

Guía de Ahorro y Eficiencia Energética

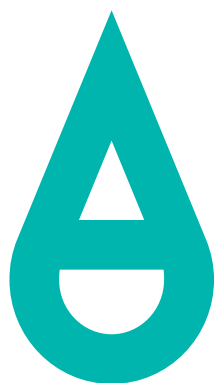


en Balnearios y Spas

Madrid Vive Ahorrando Energía



Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en balnearios y spas



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2011



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



La Suma de Todos



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

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

www.madrid.org

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

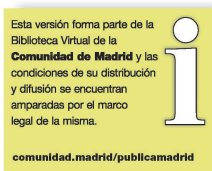
www.fenercom.com

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

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

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

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan. Tanto la Comunidad de Madrid como la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores ni de las posibles consecuencias que se deriven para las personas físicas o jurídicas que actúen o dejen de actuar de determinada forma como resultado de la información contenida en esta publicación.



Depósito Legal: M. 37.634-2011

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

Presentación

En los últimos años, se ha constatado una significativa variación en los hábitos de ocio y bienestar de la sociedad. Cada vez es más común frecuentar balnearios, centros de talasoterapia y spas, donde es posible disfrutar del tiempo libre y a la vez cuidar la salud, solos o en familia. Dichos centros son grandes consumidores de energía, por el tipo de servicios que proporcionan, y porque su objetivo es asegurar el confort del usuario.

Este sector tiene un gran potencial de ahorro, ya que son establecimientos que consumen energía durante largos periodos de tiempo y de muy diversas maneras (predominante empleo de agua, calefacción, refrigeración, iluminación, etc.), además de acoger a multitud de clientes.

Si bien este sector tiene un claro interés por el ahorro y la eficiencia energética, así como por el uso de energías renovables, en el caso de los centros que ya llevan abiertos cierto tiempo quedan muchas mejoras por hacer y en el caso de los centros de nueva construcción se deberían proyectar de manera que ya desde el principio, tanto el edificio/local como las instalaciones, sean totalmente eficientes. Con esta guía se pretende indicar las posibles medidas a adoptar para conseguir la eficiencia y el ahorro energéticos deseables en este tipo de instalaciones.

Por este motivo, la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid dirigen esta guía a los responsables de la gestión y mantenimiento de estas instalaciones como instrumento para conseguir rendimientos energéticos óptimos, sin provocar una disminución en el confort ni en la calidad del servicio prestado. También, se debe recordar que la aplicación de las medidas se puede completar con aspectos como: la formación, el entrenamiento del personal o la concienciación del usuario, tal y como lo viene haciendo la Comunidad de Madrid con la campaña **Madrid Ahorra con Energía**.

D. Carlos López Jimeno

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

Autores

- Capítulo 1. **Arquitectura pasiva para balnearios y spas**
Anne Vogt
Arquitecta Delegada Plataforma de Edificación Passivhaus, Madrid.
Karina Marte
Arquitecta Colaboradora Passiefhuisplatform, Bélgica.
- Capítulo 2. **Gestión de centros hidrotermales**
Antonio Pastor
Presidente
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE BALNEARIOS URBANOS Y SPAS SPATERMAL
www.balneariosurbanos.es
- Capítulo 3. **Auditorías energéticas en balnearios y spas**
Luis M^a Sánchez
Consejero Delegado
FNeNERGIA
www.fnenergia.com
- Capítulo 4. **Aislamiento térmico y acústico para balnearios y spas**
Penélope González
Departamento Técnico
URSA IBÉRICA AISLANTES
www.ursa.es
- Capítulo 5. **Divisiones y fachadas activas. Climatización invisible mediante agua que circula por la cámara de los cristales**
Fernando del Ama
Responsable Departamento Proyectos
Juan Antonio Hernández
Responsable Departamento I+D
INTELLIGLASS
www.intelliglass.com
- Capítulo 6. **Sistemas de ahorro de agua y energía en balnearios y spas**
Luis Ruiz Moya
Director General
TEHSA
www.tehsa.com

- Capítulo 7. **Recuperación de la energía de las aguas grises**
Jesús Soto Alfonso
Gerente de Alter Technica Ingenieros
Vicepresidente de la Plataforma Española de Passivhaus
ALTER TECHNICA INGENIEROS
www.altertech.es
- Capítulo 8. **Equipos altamente eficientes para calefacción y ACS en el sector terciario**
Albert Blanco
Departamento Solutions
BAXIROCA
www.baxicalefaccion.es
- Capítulo 9. **Deshumectación con bomba de calor y recuperación de calor en pequeñas piscinas de spas y balnearios urbanos**
Miguel Zamora
Director I+D+i
Natividad Molero
Departamento I+D+i
CIAT
www.ciatesa.es
- Capítulo 10. **Sistemas de tratamiento del aire para confort higrométrico y alta eficiencia energética para zonas húmedas y secas de un balneario. Ventilación eficiente**
Miquel Arbona
Gerente
MENERGA ESPAÑA
www.menerga.es
- Capítulo 11. **Eficiencia energética en la deshumidificación de aire de piscinas y en la generación de vapor para baños turcos o hammam**
Juan Boeta Tejera
Director General
TECNISECO INGENIEROS
www.tecniseco.es
- Capítulo 12. **Ayudas de la Comunidad de Madrid**
José Antonio González
Subdirector General de Promoción Industrial y Energética
Dirección General de Industria, Energía y Minas
COMUNIDAD DE MADRID
www.madrid.org

Índice

Capítulo 1. Arquitectura pasiva para balnearios y spas	15
1.1. Introducción	15
1.2. Bienestar en los balnearios	17
1.3. Historia de balnearios y spas	18
1.3.1. Baños romanos	19
1.3.2. Baños turcos	20
1.3.3. Baño temazcal	21
1.4. Elementos tradicionales bioclimáticos	23
1.5. Arquitectura pasiva actual	26
Capítulo 2. Gestión de centros hidrotermales	33
2.1. Los centros hidrotermales	33
2.2. El agua	34
2.3. Los medios	35
2.3.1. Para la prestación del servicio	35
2.3.2. Para el mantenimiento de los servicios	39
2.4. La energía	41
2.4.1. Fuentes de energía	41
2.4.2. Procedimientos habituales de ahorro	42
Capítulo 3. Auditorías energéticas en balnearios y spas	43
3.1. Primer paso para ahorrar en los balnearios: el estudio	43
3.1.1. Preparar y valorar el tipo de estudio a realizar	45
3.1.2. Toma de primeros datos	45
3.1.3. Prediagnóstico	47
3.1.4. Toma de datos final	47
3.1.5. Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones Posibles	50
Capítulo 4. Aislamiento térmico y acústico	51
4.1. Introducción	51
4.1.1. Confort térmico	51
4.1.2. Confort acústico	54
4.1.3. Reacción y resistencia al fuego	56

4.2.	Aislamiento térmico en un balneario y spa	57
4.2.1.	Conceptos básicos	57
4.2.2.	Aislamiento térmico de la envolvente	59
4.3.	Soluciones de aislamiento térmico	61
4.3.1.	Aislamiento térmico en cubiertas	61
4.3.2.	Aislamiento térmico en fachadas	63
4.3.3.	Suelos	65
4.4.	Ejemplo práctico	66
4.4.1.	Datos iniciales	66
4.4.2.	Consumo energético con aislamiento mínimo	67
4.4.3.	Consumo energético con valores de CTE	67
4.4.4.	Consumo energético con valores superiores a CTE	68
4.5.	Conclusiones	69
4.6.	Bibliografía	70
 Capítulo 5. Divisiones y fachadas activas. Climatización invisible mediante agua que circula por la cámara de los cristales		
		71
5.1.	Introducción	71
5.2.	Descripción del vidrio activo	71
5.2.1.	Vidrio Activo en fachadas y cubiertas	72
5.2.2.	Vidrio Activo como partición interior	73
5.3.	Estrategia energética del sistema de vidrios activos	74
5.3.1.	Homogeneización de fachadas acristaladas	74
5.3.2.	Enfriamiento evaporativo	75
5.3.3.	Sectorización y usos	75
5.3.4.	Confort térmico	75
5.3.5.	Inercia térmica	76
5.3.6.	Reducción del sistema de frío	76
5.3.7.	Calentamiento de piscinas	76
5.4.	Descripción de los elementos que definen el sistema de climatización	76
5.4.1.	Circuito secundario	77
5.4.2.	Circuito primario	78
5.5.	Ahorro energético	80
5.6.	Conclusiones	83
 Capítulo 6. Sistemas de ahorro de agua y energía en spa y balnearios		
		85
6.1.	Introducción	85
6.2.	Datos sobre el agua	87
6.3.	Otros conceptos a tener en cuenta	91
6.4.	Acciones generales para ahorrar agua y energía	95

6.5.	Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua	96
6.5.1.	Clasificación de soluciones eficientes en equipamiento sanitario	99
6.5.2.	Soluciones eficientes en el calentamiento del agua	114
6.5.3.	Técnicas en el diseño de circuitos presurizados y eficientes	115
6.5.4.	Técnicas eficientes de depuración y filtración	118
6.5.5.	Técnicas de cubrición térmica de vasos	119
6.6.	Consejos generales para economizar agua y energía	120
6.6.1.	En salas de calderas, calentadores y redes de distribución	120
6.6.2.	En los puntos de consumo	121
6.6.3.	En el centro y en puestos de trabajo de personal administrativo	121
6.6.4.	En jardinería y paisajismo	121
6.6.5.	En la limpieza de las instalaciones	122
Capítulo 7. Recuperación de la energía de aguas grises en el diseño de spas y vestuarios		123
7.1.	Introducción	123
7.2.	Identificación de los consumos de energía	124
7.2.1.	Piscinas	125
7.2.2.	Vestuarios y duchas especiales	128
7.3.	Recuperación de energía	129
7.3.1.	Intercambiadores agua/agua	130
7.3.2.	Bomba de calor	131
7.3.3.	Combinación de sistemas	132
7.4.	Conclusiones	134
Capítulo 8. Equipos altamente eficientes para calefacción y ACS en el sector terciario		137
8.1.	Introducción	137
8.2.	Calderas de condensación	139
8.2.1.	Principios básicos de la condensación	139
8.2.2.	Componentes especiales de una caldera de condensación	142
8.3.	Equipos de microgeneración	145
8.3.1.	Principios básicos de la microgeneración	145
8.3.2.	Componentes de un equipo de microgeneración mediante motor alternativo	147
8.4.	Caso práctico: hotel balneario a quinta da auga	151
8.5.	Conclusiones	155

Capítulo 9. Deshumectación con bomba de calor y recuperación de calor en pequeñas piscinas de spas y balnearios urbanos	157
9.1. Introducción	157
9.2. Condiciones generales de cálculo y diseño	158
9.2.1. Condiciones de confort térmico	158
9.2.2. Caudal de aire exterior de ventilación	158
9.2.3. Recuperación de calor en piscinas cubiertas	158
9.2.4. Cálculo del caudal de agua evaporada	159
9.3. Caso de estudio	160
9.3.1. Descripción del caso de estudio	160
9.3.2. Cálculos preliminares y selección de equipos	161
9.3.3. Simulación energética. Cálculo de la demanda térmica	162
9.4. Conclusiones	170
Capítulo 10. Sistemas de tratamiento del aire para confort higrométrico y alta eficiencia energética para zonas húmedas y secas de un balneario. Ventilación eficiente	173
10.1. Objetivo	173
10.2. Antecedentes	173
10.3. Necesidades de las zonas húmedas	174
10.4. Climatización de la piscina	176
10.5. Distintas estrategias de climatización	178
10.6. Optimización del régimen de deshumectación	182
10.7. Ventilación del resto de instalaciones del balneario	185
10.8. Colaboración	188
10.9. Bibliografía	190
Capítulo 11. Eficiencia energética en la deshumidificación de aire de piscinas y en la generación de vapor para baños turcos o hammam	191
11.1. Introducción	191
11.2. Eficiencia energética en la deshumidificación y climatización de piscinas cubiertas	192
11.2.1. Generalidades	192
11.2.2. Introducción	192
11.2.3. Potencia específica de ventilación (SFP) y cómo reducirla	195
11.2.4. ¿Cómo influye un intercambiador de calor en la eficiencia energética?	198

11.2.5.	Eficiencia energética total de los diferentes sistemas de deshumidificación de piscinas	199
11.2.6.	Conclusión	200
11.3.	Eficiencia energética en los baños de vapor o hammam	200
11.3.1.	Generalidades	201
11.3.2.	Tipos de generadores de vapor	202
11.3.3.	Control efectivo de la producción y del hammam completo	204
11.3.4.	Conclusión	204
11.4.	Bibliografía	205
Capítulo 12.	Ayudas de la Comunidad de Madrid	207
12.1.	Fomento del ahorro y la eficiencia energética	207
12.2.	Fomento de las energías renovables	209
12.3.	Planes renove de calderas	211
12.3.1.	Plan Renove de Calderas Individuales	211
12.3.2.	Plan Renove de Salas de Calderas	213

Arquitectura pasiva para balnearios y spas

1.1. Introducción

Este capítulo trata de la arquitectura que contiene a balnearios y spas, de la envolvente que alberga este tipo de usos.

El objetivo de este capítulo es señalar la importancia que juega un adecuado diseño arquitectónico para un correcto y eficiente funcionamiento de estos establecimientos.

Hoy en día existen máquinas y tecnologías cada vez más potentes para solucionar todos los problemas y hacer funcionar cualquier edificio diseñado sin criterios de eficiencia, pero cada diseño debería intentar conseguir una eficiencia con las medidas más sencillas desde el principio.

La definición de la palabra balneario según la Real Academia Española es la siguiente:

balneario, ria. (Del lat. *balnearĭus*).

1. adj. Perteneciente o relativo a los baños públicos, especialmente a los medicinales.
2. m. Edificio con baños medicinales y en el cual suele darse hospedaje.



Fotografía 1. Grabado y fotos actuales. Fuente: Balneario Alange.

En las imágenes se ve un grabado del año 1808 de las termas de origen romano en Alange, Extremadura, hoy convertido en un balneario moderno con todas las facilidades.

La palabra spa no está definida en la vigésima segunda edición de la Real Academia Española y su origen no está del todo claro. Algunos la asocian a un topónimo, a la ciudad belga Spa, que es conocida por sus baños y las propiedades curativas de sus aguas desde la época romana. Otros creen que su origen está en el latín, en la frase «salutem per aquam» (salud a través del agua).

Si se habla de la arquitectura de los balnearios y spas, no se debe olvidar que los grandes consumidores de energía en nuestra sociedad son los edificios. Dentro de los edificios, los grandes consumidores son, sin duda, los hoteles. Muchos balnearios son hoteles y muchos spas se encuentran dentro de hoteles.

En esta guía el enfoque es la eficiencia en cuanto a energía y agua, pero hablamos de usos con gran impacto medioambiental, de grandes productores de CO₂ y otros gases de invernadero, grandes cantidades de energía incorporada en los materiales y un elevado mantenimiento.

El consumo de energía depende de muchos factores, empezando con el diseño del proyecto, pasando por el clima del lugar, la tradición y cultura y la manera de usar el establecimiento. En los hoteles hablamos de un promedio de consumo de 280 kWh/m² año en Grecia o 420 kWh/m² año en Francia.

Ésta situación se ve agravada por la ubicación de los hoteles, balnearios o spas que a menudo se encuentran en paisajes con naturaleza protegida, en la costa o en islas con recursos limitados.

Otro punto a tener en cuenta es la estacionalidad, cuando su uso va asociado al turismo, los consumos se concentran en cortas épocas del año.

El último punto a destacar es elevado grado de bienestar que se pretende conseguir en los balnearios y spas por su objetivo de curación o relajación.

1.2. Bienestar en los balnearios

El confort de un espacio se percibe a través de los estímulos del entorno. Los estímulos se reciben a través de los sentidos: vista, gusto, oído, olfato y tacto; por esa razón, independientemente del concepto con el que estén concebidos (ocio, religioso o medicinal), todos buscan estimularlos positivamente para garantizar el confort.

La temperatura de confort es la base del cálculo energético y va de la mano del sentido del tacto. Esta se determina a través de la cantidad de vestimenta que se lleva y del tipo de actividad realizada. En la UNE-EN 28996, en su apartado de *Ergonomía*, se encuentra una tabla en la que aparece la velocidad del metabolismo que corresponde a cada actividad. Según esta tabla, la actividad que se realiza en un balneario corresponde a una actividad «Baja» de 100 W/m². Esta se define como '*una actividad sentada, con desplazamientos ligeros (<1,0 m/s)*'.

Debido a esta clasificación y a los cálculos que arroja la cuantificación del índice de THTG (Temperatura húmeda – Temperatura de globo), se llega a la conclusión de que la temperatura de confort es de 30 °C para una persona aclimatada al calor y de unos 29 °C para una que no lo está.

El tacto es también estimulado con la alternancia entre el calor y el frío de las piscinas o entre las saunas y los cuartos fríos de relajación, combinados éstos a su vez con los masajes curativos o relajantes.

El olfato, va de la mano del tacto, ya que los masajes suelen aplicarse con aceites de agradables aromas, desde los calmantes hasta los vigorizantes. Los inciensos son un toque característico, con aromas a cítricos que suelen mezclarse con el vapor y la humedad.

El sonido se toma en cuenta con caídas de agua y música ambiental, no hay nada más relajante que el sonido del agua.

La vista es más que estimulada, relajada, ya que los tonos neutrales y la luz baja inducen al descanso. El juego de luces es generalmente tenue y preferiblemente natural, como la adquirida a través de los tubos solares, en caso de no poder instalar ventanas.



Fotografía 2. Control de energía en agua y ambiente. Fuente: Alter Technica.

El gusto, no menos importante, suele cerrar el ciclo y estimularse a través de té y postres dulces en algunos baños.

1.3. Historia de balnearios y spas

Habitualmente se distingue entre balnearios y spas por su objetivo: cuando su fin es sobre todo terapéutico se habla de balnearios, y cuando el uso es más asociado al ocio y la relajación de spas.

Tanto balnearios como spas tienen en común el uso del agua en distintas y variadas formas que por falta de espacio no son objeto de este artículo. En el caso

de los balnearios se usa agua con propiedades minero-medicinales procedente de fuentes o manantiales.

Mayoritariamente, se usa el agua en piscinas e inmersiones, pero también se usa el agua como vapor para su inhalación.

Los baños se remontan a las viejas civilizaciones. Los egipcios, griegos, romanos, y los pueblos prehispánicos en América ya tenían esta costumbre.

A continuación se hace una breve descripción de tres baños tradicionales diferentes, los dos primeros usando el agua sobre todo para inmersiones, el tercero en forma de vapor.

En la historia de estas civilizaciones, los baños no constituían rituales de unos pocos minutos; sino que adquiría connotaciones religiosas que se entremezclaban con el placer, la ostentación de la riqueza y la utilización de aceites y esencias aromáticas. Dichos hábitos también se veían mezclados con la medicina.

1.3.1 Baños romanos

Entre los romanos, los baños eran cuestión de status; aunque no era algo exclusivo de la clase adinerada, pues, en los cruces de caminos, había una pila de mármol para que los humildes pudieran bañarse.

Por lo regular se acudía a imponentes baños públicos. Eran verdaderos palacios donde podían bañarse hasta 2.500 personas. Los bañistas que ingresaban a estos «templos del aseo» confiaban sus túnicas a los guardarropas o *capsarii*. Después pasaban al *frigidarium*, donde se bañaban con agua fría, y al *tepidarium* de agua tibia. Luego los esperaba el *caldarium*, una especie de sauna que provocaba abundante transpiración. Más tarde, unos servidores, los *strigile* se dedicaban a limpiarles el sudor y depilarlos. Acto seguido, los *tractatores* o masajistas distendían los músculos de sus clientes para luego dar paso a los *unctores*, quienes los untaban con aceites perfumados.

