	SCC Calefacción	12,00%	100,00%	352.232	-	42.268	-	12.384	-	-	
	SUMA 10.1	-	-	-	-	42.268	93.182	17.028	126.500	7,43	COMPLEJA

## REPERCUSION CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN

Nº	Medidas de optimización	Reducción	Consumo Base	Factor o Equivalencia	Agua m³	Combustible Litros	Electricidad kWh	Ahorro Euros	Inversión Euros	Amortizac. Años	Implantación
<b>4 AHORRO DE AGUA</b>											
4.1	Limpieza de habitaciones	12,50%	59.876	7.484,50	7.485	-	-	6.362	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	7.485	6,25	-	23.382	-	6.851	-	-	-
	SUMA 4.1	-	-	-	7.485	23.382	0,00	13.213	0	0,00	FÁCIL
4.2	Descargas periódicas	8,00%	59.876	4.790,08	4.790	-	-	4.072	10.200	2,51	FÁCIL
4.3	Accionamiento de grifos	4,80%	59.876	2.874,05	2.874	-	-	2.443	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	2.874	6,25	-	8.979	-	2.631	-	-	-
	SUMA 4.3	-	-	-	2.874	8.979	0,00	5.074	17.800	3,51	FÁCIL
4.4	Restrictores de caudal	11,70%	59.876	7.005,49	7.005	-	-	5.955	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	7.005	6,25	-	21.885	-	6.412	-	-	-
	SUMA 4.4	-	-	-	7.005	21.885	0,00	12.367	18.600	1,50	FÁCIL
4.5	Retorno de agua caliente	0,62%	59.876	371,23	371	-	-	316	-	-	-
	Calentamiento de agua	50,00%	371	6,25	-	1.160	-	340	-	-	-
	SUMA 4.5	-	-	-	371	1.160	0,00	665	250	0,38	FÁCIL
<b>6 ILUMINACIÓN</b>											
6.1	Iluminación exterior	3,60%	60.931	2.194	-	-	2.194	109	620	5,67	FÁCIL
6.2	Zonificación de circuitos	11,00%	229.553	25.251	-	-	25.251	1.258	2.800	2,23	FÁCIL
6.3	Iluminación en salones	35,00%	491.697	172.094	-	-	172.094	8.575	25.000	2,92	MEDIA
6.4	Atenuación lumínica	34,20%	229.553	78.507	-	-	78.507	3.912	8.500	2,17	MEDIA
6.5	Control de presencia	14,50%	317.407	46.024	-	-	46.024	2.293	2.850	1,24	FÁCIL
6.6	Control de presencia en hab.	14,60%	430.767	62.892	-	-	62.892	3.134	27.500	8,77	FÁCIL
6.7	Elementos Iluminación Interior	16,96%	979.214	166.026	-	-	166.026	8.273	7.500	0,91	
	Elementos Iluminación Exterior	24,14%	58.128	14.031	-	-	14.031	699	1.900	2,72	
	SUMA 6.7	-	-	-	-	-	180.057	8.972	9.400	1,05	FÁCIL
<b>7 CALEFACCIÓN Y A.C.S.</b>											
7.1	Producción calorífica	10,00%	100,00%	352.232	-	35.223	-	10.320	25.000	2,42	MEDIA
7.2	Regulación función exterior	9,40%	75,00%	132.621	-	9.360	-	2.739	5.700	2,08	MEDIA
7.3	Regulación de habitaciones	11,25%	75,00%	132.621	-	11.190	-	3.279	9.000	2,75	FÁCIL
7.4	Arranque y parada optimizada	11,00%	25,00%	132.621	-	3.647	-	1.069	5.500	5,15	MEDIA
7.5	Recuperad. del aire extraído	12,80%	100,00%	132.621	-	16.976	-	4.974	16.400	3,30	MEDIA
<b>8 CLIMATIZACIÓN</b>											
8.1	Producción frigorífica	15,00%	50,00%	776.513	-	-	58.238	2.902	25.000	8,61	MEDIA
8.2	Circuitos secundarios	62,00%	9,00%	776.513	-	-	43.329	2.159	22.000	10,19	MEDIA
8.3	Variac. caudal de aire	28,00%	14,00%	776.513	-	-	30.439	1.517	4.200	2,77	MEDIA
8.4	Temperatura agua en fan-coils	9,50%	40,00%	660.036	-	-	25.081	1.250	5.200	4,16	MEDIA
8.5	Climatiz. habitac. Refrigeración	10,00%	40,00%	660.036	-	-	26.401	1.316	-	-	
	Climatiz. habitac. Calefacción	15,00%	75,00%	132.621	-	14.920	-	4.372	-	-	
	SUMA 8.5	-	-	-	-	14.920	26.401	5.687	13.600	2,39	MEDIA
8.6	Free-cooling	40,00%	10,00%	696.862	-	-	27.954	1.393	14.800	10,62	MEDIA
<b>10 OTRAS APLICACIONES</b>											
10.1	SCC Refrigeración	12,00%	100,00%	660.036	-	-	79.204	3.947	-	-	
	SCC Calefacción	12,00%	100,00%	317.009	-	38.041	-	11.146	-	-	
	SUMA 10.1	-	-	-	-	38.041	79.204	15.093	126.500	8,38	COMPLEJA

	Agua m³	Combustible Litros	Electricidad kWh	Importe Euros	Inversión Euros	Amortizac. Años
CONSUMOS INICIALES	59.876	352.232	2.833.990	303.757		
AHORROS CONJUNTOS	22.525	184.751	857.667	116.016	416.301	3,59
REPERCUSIÓN %	37,62%	52,45%	30,26%	38,19%		