Estrategia de climatización y agua caliente sanitaria

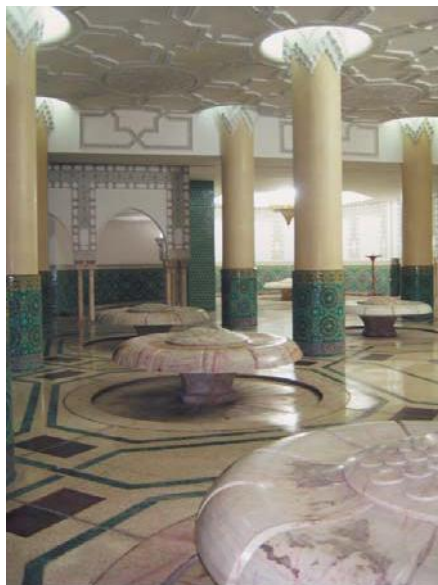
El agua del *tepidarium* y el *caldarium* se calentaba con un sistema de calefacción consistente en una caldera de madera y cámara subterránea que se llama

genéricamente por el nombre griego de *hipocaustis*. Esta cámara subterránea se localizaba bajo las salas citadas y se sostenía con pilares de ladrillo. El fuego que la calentaba se avivaba desde la caldera o *praefurnium*. El calor se transmitía al suelo y paredes del *tepidarium* y del *caldarium* a través de diversos conductos formados por estrechos tiros de chimeneas situados entre los muros, que tenían también como misión expulsar el humo producido en el *hipocaustis* por encima de las bóvedas o tejados que cubrían las termas.

Es importante destacar la habilidad de los romanos a la hora de resolver la disposición de las aguas residuales. En el siglo IV a.c. comenzaron la construcción de la Cloaca Máxima, que funcionaba como una planta de desagüe y duró mucho tiempo después de la caída del imperio romano. Tito Livio la describe como una cloaca excavada en el suelo, aunque otras fuentes dicen que éstas estaban al aire libre. Se dice también, que los canales debieron irse cerrando debido al crecimiento de la ciudad y a la necesidad de invadir los terrenos por donde éstas pasaban. Los desperdicios eran acarreados al Tiber, que corría paralelamente a la ciudad.

1.3.2 Baños turcos

Turquía, uno de los tantos lugares conquistados por los romanos, recibió y asumió estos baños de tal manera, que han llegado a formar parte de su religión, cultura y sociedad.



Fotografía 3. Casablanca. Fuente: Anne Vogt.

Al ser descendientes directos de los baños romanos, poseen la misma estructura espacial, aunque en su idioma correspondiente:

- *Apoditherium* / *al-bayt al-maslaj*: Sala de vestuario.
- *Frigidarium* / *al-bayt al-barid*: Sala fría.
- *Tepidarium* / *al-bayt al-wastani*: Sala templada.
- *Caldarium* / *al-bayt al-sajun*: Sala caliente.
- *Praefurnium* / *al-burma*: Caldera.
- *Hypocaustis* / *al-furn*: Horno.
- *Lucernae* / *Madawi*: Lucerna.

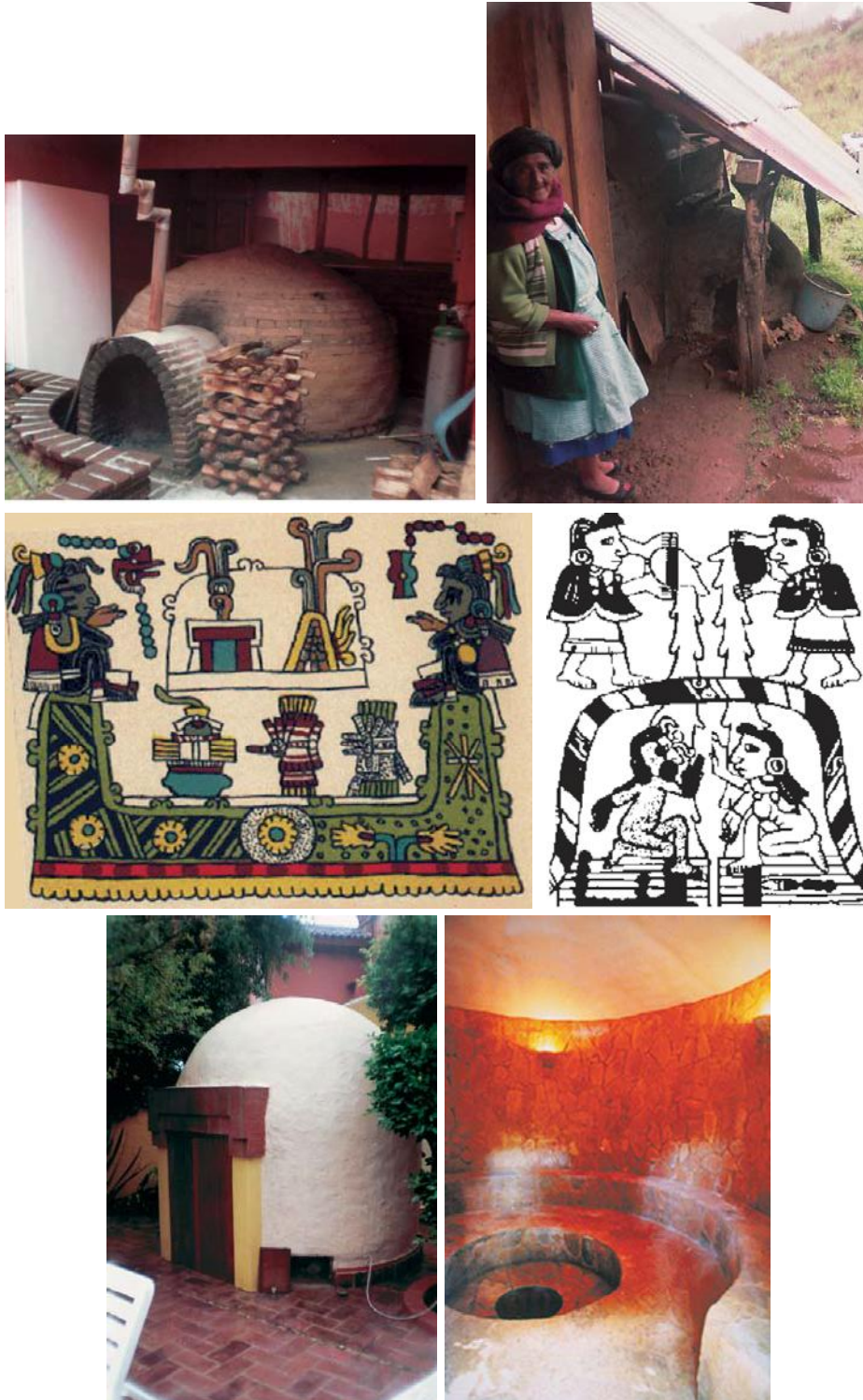
Los edificios que contienen estos baños, ya sean de origen natural o no, eran edificados con gruesos muros de hormigón de cal hidráulica, y las bóvedas construidas con piedra o ladrillos. Los muros interiores estaban recubiertos con un duro estuco, algunas veces policromado, para poder limpiarlo fácilmente. El suelo era de mármol o de ladrillo. Los materiales dependían, en la mayoría de los casos, del lugar de emplazamiento del proyecto. En Turquía están contruidos con mármol y en España con adobe y revestidos con cerámicas. En las bóvedas de las salas se abrían pequeños tragaluces o lucernas, llamadas en árabe *midwa* que eran de piedra o de cerámica. Sus formas son geométricas, y cumplían una doble misión: primero daban luz cenital, y en segundo lugar regulaban la cantidad de vapor y calor de las salas según se abrían o cerraban los cristales que las tapaban. Las *madawi* eran muy llamativas, con cristales de diferentes colores, y algunos poetas de la época las comparaban con estrellas.

1.3.3 Baño temazcal

Se ha elegido este tipo de baño de vapor como ejemplo porque es parecido a la sauna finlandesa de vapor pero menos conocida y proviene de un clima cálido.

El temazcal es un baño de vapor prehispánico que se usa en gran parte de México y Centroamérica y que juega aún un papel importante entre las poblaciones indígenas.

El nombre es *nahuatl*, el idioma de los aztecas: *temaz* significa vapor y *calli* casa. Los temazcales se dedican a la diosa *Temazcaltoci* y sirven para curar múltiples enfermedades.



Fotografía 4. Temazcales en Oaxaca, México. Fuente: Anne Vogt.

La versión más común del temazcal es una habitación pequeña (1,8 x 1,8 x 1,2m), muchas veces con forma de iglú, por la que se entra a cuatro patas por una abertura pequeña. Esta abertura simboliza el útero y el temazcal el vientre de la madre tierra. Los indígenas entienden las enfermedades como desequilibrios de los cuatro elementos tierra, fuego, agua y aire dentro del cuerpo y con el uso del temazcal se intenta equilibrarlos.

Parecido al uso de ramas de abedul en la sauna finlandesa, en el temazcal se usan hierbas, por ejemplo el orégano para estimular la piel.

El baño de temazcal tiene además significados religiosos o tradicionales, en la imagen mixteca se ve la representación de la retirada de una monarca para dar a luz. Antiguamente, las mujeres daban a luz dentro del temazcal y se quedaban 40 días dentro, bajando poco a poco la temperatura desde 50°C para minimizar el trauma del nacimiento del niño.

En la otra imagen, se ve la representación del rito de usar el temazcal el quinto día después de la boda.

Hoy en día se usa una nueva forma de temazcales, casi exclusivamente en hoteles dentro del programa spa. Son edificios ligeramente más grandes, con el calor en medio y bancos alrededor (ver imagen a la derecha).

El material de construcción tradicional suele ser adobe como representación del elemento tierra. La estrategia de acondicionamiento es muy sencilla, en el exterior se hace el fuego (primera imagen) y por dentro se echa agua con hierbas o esencias sobre la parte de la pared que se calienta para crear el vapor.

1.4. Elementos tradicionales bioclimáticos

Las estrategias bioclimáticas que determinan el diseño de los baños han sido estudiadas y mejoradas a lo largo de los siglos, ya sea para ser adaptadas a los climas donde eran introducidos o a la función para la que estaban concebidos. Siempre la relajación y la limpieza han sido un factor común, pero los griegos los utilizaban básicamente como parte del acondicionamiento de sus atletas, los turcos con un toque religioso y los pueblos indígenas para la curación de enfermedades.

Cabe destacar que las estrategias bioclimáticas de los baños, como en cada diseño, son determinadas por el lugar donde son edificados, pero también es cierto que existen parámetros fijos a ser tomados en cuenta, estos son:

Inercia térmica, que influye directamente en el tipo de materiales seleccionados para el acabado interior. Lógicamente esto excluye la posibilidad de aislamiento interno en el recinto. Si el edificio requiere de una sauna finlandesa, esta es construida en el interior, y este espacio sí puede y debe tener un acabado aislante, típicamente madera. La inercia nos ayuda a regular el salto térmico y evita que el calor no solo esté contenido en el aire, garantizándonos así un margen de calor o frío del que podemos disponer.



Fotografía 5. Centro de hidroterapia. Fuente: Hidroingenia.

Compacidad de la envolvente, pues energéticamente resulta más eficiente al tener menos superficie en contacto con el exterior y por ende menos pérdidas.

Cargas internas, su aprovechamiento es interesante en los meses donde la radiación solar es menos intensa y hay que tomarlas en cuenta en verano para evitar un sobrecalentamiento. Estas cargas internas son cedidas por los visitantes, los equipos y los diferentes usos como piscinas. Éstas últimas son las que más aportan, pero se debe ser bastante cuidadoso y evitar al máximo estas pérdidas, por el alto uso energético que conlleva su reposición. Determinar la temperatura de confort de nuestro edificio es un punto neurálgico a la hora de calcular el consumo y las pérdidas. Basarse en el primer principio de la termodinámica «La cantidad total de energía cedida por un sistema de temperatura elevada, es absorbida por la

de menor temperatura», indica claramente el problema. Sin embargo, equilibrar ambos factores resulta una tarea complicada.

Ventilación. Antiguamente se abrían los lucernarios para ventilar y así eliminar el exceso de humedad, en la actualidad existen equipos de ventilación con recuperación de calor y humedad muy eficientes que no solo ventilan sino que además recuperan gran porcentaje del calor del aire viciado.

Los sistemas de ventilación reducen el riesgo de condensación aunque los puentes térmicos y el control de fugas indeseadas no pueden ser dejados de tomar en cuenta.

Tratamiento de los huecos al exterior. Se refiere al dimensionamiento según orientación, protección y tipo de ventana o puerta. Por lo regular son colocados huecos de menor tamaño al norte y los de mayor al sur. La dirección del viento también nos da una orientación, y nos indica el emplazamiento de los patios interiores, que tienen tanta influencia sobre la humedad.

En ocasiones se puede recurrir a métodos bioclimáticos tales como «muros trombe» o invernaderos, para aprovechar el calentamiento pasivo.

Materiales. En la arquitectura bioclimática se recomienda el uso de materiales de la zona en la que se encuentra la obra o lo más próximos posibles. Estos materiales deben ser seleccionados a su vez por sus propiedades, su impacto medioambiental en general, su energía gris incorporada, su participación en gases de efecto invernadero y la función que van a desempeñar.

Terminaciones de alta densidad como pueden ser piedras del sitio, para poder suplir las necesidades de inercia térmica en el interior; como también la selección de materiales aislantes para conservar nuestro calor.

Acabados pulidos que faciliten la limpieza y la calidad de los espacios interiores.

Colores claros en cubiertas que nos ayuden a evitar el sobrecalentamiento o bien cubiertas ajardinadas o ventiladas, que cumplen también con la misma función.

Jardines y patios interiores no son simplemente decorativos, estos son entes reguladores de la humedad y por ende, del confort. Las fuentes con circulación de agua, espejos de agua, plantas de hojas anchas típicas de zonas húmedas y pasajes sombreados, tan típicos en estos jardines, aportan la humedad necesaria en

los meses secos y calurosos del verano. Estas zonas son destinadas al enfriamiento, tras un cálido baño en una de las piscinas.

1.5. Arquitectura pasiva actual

En los climas cálidos a menudo se confunden los conceptos *inercia térmica* y *aislamiento*. La inercia térmica es la capacidad de un material de almacenar calor y es fundamental porque así nos garantiza una mayor estabilidad de la temperatura interior y menos dependencia de la fluctuación de la temperatura en el exterior. Pero la masa térmica no aísla. La energía se va poco a poco por la envolvente.

Si el edificio se usa esporádicamente, como en el caso del temazcal, y la masa térmica supone un tiempo de retardo de por ejemplo ocho horas, no importa no aislar el edificio, ya que el baño ya habrá acabado en cuanto se enfríe el edificio. Al tener masa térmica, la energía inicial para calentar va a ser mayor, pero en las zonas de climas cálidos, los materiales aislantes son poco conocidos e igualmente menos necesarios al tener un salto térmico más pequeño.

En climas fríos con un salto térmico mayor se emplean tradicionalmente, para usos parecidos, materiales con menor conductividad térmica, por lo tanto más aislantes, como la madera en las saunas de los países nórdicos.

En los balnearios o spas se puede hablar de un uso permanente. Si se quiere hablar de una eficiencia elevada, es imprescindible aislar bien la envolvente por el exterior, independiente de la inercia térmica que se use en el interior del edificio.

Si no se aísla el edificio, el aporte de calor tiene que ser continuo y por la alta temperatura que se precisa, si no se puede llegar con la radiación solar disponible, se necesitan energías renovables o no renovables.

Antes de pensar en usar energía renovable o no renovable, se debería pensar en una eficiencia energética elevada.

El estándar de eficiencia energética más eficiente del mercado y conocido en 50 países es el estándar *Passivhaus* o «Casa Pasiva» y una envolvente diseñada según sus criterios sería la envolvente ideal para un balneario o spa.

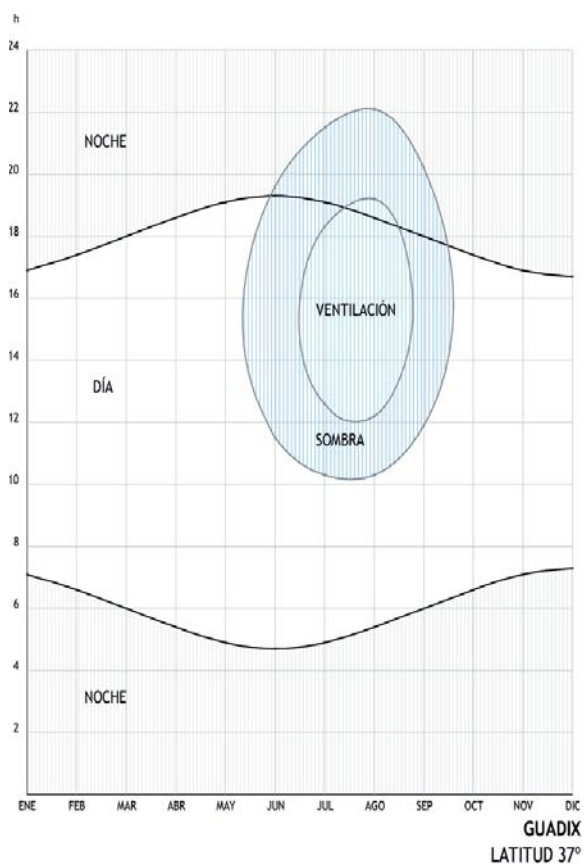
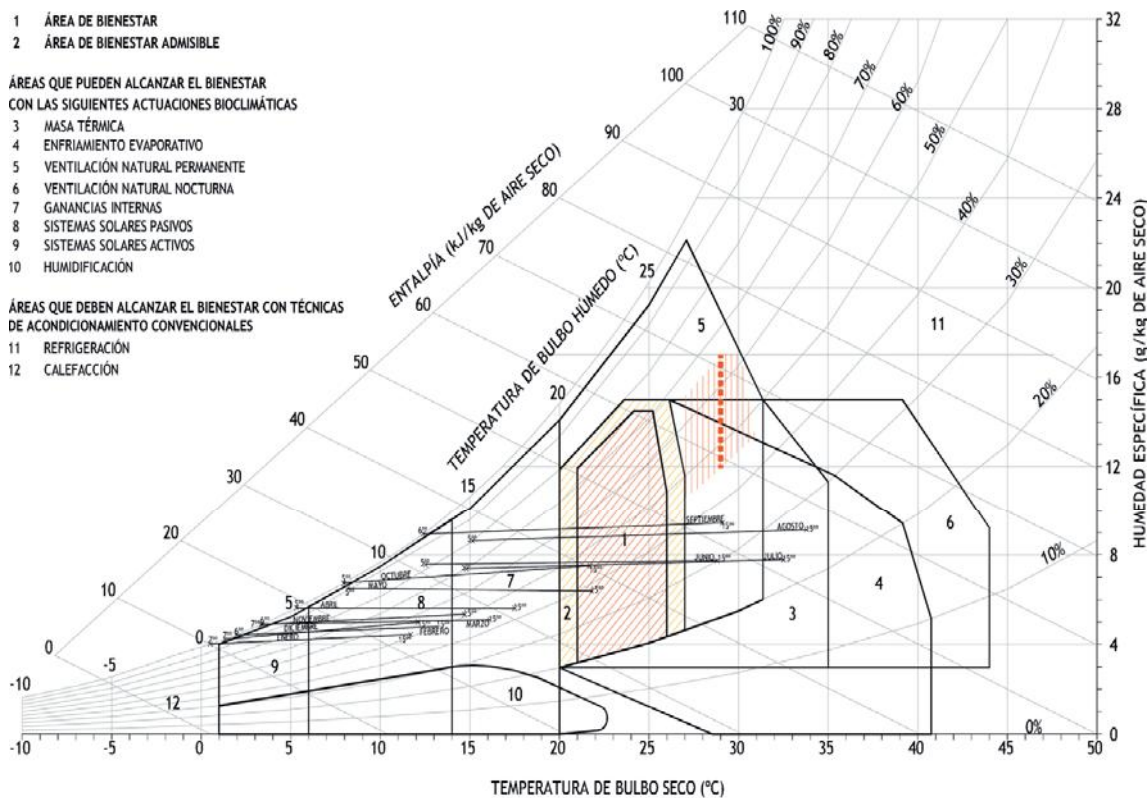


Figura 1. Climogramas del sur de España. Fuente: Anne Vogt.

El estándar Passivhaus se desarrolló en los años 90 en Alemania, un país centroeuropeo frío, pero hay que tener en consideración que el salto térmico de un balneario o spa en España es más parecido a un edificio normal en un clima frío. En el climograma de isopletas a la izquierda se aprecia, por meses y horas, las horas que hace falta sombrear, azul oscuro, y cuando es necesario ventilar, azul turquesa. El resto del año la temperatura exterior está por debajo del confort y es necesario aportar energía, lo ideal sería cumplir esta demanda con radiación solar.

El climograma de Olgay es otra representación de la zona de bienestar. La zona de bienestar está marcada en naranja, con una zona ampliada en amarillo. El bienestar dentro de un balneario está marcado como una línea naranja a 29 °C con una humedad entre el 45% y el 65%. Se aprecia claramente que se encuentra alejado de la zona del bienestar habitual igual que de las temperaturas y humedades relativas del lugar.

A continuación aparece una tabla de un ejemplo en el sur de España donde se muestra el incremento de la demanda energética a mayor temperatura en el interior. La temperatura de 20 °C se eligió para tener una referencia con edificios a una temperatura a la que estamos acostumbrados:

Comparación Temperatura*	Demanda de calefacción (kWh/m ² a)	% de la energía necesaria a 29°C	Carga de calefacción (W/m ²)	Sobrecalentamiento (%)	Carga de refrigeración (W/m ²)
20 °C	44	25%	21	0	3
26 °C	123	70%	35	0	3
27 °C	140	80%	37	0	3
28 °C	157	89%	39	0	3
29 °C	176	100%	41	0	3
30 °C	194	110%	44	0	3

*Comparación con envolvente 3 del spa sin cargas internas, sobrecalentamiento 32°C.

Figura 2. Comparación de temperatura en un ejemplo. Fuente: Anne Vogt.

El edificio está bien aislado pero el aumento de la temperatura es muy significativo.

La siguiente tabla muestra 12 escenarios del mismo edificio para determinar la temperatura del agua y del aire minimizando las pérdidas por evaporación:

Escenarios	Condiciones del agua y ambientales						Equipo Deshumectador				Calefacción	
	T° agua °C	T° aire °C	Capacidad Máx. de Deshu- mectación kg/h	Carga por Evaporación		Wt	kg/h	m³/h	kWe	kWh/m²-a	Carga	
				Punta	Media							Wt
	°C	°C	kg/h	Wt	Wt	Wt	kg/h	m³/h	kWe	kWh/m²-a	Wt	
1		26	22,10	14.052	7.026	21,6	4.700	5,8	133,0	6.433,9		
2		27	20,67	13.213	6.607	18,1	4.500	5,6	152,0	6.970,1		
3	26	28	19,57	12.329	6.165	18,1	4.500	5,6	171,0	7.327,5		
4		29	18,20	11.397	5.699	18,1	4.500	5,6	190,0	7.685,0		
5		30	18,55	10.414	5.207	14,5	3.500	4,4	210,0	8.042,4		
6		27	23,43	14.956	7.478	21,6	4.700	5,8	152,0	6.970,1		
7		28	22,12	14.072	7.036	18,1	4.500	5,6	171,0	7.327,5		
8	27	29	20,76	13.139	6.570	18,1	4.500	5,6	190,0	7.685,0		
9		30	19,10	12.156	6.078	18,1	4.500	5,6	210,0	8.042,4		
10		28	24,84	15.914	7.957	21,6	4.700	5,8	171,0	7.327,5		
11	28	29	23,47	14.987	7.494	21,6	4.700	5,8	190,0	7.685,0		
12		30	22,02	13.999	7.000	21,6	4.700	5,8	210,0	8.042,4		

Figura 3. Escenarios para determinar temperatura, ejemplo. Fuente: Alter Technica.

Las cargas internas de balnearios y spas son grandes, sobre todo de las piscinas. En éstas tenemos pérdidas por evaporación, por radiación, por convección, por renovación y por transmisión dependiendo de varios factores.

La carga interna más significativa para el edificio son las pérdidas por evaporación.

A continuación, se muestra una tabla del mismo ejemplo pero con una envolvente menos aislada y considerando las cargas internas de evaporación para calentar el edificio:

Comparación Carga interna piscina*	Carga de evaporación (W/m ²)	Demanda de calefacción (kWh/m ² a)	Carga de calefacción (W/m ²)	Sobrecalentamiento (%)	Carga de refrigeración (W/m ²)
20 °C	55,95	40	64	93	50
26 °C	65,38	27	64	100	59
27 °C	84,37	13	64	100	78

*Comparación con proyecto original de spa, temperatura interior 29°C, sobrecalentamiento 32°C.

Figura 4. Comparación de cargas internas, ejemplo. Fuente: Anne Vogt.

Prácticamente sería posible calentar un edificio con las pérdidas de las piscinas y otros usos aunque carece de sentido por el mayor gasto que supone su reposición.

Es más lógico que la energía latente de las pérdidas de la piscina se recupere mediante el método electromecánico, los deshumectadores, para cerrar el ciclo y reaprovecharla para calentar de nuevo el agua de la piscina. Este sistema tiene una recuperación bastante alta, el resto de carga interna sí debería ser considerada para dimensionar correctamente el sistema de calefacción o ACS y para evitar un sobrecalentamiento en verano.

Por lo tanto, lo ideal sería considerar como independientes el edificio de los usos: las pérdidas de las piscinas y otros usos se recuperan lo mejor posible para su propio ciclo de energía y el edificio se aísla lo mejor posible para evitar pérdidas por la envolvente.

En los balnearios y spas, como en todos los edificios, el problema de condensaciones se debe tener en cuenta.

Las fugas indeseadas son causa de condensaciones, muchas veces dentro de las capas de la envolvente y por lo tanto no perceptible hasta que causan mayor daño.

Para conseguir el estándar *Passivhaus* es obligatorio hacer un test Blower Door, un test de presión. El test somete al edificio a una presión de 50 Pascales y se mide la renovación del aire por las fugas indeseadas. No se debe confundir estanqueidad con hermeticidad, el sistema de ventilación con recuperación de calor se encarga de una correcta ventilación higiénica. Una ventilación por fugas indeseadas nunca puede ser suficiente ya que depende y varía según las condiciones del exterior como temperatura y dirección del viento.

Los puentes térmicos son otro punto a tener en cuenta, por un lado, por la pérdida energética que suponen y, por el otro, por el problema de condensaciones.

Como conclusión, se puede repetir que la arquitectura y la ingeniería siempre deben ir de la mano, complementándose y no usar la tecnología para arreglar un edificio con pocos criterios de eficiencia y como consecuencia con pocos conceptos de sostenibilidad. Somos capaces de hacer funcionar cualquier edificio pero siempre se debería valorar desde el principio y desde el sentido común cuales son las estrategias más sencillas a seguir.

A continuación, se muestra un ejemplo que los proyectos diseñados con criterios bioclimáticos y de eficiencia energética no tienen por qué ser menos «arquitectónicos» como temen algunos técnicos y clientes, sino al revés, tienen un valor añadido.



Fotografía 3. Paradise Bay. Fuente: Karina Marte.

2.1. Los centros hidrotermales

Los centros hidrotermales son los establecimientos que prestan servicio de termalismo utilizando el agua como medio de sus operaciones.

Los centros hidrotermales se dividen en tres tipos en función del tipo de agua que utilizan:

- Balnearios tradicionales.
- Centros de talasoterapia.
- Balnearios urbanos o spas.

Balnearios tradicionales

Los balnearios tradicionales utilizan agua minero medicinal que ha de estar declarada de utilidad pública. Cuentan con la licencia correspondiente de la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria. Los balnearios tradicionales están inscritos como «Centros de Salud» en las Consejerías de Sanidad de las distintas administraciones autonómicas.

Estas aguas suelen emerger de los manantiales a altas temperaturas.

Centros de talasoterapia

Los centros de talasoterapia utilizan agua de mar y han de estar situados en las inmediaciones de la costa. Han de contar con la licencia de las tres administraciones posibles, es decir, Ministerio de Fomento, Ley de Costas, Comunidad Autónoma y Ayuntamiento. Estos centros suelen estar inscritos como «Centros de Salud».

Junto con los spas, estos centros son de los que más energía necesitan para elevar la temperatura, dado su origen.

Balnearios urbanos y spas

Los balnearios urbanos y spas utilizan agua de la red general de abastecimiento. Algunos de estos centros están inscritos como «Centros de Salud».

Junto con el agua de los centros de talasoterapia, los spas son de los que más energía necesitan para elevar la temperatura, dado su origen.

2.2. El agua

Balnearios tradicionales

Los centros cuentan con manantiales de agua con determinadas características minero medicinales y temperatura. Los servicios se prestan mediante bañeras individuales o «circuitos de agua colectivos», así como en cabinas con envolturas y demás elementos. El agua del manantial que se emplea, generalmente, es de un solo uso y no suele depurarse. Éste agua se ha de ajustar a las temperaturas propias de cada servicio y no siempre son las originales del manantial.

Centros de talasoterapia

Los centros han de obtener el agua de las zonas próximas a la orilla del mar. Los servicios se prestan mediante bañeras individuales o «circuitos de agua colectivos», así como en cabinas con envolturas y demás elementos. El agua de mar que se emplea, generalmente, es de un solo uso y no suele depurarse. Éste agua se ha de ajustar a las temperaturas propias de cada servicio.

Balnearios urbanos y spas

Los centros han de obtener el agua de la red general de abastecimientos mediante acometida o, incluso, de pozos particulares. Los servicios se prestan me-

diante «circuitos de agua colectivo». También se realizan servicios individuales por medio de bañeras individuales, si bien no es lo habitual. El agua que se emplea en circuito cerrado se depura y se filtra. Este agua se ha de ajustar a las temperaturas propias de cada servicio.

2.3. Los medios

Para la prestación de los servicios en las adecuadas condiciones de confort y eficacia, los centros hidrotermales cuentan con un amplio abanico de equipos, que se exponen a continuación:

2.3.1. Para la prestación del servicio

Hidromasaje

Dotadas de camas y asientos, así como chorros (fotografía 1):



Fotografía 1. Piscina de hidromasaje.

- Piscina de hidromasaje, a 34° C, 36° C o 38° C.
- Bañeras de hidromasaje, a 36° C.

Sudoración

Termas, a 50° C y 7% de humedad (fotografía 2).



Fotografía 2. Terma.

- Turcos, a 45° C y 99% de humedad.
- Saunas, a 80/90° C y 20% de humedad.

Contrastes

Piscina de tonificación, poza fría, etc., a 15° C (fotografía 3).



Fotografía 3. Piscina de tonificación.

- Ducha bitérmica.

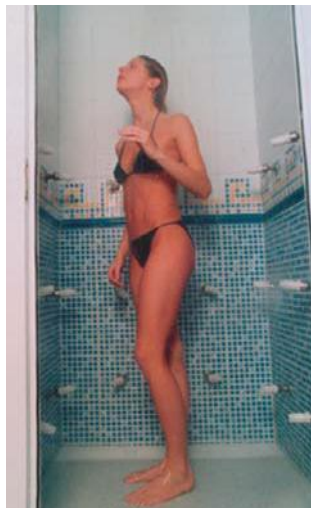
Otros equipamientos

Pediluvio bitérmico (fotografía 4).



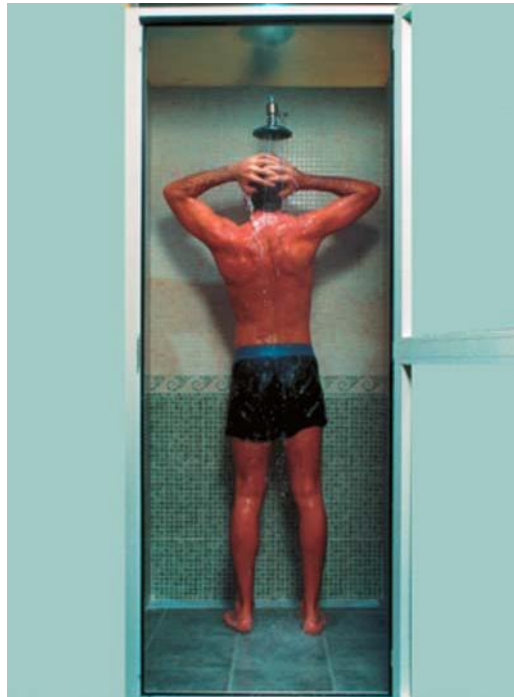
Fotografía 4. Pediluvio.

- Lodárium a 45° C y 75% de humedad, para aplicar barro, algas y demás envolturas.
- Flotárium piscina con el agua a 38° C y una concentración de sal del 30%.
- Ducha escocesa, bitérmica, ascendente y envolvente (fotografía 5).



Fotografía 5. Ducha escocesa.

- Ducha de aceites esenciales, bitérmica (fotografía 6).



Fotografía 6. Ducha de aceites esenciales.

- Chorro Jet bitérmico (fotografía 7).



Fotografía 7. Chorro Jet.

- Cabina húmeda con ducha Vichy para masaje y tratamientos en camilla bajo ducha.
- Cabinas para masajes y tratamientos.

2.3.2. Para el mantenimiento de los servicios

Tratamiento de las aguas

Se utilizan diversos sistemas de tratamiento del circuito cerrado de circulación (fotografía 8):

- Depuración, mediante sustancias químicas como el cloro o el bromo y mediante electrolisis salina, ozono, etc.
- Filtrado, mediante dispositivos de arenas o diatomeas.
- Estas instalaciones han de aportar un 5% de agua nueva diariamente y soportan un recirculación de entre 20 minutos y 2 horas en función de las dimensiones de los vasos.



Fotografía 8. Tratamiento de aguas.

Calentado del agua

Se cuenta con calderas de gas o electricidad que mantienen la temperatura del agua entre 34° C y 38° C según el equipamiento.

También cuentan con acumuladores de agua sanitaria a la temperatura conveniente.

Enfriado del agua

Se cuenta con enfriadoras que mantienen la temperatura final hasta 15° C.

Climatización y deshumectación

El centro ha de contar con equipos de climatización, tanto de las instalaciones del circuito de agua, como de las cabinas y demás instalaciones del centro. La temperatura no ha de superar los 32° C y la humedad no puede superar el 70%, salvo en las dependencia específicas como el Turco.

Aparatología

Los centros a veces cuentan con una serie de equipos desde los de luz pulsada o laser para depilaciones, como de mesoterapia, cavitación, etc. (Fotografías 9 y 10).

Además cuentan con equipos informáticos y de sonorización.



Fotografías 9 y 10. Termo-estimulación corporal y foto-depilación.

2.4. La energía

Por lo que ya se ha expuesto, se cuenta con una serie de instalaciones y equipos en los que, en unos casos se ha de elevar la temperatura del agua, en otros, como la piscina de tonificación o las duchas bitérmicas, se ha de bajar la temperatura. En las termas, turcos y saunas, las temperaturas van de 45° C a 80° C, sin olvidar que ha de tratarse con medias y altas concentraciones de humedad, todo ello teniendo en cuenta que el usuario se encuentra vestido únicamente por el bañador y ha de tener una temperatura ambiente confortable.

El resultado es que este capítulo de los costes de los centros hidrotermales suele ser el segundo en cuantía, tras los costes de personal, por lo que su control es imprescindible para la buena marcha del negocio. El despilfarro o la utilización de los medios menos adecuados para un consumo eficiente, suelen debilitar el futuro de los establecimientos.

Como consecuencia de todo ello, la gestión eficaz de la energía es una asignatura imprescindible de «aprobar» y, además con nota, pues va en ello, en algunos casos, la viabilidad de la empresa.

2.4.1. Fuentes de energía

En la antigüedad, la elevación de las temperaturas en los centros, cuando no se contaba con fuentes naturales como los manantiales de aguas termales, se producía mediante el carbón o la leña. La celebres Termas de Caracalla, que utilizaban agua de una fuente situada a las afueras de Roma, para lo que Claudio mandó construir un acueducto que conducía las aguas al recinto, contaban con una serie de calderas de leña en las que hacía subir la temperatura del agua y de las dependencias de que disponía.

Tras la aparición de los derivados del petróleo y el gas licuado, se han utilizado estos combustibles en las grandes instalaciones.

Para las demás instalaciones, generalmente, de menor dimensión, la electricidad y el gas son los medios más habituales.

Ya en la actualidad otras fuentes como la fotovoltaica, la solar o incluso la biomasa se están empleando cada vez más, tanto en la elevación de la temperatura del agua como en la generación de la electricidad que luego se emplea e, incluso, se vierte a la red.

2.4.2. Procedimientos habituales de ahorro

Cada centro revisa y cambia, siempre que puede, las condiciones de las contrataciones con las compañías suministradoras con la intención de ahorrar en este capítulo tan importante. Pero, a veces, si no se cambia algún elemento de la instalación, no se consigue un verdadero ahorro con vista a un consumo eficiente y más económico. Por eso es tan importante analizar, desde antes de iniciar la construcción de un centro, las distintas opciones y configuraciones que eviten el despilfarro de la energía y sus elevados costes.

Entre los procedimientos más habituales que se utilizan en los centros hidrotermales está el uso de «mantas» o cubiertas que cubren las láminas de agua de las piscinas cuando no están en servicio. Su uso puede ser equivalente a 4/5 grados centígrados, en función de su ubicación geográfica.

El control y ajuste de las horas de funcionamiento de las calderas por las noches en función de las necesidades es otro procedimiento común. Ha de tenerse en cuenta, que, en condiciones normales, se necesita una hora por cada grado a recuperar.

Auditorías energéticas en balnearios y spas

3.1. Primer paso para ahorrar en los balnearios: el estudio

El primer paso a dar a la hora de ahorrar energía en balnearios o spas es realizar un estudio lo más exhaustivo posible de las instalaciones, así como del edificio y su envolvente con el fin de conocer la situación actual de todos ellos y marcar así un punto de partida para la búsqueda de soluciones y mejoras que permitan un ahorro de energía sin perder el nivel de confort.

Como hemos visto anteriormente, estos establecimientos pueden ser de varios tipos, por lo que lo primero es juzgar qué tipología de estudio previo o auditoría se ajusta más a las medidas de sus posibilidades.

Para ello nos centraremos en el consumo anual de energía y la forma de uso o consumo de la misma del balneario o spa.

No sería viable realizar una auditoría energética a un establecimiento cuyo consumo energético anual sea pequeño y no pase de 5.000 €.

Es aquí donde optaríamos por un sencillo estudio de eficiencia.

Si el centro tuviera un consumo de entre 5.000 y 50.000 € nos ajustaríamos a una diagnosis. Y si ya el consumo de energía anual superara los 50.000 € es aquí donde encajaría la auditoría energética.

Las auditorías energéticas son estudios integrales mediante los cuales se analiza la situación energética en el conjunto arquitectónico del edificio y las instalaciones que el mismo contiene buscando así la consecución de un conjunto de soluciones que desemboquen en un gasto energético menor, un mejor mantenimiento de los equipos y siempre sin disminuir la sensación de confort de los usuarios.

Como es lógico, todas las acciones propuestas, así como las finalmente implementadas, se llevarán a cabo de acuerdo a la normativa vigente.

Es importante que la auditoría energética sea llevada a cabo por profesionales con formación y experiencia en este tipo de proyectos de optimización energética. Con ello nos aseguraremos que el trabajo se habrá realizado con la mayor calidad posible y nos permitirá conseguir la mayor tasa de ahorro de nuestras instalaciones.

A continuación, describimos paso a paso el orden a seguir al realizar una auditoría energética en un balneario o spa:

- Estudio detallado de la edificación, prestando especial atención a su envolvente y aislamiento térmico.
- Estudio de las instalaciones y equipos existentes, realizando mediciones y registros de sus parámetros principales de funcionamiento:
 - Sistemas térmicos, mecánicos y eléctricos (productores y consumidores).
 - Sistemas de climatización (calefacción y refrigeración).
 - Sistemas de producción, gestión y suministro de agua caliente sanitaria (A.C.S.).
 - Sistemas de ventilación.
 - Sistemas de iluminación.
 - Horario de ocupación del balneario o spa.
- Evaluación de los parámetros térmicos y eléctricos.
- Análisis del entorno ambiental, introduciendo soluciones de arquitectura e ingeniería bioclimática.
- Estudio de técnicas alternativas a las utilizadas en producción de energía.
- Análisis económico de las soluciones propuestas.
- Sustitución de fuentes de energía obsoletas o sistemas de funcionamiento con baja eficiencia.

3.1.1. Preparar y valorar el tipo de estudio a realizar

Antes de dar el primer paso, debemos tener un amplio conocimiento de las instalaciones que vamos a auditar así como de preparar todo lo necesario para que el trabajo se realice de manera más fluida. Por ello debemos tener en cuenta:

- Planos, tipos de contratos, facturas, cuestionarios y todo tipo de documentación relacionada con la instalación y su funcionamiento energético.
- Permisos de acceso y los contactos necesarios para la posterior toma de datos que llevaremos a cabo en las visitas acordadas.
- Deberemos tener preparadas con antelación las fichas de actuación que rellenaremos con datos reales en las visitas al balneario.
- Los equipos necesarios para realizar las mediciones deberán estar en perfectas condiciones
- Deberemos realizar un estudio exhaustivo de la zona en términos de climatología, infraestructuras, posibilidades de suministro energético, legislación vigente, etc., para tener una idea clara de localización del balneario. No es lo mismo la situación de una talaso en primera línea de costa o un balneario de montaña o un urbano. Solo la situación marca muchas diferencias.

3.1.2. Toma de primeros datos

Con todos los aspectos anteriores tenidos en cuenta es el momento de realizar una visita a las instalaciones para tener una primera toma de contacto. En esta primera visita, podremos tener, a simple vista, una primera estimación básica de las instalaciones y de las posibilidades de actuación, basándonos en parámetros sencillos como: el estado de conservación de las edificaciones y sistemas, los niveles de confort térmicos o el grado de iluminación de las mismas, por citar algunos.

Vamos a conocer de manera general las características energéticas más importantes para poder conocer el potencial de ahorro y decidir el tipo de estudio que llevaremos a cabo. Para ello, es preciso que dispongamos de una serie de datos específicos dentro de unas áreas concretas:

Agua y su mantenimiento

- Estudiaremos el tipo de contrato de suministro y las facturas, así como los consumos.
- Analizaremos los suministros de agua, tanto para las piscinas y spas como para el resto de equipos (acondicionamiento y refrigeración).

Debemos tener claro que si mejoramos las condiciones de consumo de este elemento es tan importante como el energético pues es uno de los pilares que sustenta el negocio del balneario. Cualquier problema, por pequeño que sea, se verá reflejado directamente en el consumo y por consecuencia en la cuenta de explotación.

Eléctrica

- Al igual que con el agua, estudiaremos el contrato de suministro y deberemos conseguir datos como: compañía suministradora, número de acometidas y potencia en cada una de ellas, tipo de tarifa, potencia total contratada y tensión de suministro.
- A través de las facturas tendremos información de la energía consumida por el centro anualmente, su coste medio, la tasa de utilización de la potencia contratada, la discriminación horaria, la energía reactiva, etc.
- Realizaremos mediciones a través de analizadores de redes, etc., con lo que tendremos una percepción real de la situación en que se encuentra la instalación.

Térmica

- El primer paso será exactamente igual a lo ocurrido con el agua y la electricidad.
- Revisando las facturas conseguiremos obtener la cifra de consumo total de combustible anual y su coste.

3.1.3. Prediagnóstico

Una vez adquiridos los datos del apartado anterior, podremos valorarlos y tener una idea de la situación energética y de funcionamiento de las instalaciones del balneario estudiado. Ahora conoceremos cuales son los principales consumos y el tipo de energía más utilizado además de otros datos que deberemos tener en cuenta a la hora de confeccionar el informe final del estudio o auditoría.

Es, en este punto, donde entra valorar la eficiencia energética del balneario en su conjunto calculando el valor del ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida (kWh/m²). Debemos calcular también el valor de la eficiencia de la iluminación de las instalaciones así como el de la instalación de climatización y la del tratamiento del agua.

3.1.4. Toma de datos final

Este es el momento en el que procederemos a recoger datos de manera exhaustiva y precisa, consiguiendo una «radiografía» del consumo energético existente, de sus sistemas y de sus procesos, con el fin de disponer así de manera clara y ordenada de la información necesaria para la realización del estudio definitivo. ¿Qué datos no deben faltar?:

De carácter general

- Identificación del balneario.
- Contactos y datos de las personas responsables.
- Capacidad y periodos de utilización.
- Análisis de su ubicación y del entorno.

De construcción

- Antigüedad de la edificación.
- Tipo y orientación del edificio.

- Estudio de los planos para conocer superficies (m²) y alturas (m) de las plantas de los edificios.
- Estudio de los cerramientos exteriores y sus aislamientos.
- Estudio de las distribuciones de agua y aire.
- Estudio de las temperaturas requeridas en las diversas estancias: spa, despachos, vestidores, cafetería, salas de masajes.
- Datos sobre instalaciones, recuperadores de calor, bombas de circulación, sistemas de regulación automática, equipos de apoyo eléctricos, etc.
- Análisis de la zonificación existente.

De climatización

- Planos de instalaciones existentes.
- Estudio de las condiciones interiores (temperatura y humedad).
- Estado de funcionamiento y conservación de los equipos de tratamiento y calefacción del agua tanto para las piscinas como para ACS.
- Datos del estado general de la instalación (equipos, aislamientos, tuberías, etc.) y del mantenimiento realizado.
- Análisis del tipo de instalación terminal, incluyendo la naturaleza y el tipo de los equipos climatizadores.
- Estudio de los equipos distribuidores de agua fría, prestando especial interés a su potencia eléctrica.
- Toma de datos de los climatizadores, analizando su estado y funcionamiento, caudales de aire, ventiladores, baterías de frío y de calor, humidificadores, equipo de ciclo economizador, etc.
- Tipo de distribución de los fluidos térmicos en las diversas zonas.
- Análisis de la zonificación existente.

De iluminación

- Dimensiones de los espacios iluminados.
- Planos de las instalaciones y los circuitos eléctricos de alumbrado.
- Ubicación y altura de los puntos de luz.
- Tensión y factor de potencia.
- Número de luminarias y estudio del tipo y las características técnicas de las mismas, prestando especial atención a su potencia.
- Estudio de sistemas de regulación de encendido.
- Mediciones de los niveles lumínicos.
- Estudio de la calidad del mantenimiento realizado y las tareas de limpieza de luminarias y lámparas.
- Características del alumbrado fluorescente:
 - Número, composición y distribución de luminarias.
 - Altura de techo y ubicación de luminarias.
 - Estudio del tipo de tubos, potencia, color de luz y fabricante.
 - Cuadros de distribución eléctrica con circuitos diferenciados.
 - Estudio sobre el tipo de reactancia, balasto y sistema de regulación.
 - Análisis sobre regulación: potenciómetro, sensor de iluminación, etc.

De alumbrado exterior

- Análisis de las distintas zonas a iluminar.
- Estudio del alumbrado existente, analizando los distintos niveles de iluminación.
- Comprobación de la seguridad eléctrica y mecánica.

Del consumo y tratamiento del agua

- Consumo anual de agua y coste.
- Estudio de los equipos productores de agua caliente sanitaria.
- Distribución actual del consumo y almacenamiento.
- Estudio de la red de distribución en busca de fugas.
- Análisis de las necesidades reales de consumo.
- Estudio de sistemas ahorradores de agua.
- Necesidad de realización de un tratamiento.

3.1.5. Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones Posibles

Una vez culminado el último paso ya podemos tener una idea clara y veraz sobre la situación real del balneario y de las instalaciones existentes. Ya solo nos queda plasmar e interpretar todos los datos en un documento que incluya desde las posibles soluciones hasta la amortización de las inversiones pasando por la valoración de las soluciones económicamente y de los ahorros producidos y la priorización de la ejecución de las acciones a realizar.

4.1. Introducción

Vivimos en una sociedad donde el confort térmico y acústico de los edificios es un valor que damos por supuesto en ellos. Esto es especialmente importante cuando nos centramos en edificios destinados a balnearios y spas, donde este confort va a ser crítico ya que son edificios donde la comodidad y el relax del usuario es la razón de ser del mismo.

Se debe además construir estos edificios siguiendo unos criterios de sostenibilidad, es decir, no se puede pretender que el criterio de confort se consiga a base de introducir energía en el edificio ya que consumirá un exceso de energía que realmente no va a ser necesaria si aislamos la envolvente del edificio. Esto significa que aislando la envolvente conseguiremos el confort térmico adecuado con un consumo mínimo de energía.

4.1.1. Confort térmico

Aislamiento térmico

El confort térmico consiste en mantener a una temperatura confortable el interior del balneario y el spa.

Para conseguir estos niveles de confort, cada vez se necesitará introducir más energía debido a que los sistemas son cada vez más sofisticados. Más de un tercio de la energía que se consume en Europa es debida a los edificios, siendo los otros dos tercios emitidos por la industria y el transporte. Esto equivale a que un 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera son debidos a los edificios.

De este porcentaje del uso de la energía, una parte importante se destina a la climatización de los edificios, calefacción en régimen de invierno y refrigeración en régimen de verano.

Para realizar un ahorro de la energía consumida en los balnearios y spas, lo lógico será por tanto incidir primero sobre una de las zonas de mayor consumo energético: la climatización de estos edificios. Si se logra reducir la demanda de climatización (calefacción y refrigeración) el ahorro de energía que conseguiremos será mayor ya que no será necesario introducir energía constantemente para tener una temperatura confortable.

Para ahorrar energía en edificación se debe aplicar la Regla de las Tres Reducciones que conforma la Tríada Energética.



Regla de las Tres Reducciones

Las Tres Reducciones para cumplir con la Tríada Energética son:

- Reducir la demanda de energía evitando pérdidas energéticas e implementando medidas de ahorro energético. Esta regla va a ser la base del ahorro sobre la que se sustenta el resto de los ahorros que se van a producir en el edificio.
- El uso de fuentes energéticas sostenibles en vez de combustibles fósiles renovables. El fomento de las energías renovables será un segundo paso para un edificio energéticamente sostenible.
- Producir y utilizar la energía fósil de la forma más eficiente posible. Con sistemas cuyo rendimiento sea el más optimizado posible se utiliza el mínimo de energía.

La Tríada Energética es un modo de gestionar la energía para conseguir ahorro energético, reducción de la dependencia energética y beneficios medioambientales, manteniendo el confort y el progreso.

La aplicación de este principio en los edificios, implica que un buen aislamiento es el requisito previo para tener edificios sostenibles que consuman la menor energía posible manteniendo el confort interior del edificio.

Aislando el edificio, además de conseguir esta homogeneización de la temperatura en el interior, se mejoran otros aspectos como son:

- Pared fría.
- Formación de condensaciones superficiales.

Condensaciones superficiales

Es importante evitar la formación de condensaciones superficiales en el interior del edificio ya que estas pueden producir patologías que afectan a la salud del usuario del balneario / spa.

En las zonas donde no hay aislamiento, en climas con mucha humedad interior y una diferencia de temperaturas importante, etc., pueden producirse condensaciones superficiales que se manifiestan con la formación de moho en zonas infra-aisladas. En edificios como balnearios o spas, esta exposición puede ser, por un lado, mucho más intensa que en otro tipo de edificios por el uso que va a haber en ellos y, por otro, más peligrosa porque el usuario de los mismos puede tener problemas que se vean agravados por esta exposición al moho.

Por ello, en el aislamiento del balneario y el spa se debe tener un especial cuidado en los puentes térmicos, intentando aislarlos en todo momento para evitar esta formación de condensaciones.

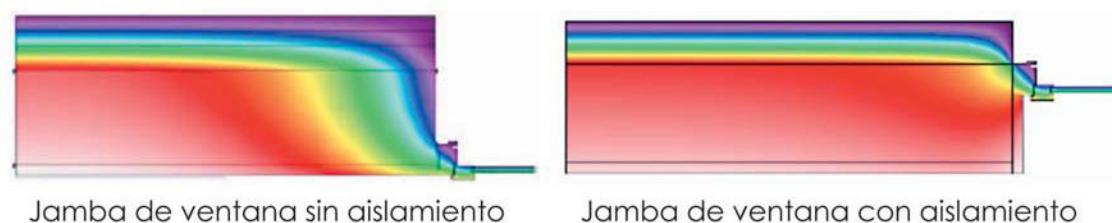


Figura 1. Simulación termográfica de jamba de ventana.

En esta simulación termográfica se puede observar cual va a ser la influencia del aislamiento en la temperatura de la pared que puede ocasionar el fenómeno

de condensaciones superficiales.

Se observa en el primer gráfico, donde la jamba de la ventana no tiene aislamiento, que se pierde calor conforme nos acercamos a la carpintería de la ventana, es en esta zona de pérdida de temperatura donde se puede llegar a la «temperatura de rocío» y por tanto producirse condensaciones superficiales que darán lugar al moho.

En el segundo gráfico, donde el contorno de la ventana está aislado, la pared va a tener una temperatura continua que evita la formación de condensaciones en su superficie.

Pared fría

En ocasiones se puede tener una temperatura en el interior del edificio confortable, pero al acercarse a una pared exterior sentir como este elemento «radia» frío o calor hacia el interior; esto se produce cuando en la pared no hay aislamiento y el frío que hay en el exterior se irradia hacia el interior. Es una situación que genera un disconfort en los usuarios del edificio y que puede generar problemas a la hora de la distribución del mismo, ya que habrá zonas que deban ser evitadas debido a esa bajada de temperatura al lado de las fachadas.

Para evitar la sensación de pared fría en un edificio, el aislamiento que se coloque debe ser lo más continuo posible evitando discontinuidades así como tener un espesor continuo, de esta forma se asegura una homogeneidad térmica a lo largo de la envolvente que garantiza el confort en el interior del edificio.

4.1.2. Confort acústico

Uno de los grandes problemas de los edificios actuales es la transmisión del ruido a través de ellos.

Está demostrado científicamente que la contaminación acústica puede causar diferentes enfermedades como:

- Trastornos del sueño.
- Estrés.

- Irritabilidad.
- Alteraciones del ritmo cardíaco y respiratorio.
- Falta de concentración.

En un balneario / spa, el confort acústico va a ser primordial para garantizar que los usuarios se encuentren en un ambiente relajado donde poder conseguir todos los beneficios que este tipo de edificios ofrecen a las personas que los utilizan.

Aplicando soluciones aislantes a las separaciones entre ambientes ruidosos (emisores) y zonas de descanso (receptores) dentro del balneario o spa y con el exterior, aseguramos importantes beneficios para nuestra salud en clave de descanso, relajación y calidad de vida personal.

Los diferentes ruidos que se pueden encontrar en un balneario / spa son:



- Ruido procedente del exterior.
- Ruido de las estancias adyacentes.
- Ruido de las instalaciones del edificio.

Uno de los objetivos planteados a lo largo del capítulo será cómo conseguir a la vez el confort térmico y el confort acústico en el balneario y spa, colocando sistemas que proporcionen ambas propiedades.

4.1.3. Reacción y resistencia al fuego

Las propiedades de la reacción del material de construcción al fuego y la resistencia al fuego del elemento constructivo deben ir de la mano con las propiedades térmicas y acústicas, ya que interesará conseguir sistemas constructivos lo más completos posibles que den varias propiedades a la vez.

Reacción al fuego

Es una propiedad de los materiales, se utiliza para describir cómo se ven afectados los materiales cuando sufren el ataque del fuego.

Esta característica se mide mediante pruebas estandarizadas que tienen el objetivo de evaluar la reacción ante el fuego de los materiales en lo referente a los siguientes elementos:

- Velocidad de liberación de calor
- Velocidad de propagación de la llama
- Velocidad de producción de humo, gases tóxicos...
- Velocidad de producción de gotas/partículas inflamadas.

Estos parámetros se pueden comprobar mediante una prueba de no-combustibilidad, una prueba de combustión única o una prueba de inflamabilidad. El uso de cada una de las pruebas depende de la clasificación del material, de acuerdo con el sistema de ensayo unificado para toda Europa, las Euroclases.

Resistencia al fuego

La resistencia al fuego es una característica de los elementos constructivos. Indica el tiempo que un elemento permanece estable, estanco y protege al lado no expuesto al fuego.

La resistencia al fuego es una característica del conjunto del elemento constructivo y se clasifica mediante la clase REI:

- R: Capacidad de carga. Es el tiempo mínimo que el elemento es capaz de resistir una carga determinada para un nivel de fuego.
- E: Integridad. Es el tiempo mínimo que la construcción evita el paso de un fuego.
- I: Aislamiento. Es el tiempo mínimo que tarda el lado frío de la construcción en llegar a una temperatura determinada.

4.2. Aislamiento térmico en un balneario y spa

4.2.1. Conceptos básicos

Para poder definir un óptimo aislamiento térmico que garantice el ahorro y la eficiencia energética en un balneario y spa, se necesitan definir unos conceptos básicos sobre aislamiento térmico.

Conductividad térmica (λ)

Es la capacidad de un material de conducir el calor.

Cuanto más bajo sea el valor de λ mejor será la calidad aislante del material.

Resistencia térmica (R)

Es la capacidad de un producto de resistir el flujo de calor que lo atraviesa. Está relacionado con el espesor del producto y el valor lambda.

Viene definido por la fórmula:

$$R = e/\lambda$$

Donde «e» es el espesor del material que se está colocando y «λ» es el valor de conductividad térmica del material.

Cuanto más alto sea el valor R, mejor será el aislamiento de la capa de material.

Transmisión térmica (U)

Es la cantidad de calor que atraviesa un elemento constructivo (como una pared exterior) debido a la diferencia de temperaturas en cada lado. Está relacionado con el valor de la resistencia térmica de cada una de las capas que componen el cerramiento.

Se expresa con la fórmula:

$$U = 1 / \sum (R_{si} + R_i + R_{se})$$

Donde «R_{si}» y «R_{se}» son las resistencias superficiales interior y exterior definidas por la norma dependiendo de la dirección del flujo de calor y «R_i» son las diferentes resistencias térmicas de todas las capas que componen el elemento constructivo.

Cuanto más bajo sea el valor U, mejor será el aislamiento.

Puente térmico

Es la trayectoria creada cuando entran en contacto materiales poco aislantes (por ejemplo, aire externo, pared de ladrillo y hormigón), permitiendo que el calor fluya a través de ellos. El aislamiento es la medida más eficiente para evitar los puentes térmicos.

Material aislante

Un material aislante es aquel que se caracteriza por tener una conductividad térmica muy baja, lo que permite que el flujo de calor a través de él sea pequeño.

y por tanto las pérdidas a través del elemento constructivo donde se incorpora también lo sean.

Es importante que los materiales aislantes utilizados en balnearios y spas tengan además del marcado CE, obligatorio para todos los materiales aislantes sujetos a normativa europea, una marca voluntaria de producto, como por ejemplo la marca AENOR, que serán una herramienta eficaz para asegurar que las propiedades y prestaciones de los productos aislantes que declaran las empresas fabricantes se mantienen en toda su producción y a lo largo del tiempo. Esta marca voluntaria asegura que la empresa fabricante tiene:

- Una evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad de la empresa fabricante de conformidad con la UNE EN ISO 9001.
- Inspección en fábrica del producto objeto de certificado periódicamente.
- Ensayos del producto periódicos, de conformidad con las normas aplicables en un laboratorio externo y acreditado.

El que un aislante cuente con la marca voluntaria además del obligatorio marcado CE da a los usuarios la garantía de las propiedades térmicas del producto, avalados por un tercero independiente.

Aislamiento térmico

Se basa en evitar la transmisión térmica y en el principio del aprisionamiento del aire para reducir la transferencia de calor convectiva y conductiva.

4.2.2. Aislamiento térmico de la envolvente

Para conseguir la eficiencia energética requerida en un balneario o spa, debemos evitar las pérdidas energéticas a lo largo de la envolvente del mismo.

PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN EL EDIFICIO



Figura 2. Pérdidas energéticas en la envolvente de un edificio.

En el gráfico se puede observar el porcentaje de pérdidas energéticas que se producen en la envolvente del edificio.

Un edificio aislado correctamente puede llegar a consumir hasta un 50% menos de energía que el mismo sin aislamiento.

Los aislamientos térmicos funcionan reduciendo intensamente la Transmitancia Térmica (valor U) a través de la superficie envolvente del edificio. Se dice intensamente porque la principal característica que tiene el aislamiento es presentar valores muy bajos de conductividad con respecto al resto de materiales que conforman los elementos constructivos; por tanto, el espesor del aislamiento térmico que coloquemos en la envolvente del edificio definirá la transmitancia térmica del mismo y por tanto el ahorro energético que se va a producir.

4.3. Soluciones de aislamiento térmico

4.3.1. Aislamiento térmico en cubiertas

Las cubiertas de los balnearios y spas suponen unas pérdidas energéticas del 30% del total de la energía perdida por la envolvente.

Por tanto es una fuente de pérdida que hay que evitar, resolviendo las diferentes tipologías constructivas con el material aislante más adecuado para cada uno de los casos.

Cubiertas planas invertidas

Actualmente, la gran mayoría de las cubiertas planas que se realizan son invertidas, es decir, el aislamiento queda por encima de la impermeabilización protegiéndola y por tanto mejorando su durabilidad. En esta tipología constructiva, al estar el aislante colocado por el exterior, permite dejar libre el espacio interior del balneario aprovechando además la inercia térmica del forjado.

- Dependiendo de su terminación serán:
 - No transitables, accesibles para mantenimiento:
 - Acabado con grava.
 - Ajardinadas.
- Transitables:
 - Acabado con baldosas amorteradas.
 - Acabado con baldosas flotantes.
 - Tráfico rodado (cubiertas parking).

Las propiedades de este tipo de cubiertas son:

El aislamiento térmico va a reducir la oscilación térmica del día y la noche, lo que conlleva la reducción de la fatiga a la que los materiales están sometidos debido a las dilataciones y contracciones, especialmente la impermeabilización.

La membrana impermeabilizante actúa como una barrera de vapor al quedar instalada en la «cara caliente» del cerramiento, de esta forma se evita el riesgo de formación de condensaciones en la masa de la cubierta.

En las cubiertas planas invertidas se necesita un aislante con unas características muy determinadas por la propia estructura de la cubierta; el aislamiento debe tener:

- Buen comportamiento frente a la humedad. En determinados acabados como son los de cubiertas planas invertidas no transitables con acabado en grava el aislante debe ser capaz de soportar la acción del agua de lluvia sin perder propiedades aislantes.
- Resistencia a compresión. Son cubiertas donde las cargas de la misma van a actuar de forma muy directa sobre el material aislante, por lo que este debe tener una resistencia a la compresión elevada para soportar las cargas sin que se produzcan deformaciones que pudiesen suponer una merma en su capacidad térmica.
- Resistencia a los ciclos de hielo-deshielo. Al estar el aislante expuesto a las oscilaciones térmicas exteriores se pueden producir ciclos de hielo – deshielo, por lo que el material debe ser capaz no solo de resistirlos sino de mantener sus propiedades térmicas.

Cubiertas inclinadas

En este caso el aislamiento por el exterior tiene una serie de ventajas como son:

- Habitabilidad de la buhardilla
- Aprovechamiento de la inercia térmica
- Eliminación de los puentes térmicos
- Carga sobre el aislante

- Nivelación de la superficie de la cubierta
- Durabilidad.

El material aislante que se elija debe ser capaz de proporcionar todas estas ventajas al sistema, al igual que en cubiertas planas, por lo que se recomienda un material con una alta resistencia a compresión, resistencia a los ciclos de hielo-deshielo y una inalterabilidad de sus propiedades en caso de contacto con el agua tanto en estado líquido como en estado vapor.

En el caso de que la terminación sea de teja árabe con colocación con mortero, el material aislante sobre el que se va a colocar directamente la teja debe estar ranurado para permitir el agarre de la teja. En el caso de que la teja vaya claveteada sobre el material aislante este podrá presentar una superficie lisa.

Cubiertas térmicas y acústicas

Como se ha indicado al principio del capítulo en balnearios y spas puede ser muy importante no solo tener aislamiento térmico para conseguir la eficiencia energética necesaria sino además aislamiento acústico que nos de el ambiente silencioso necesario en este tipo de construcción.

Para ello la mejor solución es realizar un falso techo en la última planta con un aislamiento termo-acústico en el interior que nos dará las prestaciones térmicas necesarias para conseguir la eficiencia energética requerida y el aislamiento acústico óptimo.

En el ejemplo se pueden observar diferentes tipologías con aislamientos térmicos y acústicos.

4.3.2. Aislamiento térmico en fachadas

Un 25% de las pérdidas energéticas del edificio se producen en las fachadas, a esto se tiene que añadir las pérdidas por los puentes térmicos que son del 5% ya que es en la fachada donde se produce la mayor concentración de estas discontinuidades en el aislamiento. Por ello, el aislamiento en fachada debe ser estudiado para conseguir que sea lo más continuo posible dando los mejores valores de eficiencia.

Se pueden diferenciar las fachadas en dos grandes grupos, dependiendo donde se coloque el material de aislamiento:

- Fachadas con aislamiento por el exterior del muro soporte.
- Fachadas con aislamiento por el interior del muro soporte.

En ambos casos, si el aislamiento es termo-acústico conseguiremos un doble valor de confort en el interior del balneario o el spa.

Aislamiento en fachadas por el exterior

En esta tipología constructiva se coloca el aislamiento en la parte exterior del muro soporte, lo que va a hacer que buena parte de los puentes térmicos queden naturalmente aislados por la colocación del aislamiento (frente de forjados, dinteles, pilares en la fachada...), además colocando el aislamiento por la cara exterior del cerramiento se incrementa la superficie útil del edificio ya que aunque por eficiencia energética se necesite aumentar el espesor del aislante, no va a afectar al interior del edificio.

Dentro del aislamiento por el exterior podemos considerar dos grandes sistemas:

A. Fachadas ventiladas

Esta técnica de construcción consiste en realizar el aislamiento por el exterior con una cámara de aire entre el aislamiento y el revestimiento exterior que esta continuamente ventilada.

En esta tipología constructiva, el aislamiento debe tener una determinada reacción al fuego, ya que la cámara ventilada actúa como el tiro de una chimenea, por lo que en caso de incendio contribuye a su rápida propagación, por tanto, el aislamiento que utilicemos en esta solución debe ser como mínimo B,s3,d2 para garantizar que el aislante no va a favorecer la transmisión del fuego a través de la fachada.

B. Sistemas SATE (Sistemas de aislamiento térmico por el exterior)

En este sistema el aislamiento va colocado sobre el muro exterior y acabado con diferentes capas de mortero que le dan el acabado final exterior.

Los sistemas SATE forman un conjunto, en el que se debe asegurar la compatibilidad entre los diferentes elementos que conforman el sistema, los requisitos se encuentran especificados en la Guía de la EOTA «ETA Guidance N° 004».

El aislante por tanto debe cumplir con los requerimientos de la Guía EOTA usándolos con los morteros específicos de este tipo de sistemas.

Aislamiento en fachadas por el interior

El aislamiento se incorpora en la parte interior del cerramiento, bien en la cámara formada entre dos hojas de ladrillo o colocado en el interior de la estructura de entramado autoportante. Los trasdosados son una forma sencilla de aislar térmica y acústicamente desde el interior del edificio.

En este caso habrá que realizar una comprobación de condensaciones intersticiales para garantizar que no se producen. En el caso de producirse, el aislamiento deberá llevar incorporada una barrera de vapor.

4.3.3. Suelos

Un 7% de la energía perdida por la envolvente se produce en suelos en contacto con el terreno, con el aire exterior o con zonas del edificio no calefactadas.

Además, la sensación térmica por «suelo frío» es muy alta, ya que la zona de los pies es muy sensible al frío, por lo que se crea fácilmente una situación de desconfort. En un balneario o en un spa, donde es muy posible que los usuarios vayan descalzos en ciertas zonas, es importante que el suelo esté bien aislado para evitar esta patología.

El aislamiento se puede realizar tanto sobre el forjado del suelo, cuidando en este caso que el material aguante las cargas de uso que se van a producir sobre él, como en un falso techo en la zona inferior, en el caso de que por debajo haya zonas no calefactadas en las que es posible realizar el falso techo.

4.4. Ejemplo práctico

Para observar la influencia del aislamiento en la eficiencia energética del balneario o spa, lo más sencillo es realizar dos tipologías del mismo edificio, una con el aislamiento mínimo requerido por el Código Técnico (edificio normativo) y otra con valores superiores de aislamiento, viendo las variaciones de consumo energético en el mismo debidas a la climatización (calefacción y refrigeración).

Los cálculos se han efectuado mediante la norma UNE EN 13790 que realiza un balance simplificado de energía a nivel mensual.

Los cálculos han sido realizados con la herramienta de URSA Ibérica Aislantes: «Demanda Energética Mensual».

4.4.1. Datos iniciales

Para poder realizar los cálculos se deben definir los parámetros del edificio de ejemplo, en este caso un spa con las siguientes especificaciones:

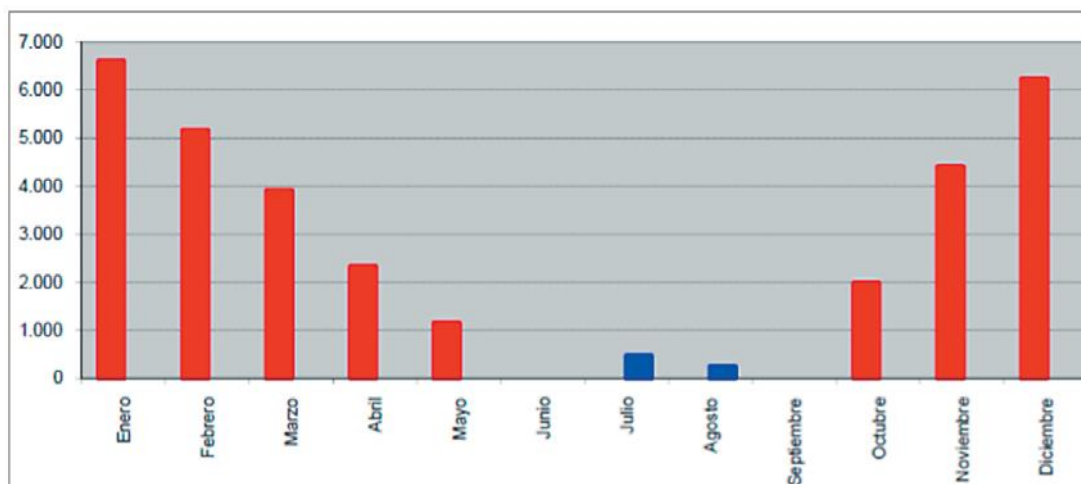
- La superficie útil del spa es de 100 m², con una sola planta.
- Las ganancias internas del edificio son de 4 W/m².
- La inercia térmica es de 200 kg/m².
- Tiene dos fachadas orientadas a norte y a sur con dos medianeras a edificios adyacentes.

Las características de la envolvente del edificio son:

	Metros cuadrados	% huecos	U sin aislamiento térmico
Fachada Norte	70	10	1,50
Fachada Sur	70	10	1,50
Cubierta	100	0	1,50
Suelos	100	0	1,50

4.4.2. Consumo energético con aislamiento mínimo

El consumo energético con un aislamiento mínimo que no cumpliría con la normativa actual CTE DB HE1 sería el siguiente:



Demanda energética con aislamiento mínimo

Las demandas energéticas serían a lo largo del año de 32.413 kWh/año.

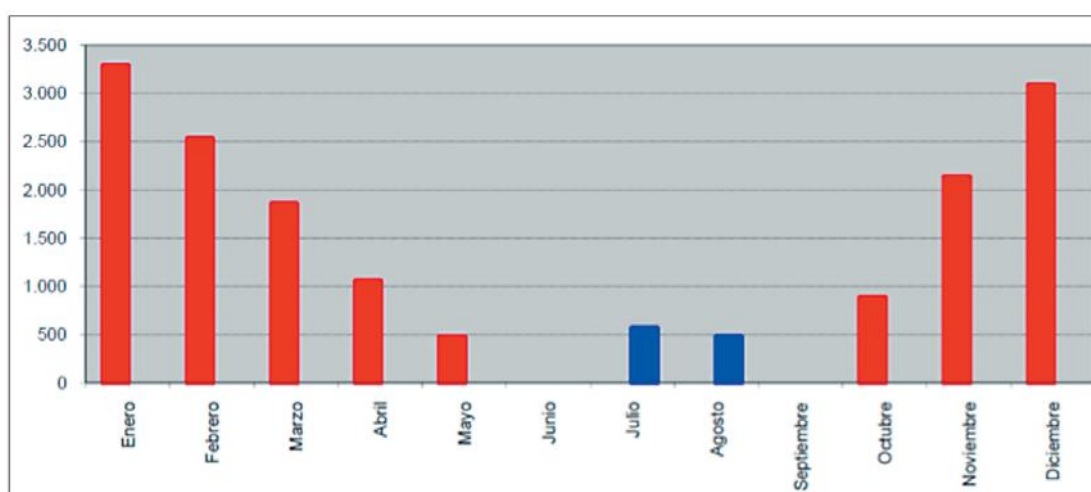
4.4.3. Consumo energético con valores de CTE

Vamos a considerar los siguientes aislamientos para las diferentes soluciones constructivas.

- Fachada. Aislamiento por el exterior con sistema de fachada ventilada con una lana mineral de baja densidad con conductividad térmica $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y un espesor de 5 cm.
- Cubierta. Aislamiento por el exterior en una cubierta plana con acabado no transitable mediante poliestireno extruido con conductividad térmica $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, resistencia a compresión 300 kPa y espesor de 8 cm.
- Suelo. Aislamiento por el interior con un suelo con aislamiento de poliestireno extruido con conductividad térmica $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, resistencia a compresión 300 kPa y espesor de 5 cm.
- En este caso los valores de transmitancia térmica con los que se realiza el cálculo son:

	Metros cuadrados	% huecos	U valores CTE
Fachada Norte	70	10	0,66
Fachada Sur	70	10	0,66
Cubierta	100	0	0,38
Suelos	100	0	0,49

El consumo energético sería por tanto de:



Demanda energética con aislamiento CTE

Las demandas energéticas serían a lo largo del año de 16.330 kWh/año.

4.4.4. Consumo energético con valores superiores a CTE

El aislamiento en este caso va a ser superior al considerado en la norma, colocando el doble de lo que actualmente se coloca según la opción simplificada del CTE, el material de aislamiento utilizado será el mismo, variando únicamente su espesor.

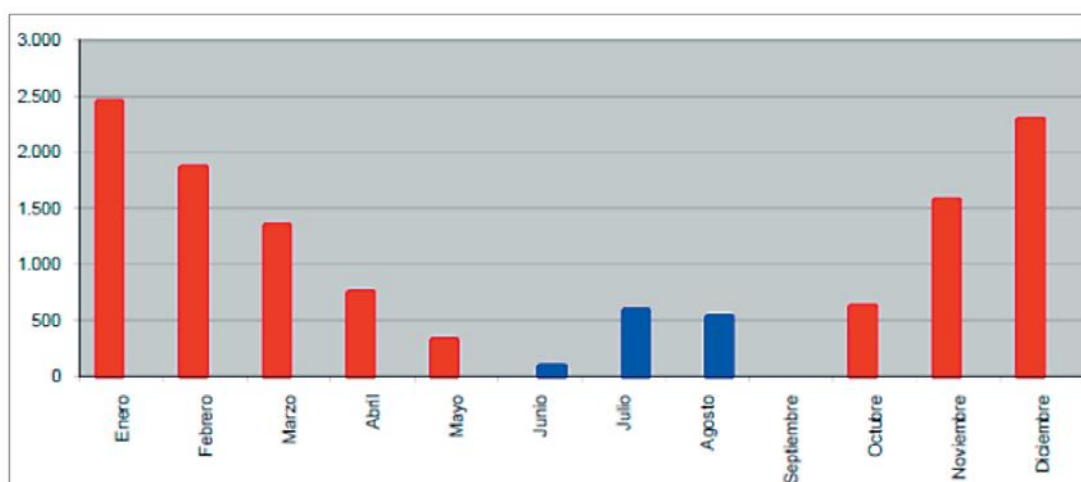
- Fachada. Aislamiento por el exterior con sistema de fachada ventilada con una lana mineral de baja densidad con conductividad térmica $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y un espesor de 10 cm.
- Cubierta. Aislamiento por el exterior en una cubierta plana con acabado no transitable mediante poliestireno extruido con conductividad térmica $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, resistencia a compresión 300 kPa y espesor de 16 cm.

Suelo. Aislamiento por el interior con un suelo con aislamiento de poliestireno extruido con conductividad térmica $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, resistencia a compresión 300 kPa y espesor de 10 cm.

Los valores de transmitancia térmica en este caso son de:

	Metros cuadrados	% huecos	U valores CTE
Fachada Norte	70	10	0,32
Fachada Sur	70	10	0,32
Cubierta	100	0	0,20
Suelos	100	0	0,28

El consumo energético a lo largo del año sería de:



Demanda energética con aislamiento dobles al CTE

La demanda energética global del edificio sería de: 12.408 kWh/año.

4.5. Conclusiones

Podemos observar que conforme se incrementa el valor del aislamiento térmico, la demanda energética del edificio disminuye; si esto lo unimos al resto de parámetros que van a influir en el consumo como las instalaciones y el tipo de energía a utilizar, podemos llegar de una forma relativamente sencilla a balnearios y spas de consumo energético casi nulo, que es lo que obligará la Directiva en 2020 para todos los edificios.

En el ejemplo planteado, la lana mineral actúa como aislante térmico y acústico, proporcionando el confort necesario en el balneario y el spa para que los usuarios tengan una estancia lo más reconfortante posible.

4.6. Bibliografía

- «Manual del Aislamiento», URSA.
- «Soluciones de aislamiento térmico con poliestireno extruido (XPS) para una edificación sostenible», AIPEX.
- «Rehabilitación de edificios con Lanas Minerales Aislantes», AFELMA.
- González de la Peña, Penélope. «Manual práctico del DB HE1. Limitación de la demanda energética».

5.1. Introducción

En la moderna arquitectura de los balnearios y spas existe una clara tendencia al uso de fachadas extensamente acristaladas. Su belleza, la sensación de amplitud e iluminación que se consigue en el interior del edificio, unido a la posibilidad de observar el entorno en el que se ubican este tipo de instalaciones hacen del vidrio el material perfecto para resolver las envolventes de estos edificios. Sin embargo, el uso de fachadas y cubiertas acristaladas presenta serios inconvenientes en nuestras latitudes, como el exceso de energía que el sol introduce en los meses de verano. La ausencia de muros que puedan absorber la carga térmica ocasionada por la radiación solar hace que el interior del edificio se caliente en exceso, debiendo ser por tanto refrigerado mediante grandes instalaciones de aire acondicionado. Por otra parte, el nuevo Código Técnico de la Edificación se enfoca como un documento que permite la apertura del sector a mercados cada día más globales de productos de construcción. Además, supone una mayor apertura a la innovación que se justifica también por la consideración de que los conocimientos y la tecnología de la edificación están en continuo progreso, de tal forma que la normativa promueve la investigación y no dificulta el progreso tecnológico.

Los vidrios activos combinan vidrio con agua. El agua tiene la propiedad de ser opaca a la radiación infrarroja, de manera que, haciendo circular una lámina de agua entre los cristales, se puede absorber un 60% de la energía solar incidente utilizando cristales transparentes. La energía captada por el agua será evacuada utilizando energías renovables como geotermia, piscinas, refrigeración evaporativa, etc. y se conseguirá refrigerar el interior del edificio a un precio muy próximo a cero.

5.2. Descripción del Vidrio Activo

El Sistema de climatización mediante vidrios activos consta de dos circuitos, uno primario y otro secundario. El circuito primario comprende una bomba de circulación y un sistema para calentar o enfriar agua. El secundario consta de un

circulador que distribuye el agua a las unidades terminales: los vidrios interiores o de fachada. Los fluidos de los dos circuitos no se mezclan. La transferencia de energía se realiza a través de un intercambiador de calor de placas. La misión del circuito primario es proporcionar la energía necesaria, ya sea de calefacción o enfriamiento, al fluido que circula por los vidrios. La fuente de energía del circuito primario debe proporcionar agua a la temperatura deseada con el mínimo gasto energético posible. Para ello, se recomienda utilizar colectores solares para calentar agua en invierno y aerotermos, bombas de calor geotérmicas o depósitos de inercia para disipar calor en verano. El control de la temperatura interior se realiza desde una centralita que, mediante un sistema todo/nada, arranca la circulación del sistema secundario.

5.2.1. Vidrio Activo en fachadas y cubiertas

Para resolver la envolvente arquitectónica del edificio en un clima extremo se propone la utilización de un triple acristalamiento con una cámara de aire estanca y una cámara de agua en circulación para la eliminación de la carga térmica solar antes de que ésta entre en el edificio. Gracias al apantallamiento de la radiación solar por el agua se evita la aparición del efecto invernadero en el interior del local. El triple acristalamiento combina un elevado aislamiento, una gran capacidad de bloqueo de la radiación infrarroja y una alta transmisión lumínica. El vidrio activo colocado en la fachada y en los lucernarios bloquea el paso de la radiación solar directa, que es del orden de 500-1.000 W/m². Así, el calor aportado o evacuado por la cámara de agua en circulación deberá ser aportado o evacuado por el intercambiador de calor y, posteriormente, por los pilotes geotérmicos, los aerotermos o los depósitos de inercia. En invierno, si consideramos una temperatura interior de confort de 20 °C, las pérdidas a través del acristalamiento exigen un caudal de circulación por los vidrios de fachada mucho menor que en el caso de verano. Si la temperatura del agua se sitúa por encima de la temperatura de confort, la envolvente de vidrio se convierte en un radiador de calor hacia el interior del edificio. Con respecto al ahorro energético, la instalación de estos vidrios en los huecos de la fachada, combinado con un sistema de producción de energía gratuito, reduce el consumo energético asociado a la calefacción o la refrigeración del edificio entre un 40 y un 70%.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del triple acristalamiento al exterior en condiciones de verano o de invierno. En verano, el agua absorbe la radiación solar exterior y elimina la carga interna. En invierno, la cámara de aire minimiza las pérdidas de energía hacia el exterior.

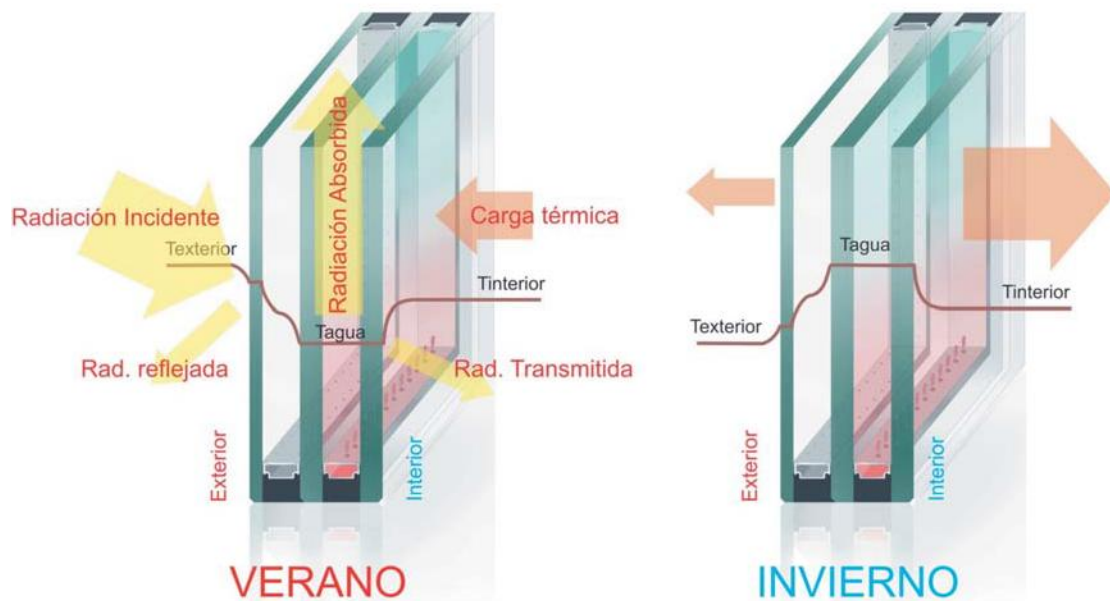


Figura 1. Comportamiento del triple acristalamiento activo en verano e invierno.

5.2.2. Vidrio Activo como partición interior

En el interior de los edificios se puede utilizar con una doble función: división espacial y superficie radiante para calefacción y refrigeración. El sistema proporciona una sensación de confort porque contribuye a homogeneizar la temperatura, tanto en invierno como en verano. Se eliminan los gradientes térmicos y se aumenta la superficie de intercambio de calor y frío. Además, las particiones de vidrio activo son compatibles con cualquier suelo radiante.

El vidrio activo se monta en una perfilera que lleva integrados los tubos de agua que lo abastecen. Mediante una bomba de circulación el agua es impulsada por un circuito cerrado. En este circuito, el agua pasa por un intercambiador de calor que permite disminuir o elevar su temperatura. La bomba de impulsión debe vencer la pérdida de carga que se produce a lo largo del recorrido. Debido a que las velocidades que existen en el sistema son muy pequeñas, esta pérdida de carga es muy baja y, consecuentemente, la potencia necesaria de la bomba es reducida. La circulación del agua por la cámara, a una temperatura dada, permite controlar la carga térmica y calentar o refrigerar el edificio creando un cerramiento isoterma. A través del caudal de circulación de la lámina de agua, se controla el incremento de temperatura del fluido que en ningún caso es superior a 2-3 grados centígrados. Así, conseguimos evitar gradientes térmicos en el acristalamiento. Posteriormente, este calor es evacuado en un intercambiador de calor.

Con respecto al ahorro energético, el vidrio activo instalado en los tabiques interiores permite reducir el consumo asociado a la calefacción o la refrigeración del edificio. La temperatura de preparación del agua para el sistema es próxima a la temperatura de confort y en consecuencia el COP del sistema de producción de frío o de calor aumenta sustancialmente.

5.3. Estrategia energética del sistema de Vidrios Activos

La misión del circuito primario del sistema consiste en proporcionar la energía necesaria, ya sea de calefacción o enfriamiento. El sistema primario de la fachada se encarga de disipar el calor captado por los acristalamientos activos, que constituyen el sistema secundario. El sistema permite, mediante diferentes estrategias de uso, conseguir la mejor adaptación a las condiciones exteriores. El circuito primario puede estar formado por:

- 1) Aerotermos.
- 2) Depósito de inercia.
- 3) Caldera de Biomasa.
- 4) Bomba de calor geotérmica.
- 5) Captadores solares fototérmicos.

Este sistema primario permite de forma flexible establecer la mejor estrategia en función del día y la ocupación del edificio. Las posibilidades que proporciona el sistema de envolventes y particiones interiores activas se pueden resumir en las siguientes:

5.3.1. Homogeneización de fachadas acristaladas

En invierno, se puede llegar a producir sobrecalentamiento en la fachada acristalada sur y oeste, mientras que las fachadas norte y este tienen una demanda de calor. Para evitar estos sobrecalentamientos se renueva el agua calentada en el acristalamiento, con agua fresca. Se pueden tener dos estrategias para enfriar el agua. Puede utilizarse un grupo primario con una torre de refrigeración o dirigir el agua desde la fachada sur y este hacia la fachada norte y este, homo-

geneizando así toda la envolvente con coste energético nulo.

5.3.2. Enfriamiento evaporativo

En verano, el exceso de calor de las fachadas acristaladas se debe disipar al exterior. El sistema más económico para eliminar este exceso, se basa en el enfriamiento evaporativo. Se puede optar por una torre de refrigeración que se encarga, mediante la evaporación, de bajar la temperatura del agua del sistema primario hasta una temperatura próxima a la de bulbo húmedo de las condiciones ambientales del día. Esta agua refrescada se dirige hacia el intercambiador de calor de placas y, posteriormente, el sistema secundario se encarga de refrescar los acristalamientos.

5.3.3. Sectorización y usos

El sistema secundario se puede componer de varios circuladores que constituyen diferentes sectores para las fachadas acristaladas. Mediante un control todo/nada de la bomba de circulación de cada sector y mediante una lógica de control centralizada se puede actuar sobre el flujo de agua en el secundario. El primario se encuentra en circulación permanente en anillo cerrado sirviendo agua a la temperatura consignada. En este anillo del primario se conectan los intercambiadores de calor de placas de los circuladores sistemas secundarios. En función de los requisitos térmicos del edificio la lógica de control conecta o desconecta las bombas de circulación de los sistemas secundarios. Así, las ventanas liberan carga térmica o absorben energía en función de las magnitudes exteriores, la ocupación y el día del año.

5.3.4. Confort térmico

El apantallamiento de la radiación infrarroja por el agua del sistema en la envolvente del edificio hace que la sensación térmica en el interior del edificio sea más uniforme aumentando los niveles de confort. Además, la temperatura del agua que circula por el interior de las particiones es muy próxima a la de confort, por lo que no se producen gradientes térmicos en el interior.

5.3.5. Inercia térmica

El sistema del primario puede estar dotado de un depósito de inercia que hace las veces de estabilizador térmico. Muchos días a lo largo del año la temperatura media está próxima a la de confort. Utilizando un depósito de agua como una gran inercia térmica el agua del primario puede mantenerse muy estable y próxima a la temperatura media diaria. Así, una estrategia consiste en hacer recircular el agua del primario a través del depósito de inercia para mantener estable la temperatura del agua de las ventanas.

5.3.6. Reducción del sistema de frío

El principal uso de los vidrios activos en fachada se basa en reducir en verano las necesidades de frío de un edificio acristalado gracias a la absorción de la radiación infrarroja por el agua y disipación de calor en el grupo primario. En verano, el agua del sistema primario se puede hacer pasar por un dispositivo que permita el enfriamiento gratuito, permitiendo disponer de agua entre 22-26 grados centígrados con coste energético nulo salvo el asociado a las bombas de circulación.

5.3.7. Calentamiento de piscinas

El excedente del calor que recoge la cámara de agua en días soleados se puede utilizar para calentar parte del agua de las piscinas climatizadas. El funcionamiento de la piscina es independiente del control de la edificación y se considera como un sistema adicional a climatizar o como un sistema de apoyo para disipar los excedentes de energía térmica. Así, el control de la climatización de la piscina lleva asociado otro cronotermostato todo-nada que determina una señal encendido/apagado en función de las temperaturas de consigna.

5.4. Descripción de los elementos que definen el sistema de climatización

Como para cualquier sistema de climatización, se va a necesitar un sistema de producción de energía, al que se denomina sistema primario, y un sistema de calentamiento o enfriamiento del interior del edificio o sistema secundario. El sistema primario puede estar compuesto por cualquier elemento capaz de calentar o enfriar agua, si bien para construir un edificio energéticamente eficiente o, incluso, para poder concebir un edificio con consumo energético cero en climatización,

se proponen dispositivos con gasto energético mínimo, como captadores solares para calentar e intercambiadores geotérmicos o aerotermos para enfriar o disipar calor. Al ser las temperaturas del agua utilizada muy próximas a temperaturas de confort (18-26 °C), el COP de las máquinas utilizadas aumenta considerablemente.

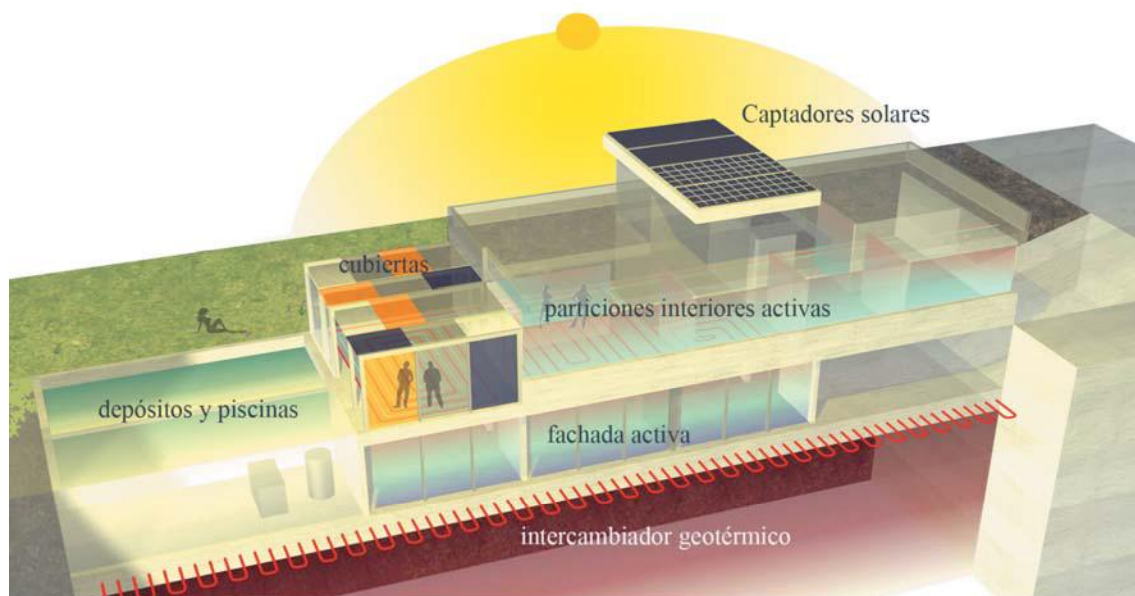


Figura 2. Descripción del sistema integral de climatización.

5.4.1. Circuito secundario

El circuito secundario está compuesto por todos los elementos de vidrio activo que conforman la envolvente exterior del edificio y las particiones activas interiores. Estos elementos de vidrio pueden ser opacos, transparentes o traslúcidos en función del objetivo que se persiga en cada espacio.

Envolvente arquitectónica activa

La envolvente activa constituye el conjunto de superficies de fachada y cubierta. La energía incidente solar que se puede captar en las superficies de cubierta depende de su inclinación y orientación así como de los parámetros de absorción y transparencia del conjunto. El modelo térmico de un acristalamiento activo queda definido por los siguientes parámetros geométricos y parámetros térmicos: orientación, inclinación, superficie, inercia térmica, coeficiente de absorción de la radiación solar captada el agua en circulación, coeficiente de transparencia de la radiación solar del acristalamiento y constantes de convección interior/ex-

terior entre la cámara de agua y el espacio interior/exterior respectivamente. Un circulador, caracterizado por una potencia eléctrica, es el encargado de mover el caudal de agua especificado en el sistema secundario.

Particiones interiores activas

Las particiones interiores se usan para aportar calor o refrigerar el espacio interior mediante el calor o el frío suministrado por el sistema primario. La energía aportada o eliminada por estas particiones es proporcional a la diferencia de temperatura entre el agua en circulación y la temperatura interior. El modelo térmico de un acristalamiento activo doble para particiones interiores queda definido por los siguientes parámetros geométricos y térmicos: superficie, inercia térmica y constantes de convección entre la cámara de agua y el espacio interior a un lado y al otro lado de la superficie de vidrio. Un circulador distinto al que bombea el agua por los vidrios de la envolvente, caracterizado por los mismos parámetros, es el encargado de mover el caudal de agua especificado por las particiones.

5.4.2. Circuito primario

El circuito primario se compone de depósitos de acumulación y piscina. Debido a que la radiación solar no es constante a lo largo del tiempo, se usan depósitos de acumulación con la idea de acumular el excedente de calor para los momentos en los que se pueda necesitar. Por otra parte, en el verano se considera una piscina como elemento de disipación para eliminar los excedentes de energía asociados a la radiación solar. Se usan depósitos de inercia que pueden estar a diferente temperatura. La energía que se inyecta en los depósitos de alta temperatura proviene de los captadores solares fototérmicos. Por otro lado, los depósitos de baja temperatura reciben su energía del resto de la cubierta o de las fachadas, que están constituidas por paneles de triple acristalamiento. Las particiones interiores se conectan al depósito de alta o al depósito de baja temperatura indistintamente y en función de las necesidades de climatización del espacio interior. Finalmente, la piscina se conecta de forma indistinta al depósito de baja o al depósito de alta con el doble objetivo: calentar la piscina en un clima frío y servir de elemento de disipación extra cuando sea necesario. La conexión entre el sistema primario y el sistema secundario se realiza mediante intercambiadores de calor de placas que permiten aislar de manera estanca cada uno de los circuitos. En la Fig. 3 se muestra un posible esquema de principio de la instalación. De esta forma, el sistema primario queda constituido por los siguientes elementos:

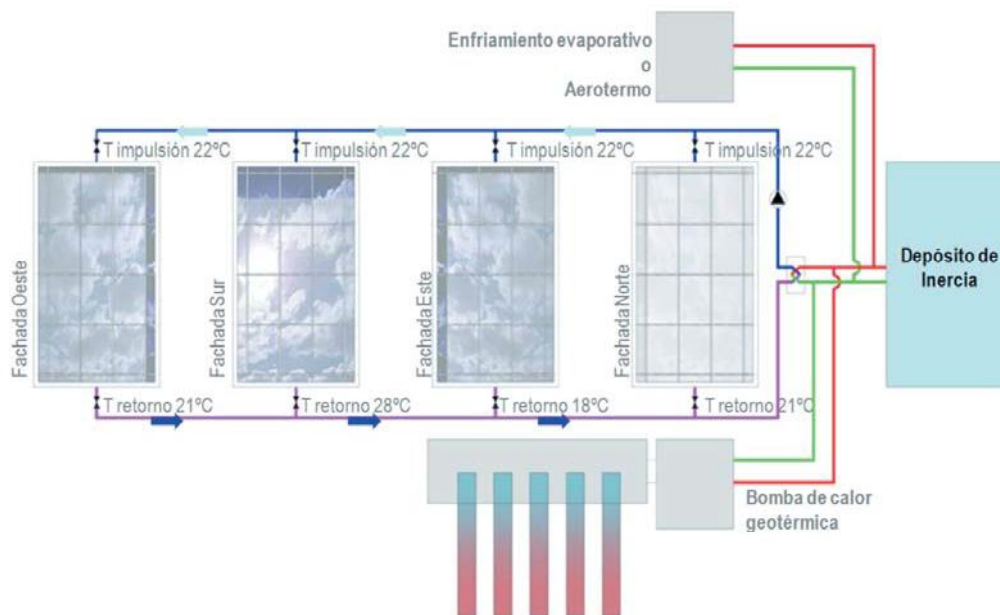


Figura 3. Esquema de principio del sistema.

Depósito de inercia

Los depósitos deben estar dimensionados para estabilizar las oscilaciones de temperatura interior y proporcionar la inercia térmica necesaria para que esas oscilaciones no influyan en el interior. Una masa de agua de 100 litros por cada metro cuadrado de vidrio activo exterior, confiere al sistema una inercia térmica similar a la de un muro de hormigón de 30 cm de espesor. Así, su comportamiento térmico queda definido por la masa del depósito, su superficie de intercambio de calor con el terreno o el exterior, su constante de pérdidas y por la energía aportada o retirada por el sistema secundario.

Piscina

Las piscinas que forman el proyecto del balneario se pueden conectar al sistema y ser utilizadas como elementos disipadores o almacenadores de energía. El tratamiento desde el punto de vista de modelo que se le da a la piscina es similar al del depósito de inercia. El intercambio de calor se realiza con el terreno o con el exterior a través de una superficie o lámina de agua mediante convección, radiación y evaporación y con los depósitos de inercia de alta y baja temperatura.

Aerotermos

Los aerotermos son dispositivos que permiten realizar enfriamiento gratuito durante las noches o en épocas del año en las que la radiación solar sea alta y la temperatura exterior baja. Se utilizan en días fríos cuando el edificio demande refrigeración por una alta carga interna o por un exceso de radiación solar. Si los aerotermos se conectan a los depósitos se puede controlar la temperatura de éstos en situaciones de excesivo calentamiento.

Intercambiador geotérmico

El frío y el calor almacenados en el terreno se pueden transferir mediante el uso de intercambiadores térmicos verticales. A partir de una profundidad de unos 10 m, el terreno tiene una temperatura relativamente constante, que no varía con las estaciones. Por ello, el suelo es una fuente fiable de calor y de frío. Los tubos del intercambiador geotérmico enterrados en el suelo se pueden conectar mediante intercambiadores de calor con el agua que circula por los vidrios activos. El sistema geotérmico funciona en circuito cerrado y está lleno de agua y anticongelante.

5.5. Ahorro energético

La disminución en el consumo energético puede apreciarse mejor en la Fig. 4. En ella se ha representado el consumo acumulado anual de refrigeración para varios tipos de acristalamiento. Puede verse como el uso de los acristalamientos activos disminuye en gran medida dicho consumo. Comparando el consumo anual con acristalamiento activo triple frente al consumo anual con acristalamientos convencionales puede verse cómo se consigue un ahorro del 75%. Si en lugar de comparar los acristalamientos activos con acristalamientos convencionales, se comparan con acristalamientos de control solar de altas prestaciones puede verse que se obtiene un ahorro del 50%.

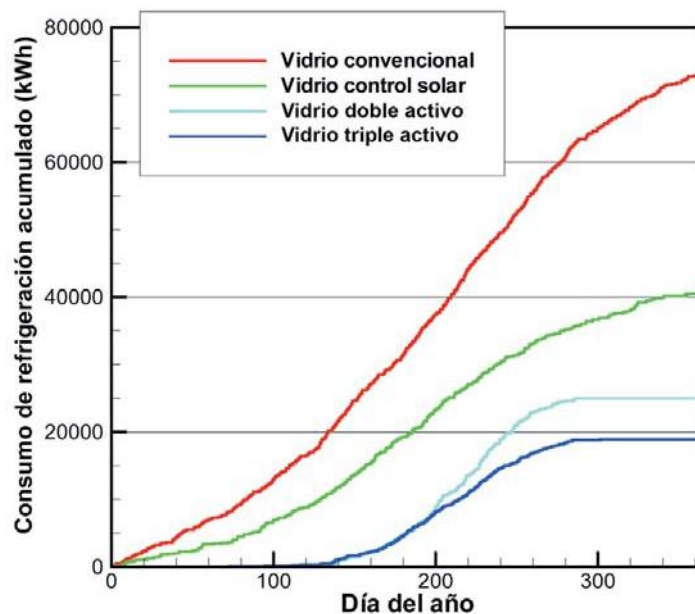


Figura 4. Comparación del consumo energético de diferentes soluciones de vidrio.

Otra ventaja adicional de los acristalamientos activos es que, además de reducir el consumo energético medio, permiten reducir los picos de demanda. Esto se debe al incremento de la inercia térmica del recinto. Para comprender el efecto del incremento de la inercia térmica puede observarse en la Fig. 5. En ella se han comparado las oscilaciones de la temperatura interior considerando un edificio con elevada inercia térmica frente a uno con baja inercia térmica. El efecto del amortiguamiento sirve para eliminar los picos de temperatura, por lo que no es necesario refrigerar durante el día y calentar durante la noche, lo que reduce el consumo energético. La inercia térmica puede controlarse mediante el tamaño del depósito, por lo que puede obtenerse el amortiguamiento deseado.

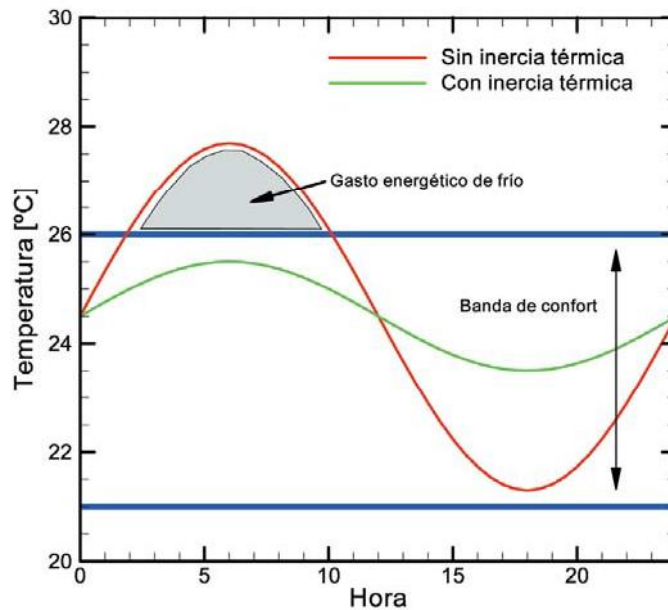


Figura 5. Influencia de la inercia térmica en la temperatura interior de un edificio.

Con una adecuada estrategia y con la conexión de todas las fachadas acristaladas de un edificio, se pueden gestionar excedentes y pérdidas de energía. El depósito de inercia se convierte en el elemento que regula estas diferencias entre las fachadas para homogeneizar la temperatura de todas ellas. Se puede refrigerar de manera gratuita un espacio acristalado utilizando una piscina como depósito de inercia. Como se puede observar en la Fig. 6, durante el día el sol calienta el agua que circula por la cámara y se intercambia el calor con el agua de la piscina. Durante la noche, se disipa el calor en la piscina mediante enfriamiento evaporativo. Para calcular la temperatura media del agua de la piscina habrá que considerar la temperatura media del exterior y el efecto de calentamiento diurno y enfriamiento nocturno. Un sistema independiente de ventilación puede proporcionar la cantidad necesaria de aire fresco. Como este sistema sólo debe suministrar el flujo de volumen de aire relativamente bajo necesario por razones higiénicas, es mucho más pequeño que los sistemas típicos que son también responsables de la calefacción y de la refrigeración.



Figura 6. Comportamiento del vidrio activo conectado a una piscina.

5.6. Conclusiones

El uso de envolventes arquitectónicas acristaladas presenta serios inconvenientes en nuestras latitudes, como el exceso de energía que el sol introduce en los meses de verano. La ausencia de muros que puedan absorber la carga térmica ocasionada por la radiación solar hace que el interior del edificio se caliente en exceso, debiendo ser por tanto refrigerado mediante grandes instalaciones de aire acondicionado. A través de un cerramiento ligero y activo se puede ahorrar en refrigeración y mejorar la eficiencia energética de un edificio.

Gracias a la combinación de grandes depósitos de agua y piscinas al aire libre con sistemas activos de climatización, la mayor parte de los días la edificación se climatiza con el calor acumulado en los depósitos de inercia y, por consiguiente, sin gasto energético alguno. Por otra parte, la piscina durante los meses de uso de mayo a septiembre se puede calentar con la energía que se capta en la cubierta y en las fachadas expuestas al sol. Las temperaturas que se alcanzan en la cubierta están alrededor de los 30 °C. Para los meses más calurosos la ventilación nocturna es suficiente para alcanzar disipar la energía interior y alcanzar la temperatura de confort. Si es necesario, se puede utilizar un dispositivo adicional, como un aerotermino o una torre de refrigeración.

En un vidrio activo se puede controlar la temperatura del agua en cada época del año. En verano, si la temperatura del agua es más baja que la temperatura interior, se elimina carga térmica al tiempo que se bloquea la radiación solar. En invierno, si la temperatura del agua es mayor que la interior, se puede calentar el ambiente con el vidrio de las particiones interiores.

En los balnearios y spas las piscinas climatizadas son la base del proyecto arquitectónico. Dichos elementos pueden constituir parte del sistema primario de climatización. Combinándolos con otros dispositivos que calienten o enfríen agua sin gasto energético, como captadores solares, aerotermos o geotermia, y utilizando vidrios activos en fachadas y particiones interiores se puede conseguir climatizar un edificio con ahorros entre un 40 y un 70%.

6.1. Introducción

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

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

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

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

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

Así, al hablar de spas o balnearios, identificamos rápidamente a estos con sensaciones placenteras, bienestar o tratamientos mediante los cuales nos podremos sentir bien. Este concepto también se asocia con gasto de agua y gasto excesivo de energía. Tal y como se ha comentado, no se dispone de todo el agua que se desea, de igual forma que no se puede consumir sin control la energía imprescindible para poder calentar el agua para generar agua caliente.

Se debe de conseguir una instalación sostenible, y no sólo desde el punto de vista económico, mejorando la cuenta de resultados, sino desde el compromiso que todos debemos mantener con el medio ambiente.

Es cierto que existen dispositivos donde el caudal de los mismos, aparentemente, es de derroche, pero la morfología de diseño de estas instalaciones «obliga» a la utilización de dichos elementos, debido a que el negocio de spas o balnearios insta a ello.

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

Deberemos de indagar sobre el *know-how* en calentamiento de agua, deshumidificación del aire, depuración y filtración del agua, etc.

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

A través del presente capítulo, se podrá conocer más en profundidad cómo se puede reducir y minimizar los consumos de agua, sin merma de confort, ni detrimento del servicio ofrecido. Esto se podrá aplicar, principalmente, a zonas de vestuario, ya que en la zona de tratamientos el agua es la protagonista.

6.2. Datos sobre el agua

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

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

Si bien es cierto que disponemos de tecnologías para desalar dicha agua, no lo es menos, el elevado coste y la demanda energética necesaria para realizar dicha acción, por lo que resolviendo un problema, se está generando otro.

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

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

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

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

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

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

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

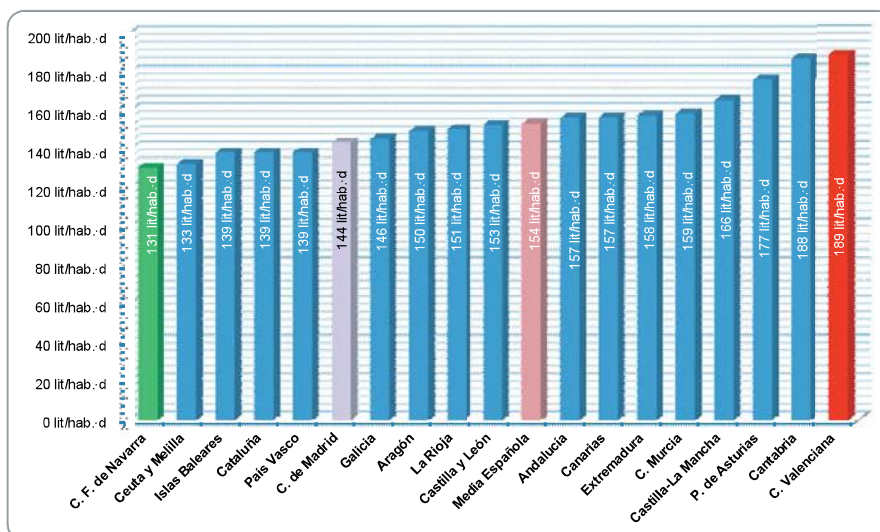
Por el contrario, comunidades como el País Vasco o Navarra, habituales comunidades de baja demanda, aumentaron dicho año su consumo, entre un 4 y 11 % sobre el año 2007. Aunque Navarra es la que menor consumo tiene del país, con 131 litros por persona y día, por contra, la Comunidad Autónoma Valenciana, es la región con mayor demanda per cápita, con 189 litros por persona y día.

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

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

Tabla 1. Consumo medio en los 7 últimos años por habitante y día en España.

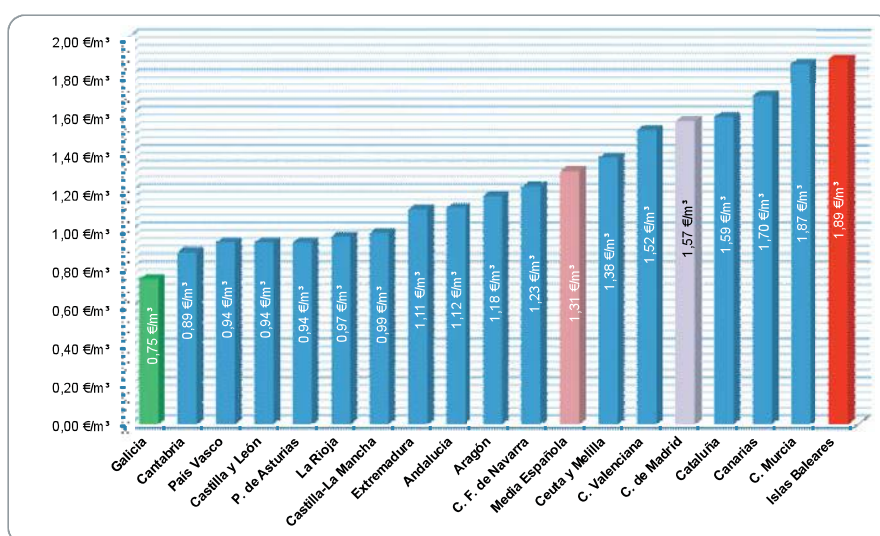
A continuación podemos ver gráficamente los datos anteriores, respecto al último año, según datos oficiales del INE, publicados en julio de 2010:



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

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

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



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

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

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

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

Al final, se obtiene que por metro cúbico de agua, la energía demandada, oscila en el orden de los **12,84 kWh**. Si lo traducimos a datos de CO₂, tendríamos unos **6,29 Kg. de CO₂²**. Esta tesis es más conservadora que otras, como la del Ente Público del Agua de la Región de Murcia, que cifra las emisiones de CO₂ en 14 Kg. de CO₂ por m³ de agua.

Sin entrar en tesituras de razonamientos y siendo todo lo conservadores que deseen sobre los ejemplos aquí planteados, es óbice que la demanda de energía en el ciclo integral del agua, es realmente alta.

Por lo tanto, si ahorramos agua, estaremos ahorrando energía en la misma medida y disminuirémos las emisiones de gases de efecto invernadero, medidos en función del CO₂, como gas predominante en la protección del efecto invernadero.

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

Consumo Energético medio en la producción de Agua ¹ :		1,10 kWh/m ³
<i>Aguas Superficiales:</i>		
1,1 kWh/m ³	100,0% de la producción.	
<i>Aguas Desaladas:</i>		
4,2 kWh/m ³	de la producción.	
<i>Aguas Trasvasadas:</i>		
kWh/m ³	de la producción.	
<i>Aguas de Acuíferos subterráneos:</i>		
1,5 kWh/m ³	de la producción.	
Consumo Energético medio en la Distribución de Agua ² :		0,13 kWh/m ³
<i>Agua adicional por pérdidas en la red de distribución (% media estadística nacional, INE 2008)</i>		
0,8 kWh/m ³	16,5%	
Consumo Energético (distribución & consumo) ³ :		8,71 kWh/m ³
5% Agua consumida sin esfuerzo energético (conexiones directas)		
8,71 kWh/m ³	95% Agua consumida mediante Acumulación en Aljibe y Bombeo posterior:	
Distribución de la demanda		
50% Consumos técnicos, o de procesos directos sin consumo energético.		
Consumo TORRES DE CLIMATIZACIÓN o circuitos con recirculación, etc.		
	0,04 kWh/m ³	en esfuerzo energético, por recirculación y bombeo interior.
9,16 kWh/m ³	45% Consumo SANITARIO.	
65% Consumo SANITARIO, sólo de AFCH.		
20,37 kWh/m ³	35% Consumo SANITARIO, en ACS:	
20,35 kWh/m ³	58,15 kWh/m ³	Esfuerzo energético en calentamiento (1,163xΔT; ΔT=50°)
		Esfuerzo energético en Intercambio.
		Esfuerzo energético en Acumulación.
0,01 kWh/m ³	0,04 kWh/m ³	Esfuerzo energético en Bombeo y Distribución.
Consumo Energético medio en el transporte de aguas residuales ⁴ :		1,11 kWh/m ³
1,30 kWh/m ³	15,0% Agua consumida a descontar del proceso global	
Consumo Energético medio en el proceso de depuración ⁵ :		1,80 kWh/m ³
1,80 kWh/m ³	Según tratamientos convencionales	
Energía total consumida por metro cúbico de agua		12,84 kWh/m ³
por kilo de CO₂		6,29 Kg. CO ₂ /m ³

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

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

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

⁴ Fuente: Ente Público del Agua (Murcia).

⁵ Fuente: Ente Público del Agua (Murcia).

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

6.3. Otros conceptos a tener en cuenta

En los spas o balnearios hay muchos y variados enfoques importantes a la hora de plantearse la eficiencia de las instalaciones. A continuación se detallan las áreas que se van a describir:

- Demanda en uso sanitario.
- Calentamiento de las aguas.
- Calentamiento y deshumidificación del aire.
- Depuración y filtración.
- Cubierta térmica.

De entre los mencionados, en este capítulo no trataremos el área de calentamiento y deshumidificación del aire, ya que se escapa del ámbito del mismo.

La valoración de una guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de spa o balneario, fuerza a enfocar el tema desde una perspectiva reducida, pero generalista, con consejos generales y con actuaciones concretas y polivalentes para el sector, no pudiendo profundizar excesivamente por la cantidad y variedad de posibilidades, técnicas y equipos que nos encontraríamos.

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

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

Las duchas deberán disponer de griferías termostáticas de funcionamiento temporizado. Asimismo, los inodoros deberán estar dotados de grifería de tiempo de descarga temporizado de tipo fluxor o similar y los urinarios de grifería automática con accionamiento a través de sensor de presencia. En cualquier caso, los volúmenes de descarga se ajustarán a valores mínimos, garantizando el correcto funcionamiento.

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

La primera decisión de «**hacer algo**» parte de la toma de postura, lo cual suele venir precedido de haber tenido algún problema, avería, susto por el incremento

de costes en la facturación, toma de conciencia de algún responsable del centro o por exigencia de la administración. La decisión de realizar un plan o un programa de reducción del consumo, conlleva el planteamiento de distintos objetivos, entre los que se podrían destacar los siguientes:

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

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

«Plan de gestión sostenible del agua»

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

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

DESCRIPCIÓN DE REDES Y ZONAS CONSUMIDORAS DE AGUA

- Acometidas y redes de distribución.

- Uso sanitario.
- Piscinas.
- Baldeo.
- Instalaciones contra incendios.
- Otros consumos de agua.

RECUPERACIÓN DE PLUVIALES

VERTIDOS

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

- Estructura, responsabilidades y organigrama.

PLANIFICACIÓN

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

IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

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

COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

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

CRONOGRAMA DE ACTUACIONES y CUADRO DE INVERSIONES

ANEXOS, PLANOS, CERTIFICADOS,...

Este documento sentará las bases de actuación, planificará los recursos y posibilitará el lograr los objetivos planteados en eficiencia y ahorro, estableciendo los controles adecuados y las posibles desviaciones, en los plazos marcados, en una vigencia de 4 años.

6.4. Acciones generales para ahorrar agua y energía

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

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como AFCH, a la hora de plantear reformar o modificaciones en zonas húmedas, se considerará la eficiencia como el parámetro vinculante, además de su diseño o la ergonomía de uso, utilizando los avances técnicos que en ese momento existan (*tecnologías BAT*), pues una instalación una vez construida, será para muchos años.
- Debemos de concienciarnos que es vital la instalación de contadores internos, que permitirán la segregación y control de consumos y detección de fugas, adecuando los diámetros de estos a las demandas reales y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.
- Considerar la adecuación paisajística del entorno (*si lo tuviera, o de las plantas de interior*), dotando a la xerojardinería un peso importante, dando visibilidad a ciertas zonas dónde inicialmente había césped. El uso de plantas autóctonas, utilizando sistemas de riego eficientes con programadores. A este programador se le debería de unir un sensor de lluvia, para que no arranque el riego en días de lluvia.
- El aprovechamiento de pluviales para riego, ya que si no se considera en la fase de diseño o en una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni la canalización de la misma. Esta agua podríamos utilizarla en huertos educativos.
- Selección de equipos electrodomésticos eficientes, y con etiquetaje clase «A, A+, A++», pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de equipos se amortizan muy rápidamente (*existen lavadoras y lavavajillas*

llas que consumen hasta un 60% menos de agua y un 50% menos de energía en la categoría «A»).

- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una detección inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías, cada seis meses y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.
- Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada (*es ilógico disponer de agua caliente en días que se cierra el centro, ajustarlas de tal forma que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que esté preparada para su consumo el día de actividad*).
- Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del centro o establecimiento, formando al personal, para que resuelvan los problemas más habituales que puedan encontrarse, demostrando a los usuarios su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.
- Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.
- Realizar un plan interno de gestión y uso eficiente del agua y la energía, ya que las ventajas a obtener en el futuro compensarán.

6.5. Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua

El nivel tecnológico del equipamiento sanitario existente hoy en día es impresionante, pero por desgracia muchas de estas técnicas y tecnologías no se conocen, por lo que su implementación se hace imposible por dicho motivo.

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

Uno de los primeros equipos en los que cualquiera piensa es en los perlizadores, tecnología que casi todo el mundo ha oído y que sirven para ahorrar, aunque no se sabe muy bien lo que son. Los grifos desde hace aproximadamente unos 15 - 20 años, suelen incorporar un filtro para evitar las salpicaduras (*denominados rompeaguas o aireadores*), los cuales se alojan roscados sobre el punto o extremo del grifo por el cual sale el agua.

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

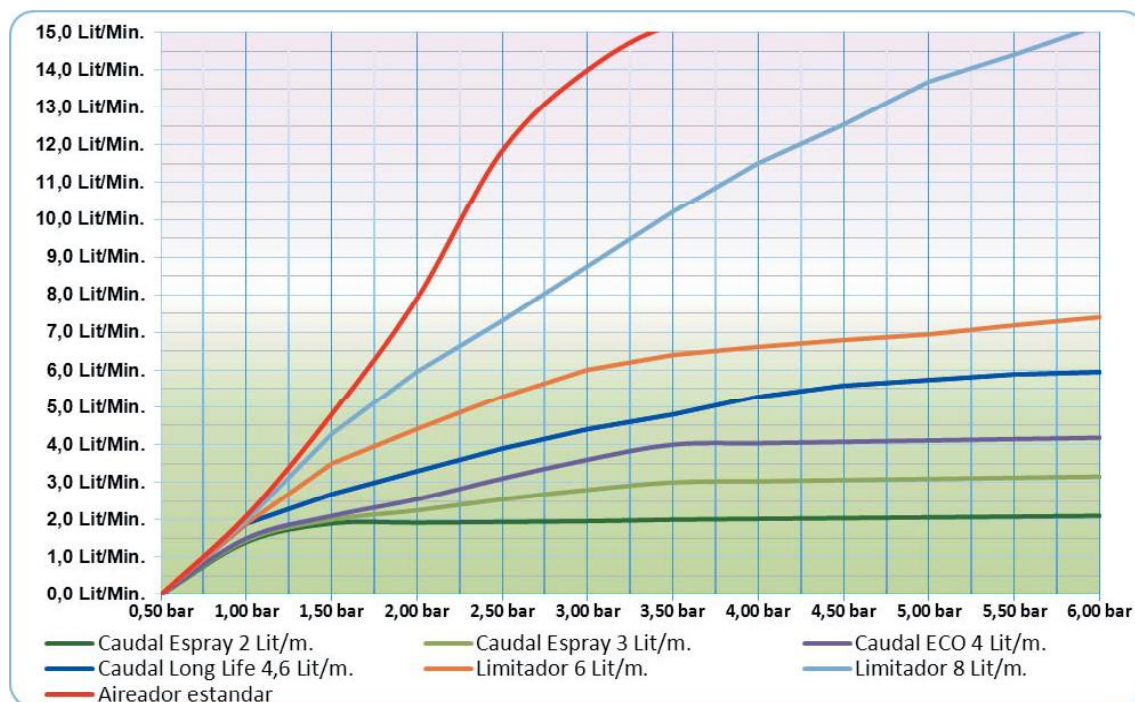


Figura 1. Distintos tipos de perlizadores «Long Life», machos, hembras y versiones anti-robo.

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

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

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



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

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

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

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

6.5.1. Clasificación de soluciones eficientes en equipamiento sanitario

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

- Equipos completos
- Accesorios o adaptadores para equipos ya existentes.

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

Grifería monomando tradicional

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

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

Maneta de apertura de caudal en dos tiempos o etapas

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

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

Apertura en frío en su posición central

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

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



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

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

Implementación de perlizadores

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

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

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

Eyectores para fregaderos y grifos de vertederos

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

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



Figura 3. Distintos modelos de eyectores perlizadores.

Soluciones para grifería de volante

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

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



Figura 4. Distintos modelos de monturas cerámicas.

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

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

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

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

Griferías temporizadas

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

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

Esta medida, que a priori parece buena, tiene diversos inconvenientes, ya que su uso no es ergonómico, además de ser derrochadora, pues, ¿cómo es capaz

una persona de lavarse con agua templada? Al final se sacrifica el confort, haciendo incómoda la utilización e incluso peligrosa, pues una persona abre el grifo de agua caliente y espera a que llegue, pudiéndose quemar si de un calentador eléctrico mal regulado habláramos.

En el mercado hay disponibles grifos temporizados neumáticos con mezclador de aguas, para evitar el problema antes comentado, que garantizan más del 80% de ahorro sobre un grifo tradicional de volante o monomando y que además está diseñado específicamente para aseos públicos, donde aparte de ahorrar, se busque el confort del usuario y la máxima eficiencia, con un diseño moderno y atractivo, que rompa con el tópico de que todo lo público, ha de ser robusto y por lo tanto que la estética no importa.

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



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

El 80% del parque existente de grifos temporizados está, como mínimo, en 1,75 – 2,50 litros por ciclo, con temporizaciones de unos 12 - 15 segundos por ciclo. En la actualidad estos tiempos se han reducido, pues se ha demostrado que un ciclo de lavado es preferible que se interrumpa y se accione el grifo 2 veces, a ofrecer tiempos de 12 - 15 segundos seguidos de suministro de agua, cuando hay un tiempo que no se aprovecha el agua, como mientras nos enjabonamos, por lo que

ciclos superiores a 6 - 8 segundos de actuación, no son recomendables, tanto por ergonomía como por eficiencia.

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

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

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

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

Posibilidades de optimización en grifos temporizados

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



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

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

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

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

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

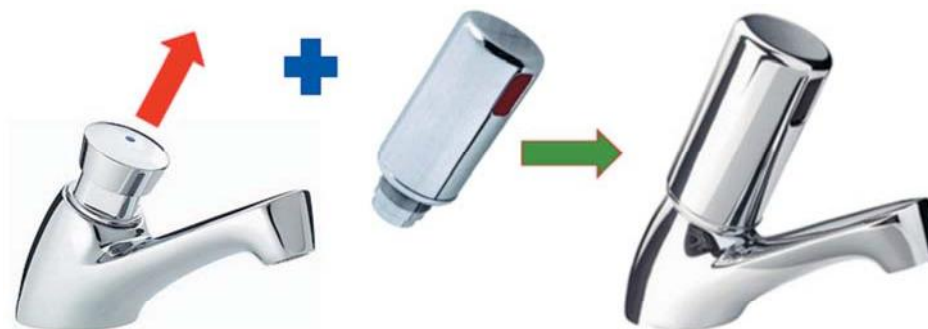


Figura 7. Conversión de un grifo temporizado tradicional en electrónico.

Otras griferías economizadoras de agua y energía

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

- a) Los **grifos de detección por infrarrojos**, los cuales basan su ahorro en la detección de las manos o el cuerpo mediante la emisión y detección por el rebote de rayos infrarrojos.
- b) Los **grifos electrónicos temporizados táctiles**. Lo último y más novedoso del mercado, pues aporta características de robustez, anti-vandalismo, temporización, etc. con nuevas funciones como la activación y desactivación a voluntad, disponiendo de una función temporizada que hace un cierre automático.
- c) **Grifos termostáticos**, los cuales nos aportan, principalmente, ahorro en energía, ya que adecuan y mezclan el agua en las proporciones apropiadas de forma automática, ofreciendo agua a la temperatura demandada por el usuario. El ahorro medio de energía suele ser superior al 18% de media y un 10% de agua adicional, al desaprovechar la mínima posible para obtener las mezclas a la temperatura deseada. Por coste, sólo suelen utilizarse en duchas, aunque están disponibles en lavabos, fregaderos, etc.
- d) Mezcla de estas tecnologías. Los más utilizados suelen ser los grifos de infrarrojos termostáticos, donde con un mando seleccionamos la temperatura y él solo activa y desactiva el suministro en función de la presencia del demandante.

Griferías y equipos optimizadores para duchas

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

Regaderas, alcachofas y cabezales de duchas

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula, pudiendo dividirse en dos: a) cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y,

b) mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo. Las alternativas que se nos pueden presentar son las siguientes, para el caso de cabezales de ducha:

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


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

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

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




Realizando un repaso y a modo de resumen, tendríamos:

Tabla 4. Soluciones economizadoras para mangos de ducha.

Metros cuadrados	% huecos	U valores CTE
Cambio del mango de ducha.	50 - 60	
Intercalar un limitador giratorio auto-vaciable, entre el grifo y el flexo de ducha. Ahorra agua y energía, vacía el agua contenida en el flexo y la ducha, evitando la legionella.	35 - 55	
Intercalar un reductor volumétrico o limitador giratorio entre el grifo y el flexo.	25 - 45	
Intercalar un regulador de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15 - 25	
Intercalar un interruptor de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15 - 20	
Intercalar a la entrada del mango un limitador de caudal (sólo válido para algunos modelos)	15 - 20	

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

Tabla 5. Soluciones economizadoras para duchas fijas.

Tipo de equipo y solución	Ahorros	U valores CTE
Intercalar un reductor volumétrico o limitador fijo a la entrada.	35 - 65	
Intercalar un limitador volumétrico en el tubo o cuerpo de entrada.	20 - 35	
Para brazo o fija a la pared.	15 - 20	

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

Urinaris sin agua

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

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

Hoy en día ya se dispone de urinaris sin agua y estas tecnologías que están basadas en la trampa de olores, permiten utilizar urinaris secos, ya que los orines y

los amoníacos que lo componen, quedan atrapados en su mecanismo o sifón, debiendo única y exclusivamente, realizar una limpieza diaria de la loza del mismo, por el personal de limpieza y utilizar un limpiador específico para tal fin.



Figura 8. Urinario sin agua, cartucho y explicación de la trampa de olores.

Técnicas y sistemas de ahorro vertederos e inodoros o WC

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

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

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

Fluxores para inodoros y vertederos

Los fluxores vienen a ser como los grifos temporizados para los inodoros, aunque también suelen montarse en vertederos y tazas turcas. Estos equipos utilizan el mismo principio de funcionamiento que los grifos temporizados, estando pensados para sitios públicos de alto tránsito.

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

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



Figura 9. Fluxor tipo y pistón ecológico de optimización.

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

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos eco-pistones especiales (*Figura 9*), a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas aumenta.

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

Tanques o cisternas con pulsador interrumpible

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

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

Tanques o cisternas con tirador

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

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

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

Tanques o cisternas con doble pulsador

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

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

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

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

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

Nos preocupamos por el Medio Ambiente

¡¡¡ Ayúdanos !!!

Ahorra Agua

Esta cisterna dispone de un Sistema Ecológico de Pulsador Interrumpible, que le permite cancelar la descarga de agua, al pulsar una segunda vez.

Descarga Completa

Descarga Parcial



No derroche el Agua, es un bien escaso y el mejor legado que podemos dejar a las futuras generaciones.

Figura 10. Ejemplo de pegatina para mecanismos de inodoro de pulsador interrumpible.

6.5.2. Soluciones eficientes en el calentamiento del agua

En un centro que se dedica a ofrecer tratamientos hidrotermales es importante que se tengan en cuenta los mecanismos para calentar el agua, tanto de las piscinas como la de los sanitarios que encontramos, por ejemplo, en vestuarios. Aunque se trata en profundidad en la presente guía, sólo vamos a citar unas técnicas ecológicas de calentamiento de agua en SPA y balnearios.

- **Energía Solar:** Debería ser la fuente de energía principal de la instalación, la cual se usaría para el calentamiento del agua de las zonas de terapias y duchas. Lo más económico es calentar agua con el Sol, pero como esto es imposible, se debe de tener una fuente alternativa que sirve de apoyo al sistema principal.

En instalaciones con paneles solares, se debe de tener en cuenta que en las épocas de otoño, primavera y principalmente en verano, se va a generar una energía, la mayoría de las veces, superior a la demanda, por lo que el sistema a elegir deberá ser flexible ante poca demanda o temperaturas de consigna conseguidas.

- **Bomba de calor:** Tras la energía solar, éste es el sistema más eficiente. Lo ideal es diseñar un sistema con un COP (*relación entre la potencia consumida y aportada*) que amortigüe las variaciones de temperatura exterior.

Si se ha diseñado correctamente la bomba, se podrá utilizar una enfriadora condensada por agua, de manera que el calor que se genera para producir frío podría utilizarse para ceder calor al agua de una piscina, por ejemplo, o para calentar el agua para agua caliente sanitaria; obteniendo energía a coste cero.

- **Intercambiadores agua-agua:** En muchas comunidades autónomas (*por ejemplo la Comunidad Autónoma de Madrid*), es de obligado cumplimiento renovar un porcentaje de la instalación. Por ejemplo, en el ámbito normativo de piscinas, se obliga a renovar un 10% del volumen total de agua del vaso, haciendo que se deseche agua caliente, con la consecuente pérdida de energía consumida y de componentes químicos demandados en su depuración.

Desde el punto de vista de la eficiencia, sólo se debería tirar agua cuando realmente se precise. Se desearía toda masa de agua con temperatura inferior a unos 34 – 36 °C, y mediante un intercambiador se cede gratuitamente calor al agua que vamos a incorporar como agua de renovación.

6.5.3. Técnicas en el diseño de circuitos presurizados y eficientes

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en un consumo adecuado o en exceso. A continuación, se describe cómo se podrían optimizar las instalaciones de este tipo de centros (*spa y balnearios*), con zonas comunes y/o zonas de vestuarios, duchas, etc.

La energía utilizada en los diversos y variados procesos, requiere en muchos casos el calentamiento del agua para el mismo, por lo que optimizar su calentamiento o enfriamiento, así como adecuar las temperaturas y caudales a lo requerido, será una forma directa de reducir los costes de producción.

La utilización de mezcladores termostáticos para lograr agua a una temperatura determinada; las sondas y termostatos que permiten detectar cambios sustanciales de temperatura; los medidores de nivel de líquidos, así como un sinnúmero de técnicas existentes en el mercado, habrán de ser analizadas por los responsables o técnicos de mantenimiento de estas instalaciones, para ver de qué forma se puede disminuir el consumo de agua y energía en el centro o instalación.

En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro de agua, ésta, si es caliente, deberá ser lo más corta posible, y si la distancia es elevada desde el punto de calentamiento al último de consumo, convendrá realizar un anillo de recirculación, para evitar que se derroche agua hasta que salga caliente, y minimizar los tiempos de espera hasta que empiece a llegar con la temperatura adecuada.

Este anillo conviene que sea lo más corto posible y que se alimente de agua caliente, la sobrante del retorno (como agua más fría) y la toma que llega del calentador o acumulador. De esta forma el anillo conseguirá muy fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un mezclador termostático, con aporte de retorno, como en la Fig. 11, donde el agua no consumida, retorna al mezclador aportándose como agua fría, para que al mezclarse con la caliente, podamos ofrecer el agua a la temperatura deseada.

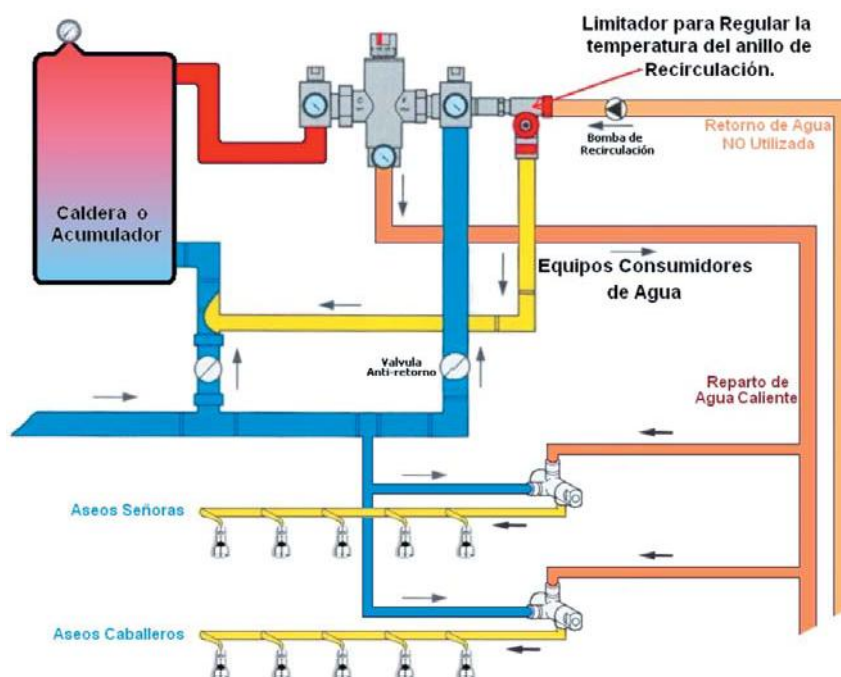


Figura 11. Circuito optimizado termostático de agua caliente con anillo de recirculación.

La eficacia de este circuito es máxima, tanto si la grifería ofrece capacidad de regulación al usuario, como si ésta es agua premezclada sin posibilidad de que el usuario seleccione la temperatura (*muy utilizado con griferías temporizadas*); siendo recomendable en este segundo caso, incluir un mezclador termostático, para ajustar la temperatura con mayor precisión, tanto en verano, como invierno, pues la diferencia de temperatura, varía en más de 10 °C de una época a otra.

De cara al cumplimiento del RD 865/2003, el agua caliente que alimenta al mezclador ha de poder alcanzar al menos los 70 °C para poder realizar los tratamientos de mantenimiento de choque; el anillo de recirculación ha de poder alcanzar los 60 °C en su retorno o en cualquiera de los puntos de salida.

La instalación de anillos de recirculación, con aprovechamiento del agua de retorno y los mezcladores termostáticos, posibilitan ajustar la cantidad de agua consumida a la mínima necesaria; y el aprovechamiento energético de ésta, es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16% sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua en espera, que tradicionalmente se derrocha con otros sistemas, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de consumo y su red de distribución, otro de los puntos de alto consumo de agua y energía está motivado por la presión de los circuitos, y las pérdidas de carga de estos cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos de consumo.

En el primer caso, un exceso de presión provoca un aumento del consumo de agua que puede cifrarse perfectamente en un 15% por cada incremento de presión de 1 bar, considerando como presión media, 2,5 bares.

Como ejemplo, una ducha tradicional o normal consumirá de media unos 12,5 litros minuto a 1,5 bares, unos 16 litros a unos 2,5 bares y unos 18,5 litros minuto a unos 3,5 bares de presión.

Como se observa, un mismo equipo consumirá más o menos en función de la presión a la que se efectúa el suministro. Para resolver esto, es recomendable instalar reguladores de presión, pues las líneas de reparto han de considerar los caudales necesarios para que, en simultaneidad, den abasto a suministrar todo el agua que se demanda, aunque por lo general, técnicos, ingenieros y arquitectos, utilizan fórmulas estandarizadas que nos alejan de la realidad, existiendo un porcentaje elevadísimo de exceso de presión con lo que ello supone de incremento del consumo.

Para resolver estos problemas, no hay que bajar la presión general, que en algunos casos es una solución válida, sino intercalar en los ramales finales de distribución, los citados reguladores, que ajustarán la presión a la deseada; permitiendo diferenciar zonas donde se requiera más o menos, y sin que esto afecte a líneas bien calculadas o adecuadas.

Estas medidas son recomendables tanto para agua fría como para agua caliente, pues es muy habitual que exista una diferencia de presión entre una línea de suministro y otra, (*desequilibrio de presiones*), lo que puede provocar problemas muy graves en la calidad del servicio ofrecido, por inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como al momento siguiente muy caliente, o tienen que estar constantemente regulando la temperatura.

Esto se debe a la invasión del agua con mayor presión en el circuito de suministro contrario, ocupando y enfriando/calentando la cañería al principio y hasta que se equilibran las presiones, llegando de golpe el agua original, una vez que se ha consumido la que había invadido la cañería contraria, llevándose un sobresalto el usuario, al cambiar de golpe varios grados la temperatura.

La solución pasa por equilibrar las presiones o, si no se pudiera, habría que montar válvulas anti-retorno en las griferías, pues es donde se mezcla esta agua y donde se produce el paso de una cañería a otra.

Este problema aparte de ser muy grave en cuanto a la calidad del servicio ofrecido, hace que se consuma mucha más agua y que los tiempos de espera en regulación sean mayores, considerándose que este problema puede aumentar el consumo de agua en más del 10%; por lo que atajarlo, aportará beneficios tanto económicos, como de calidad en el servicio ofrecido hacia los usuarios de las instalaciones.

Por último, no se debe olvidar que una mala protección o recubrimiento inadecuado o inexistente de la red de distribución de agua caliente, puede generar pérdidas superiores a un 10% del rendimiento del circuito, por lo que su protección correcta y apropiada y un mantenimiento adecuado, serán claves para reducir la factura energética del centro.

6.5.4. Técnicas eficientes de depuración y filtración

En este repaso que se está dando a las técnicas eficientes y ecológicas en centros termales como los SPA o balnearios, donde el agua es protagonista prin-

principal de la actividad, un área a cubrir son las técnicas eficientes en cuanto a la depuración y filtración del agua de los diversos vasos existentes en la instalación. Una posible opción pasa por la instalación de varios motores y elementos de filtración que ofrecen muy buenos resultados.

En cuanto a los motores, en estos centros, donde las temperaturas del agua rondan los 36 °C, la filtración cobra un mayor protagonismo que en otras instalaciones (*cuatro veces más que en una piscina convencional*) y, por lo tanto, el número de horas de funcionamiento es mucho mayor. Por ello, la incorporación de variadores de frecuencia alarga la vida de los mismos.

Respecto a los medios filtrantes, arenas, dolomitas y similares son los elementos filtrantes por antonomasia, aunque el consumo de agua, para poder limpiarse, es muy grande, además de los productos químicos a utilizar en la etapa de desinfección.

El problema viene derivado de que estas arenas tienen una vida útil de unos determinados años, y pasados estos, hay que sustituir el lecho por uno nuevo, ya que la superficie específica de la misma pierde las propiedades y la pérdida de carga de consigna es alcanzada, cada vez, en menor tiempo, con el consumo de agua que se tiene en el proceso de limpieza.

Una mejora en este campo viene por la sustitución de estas arenas por cristal, ya que éste no presenta tantas imperfecciones como la arena. Esto se traduce en que la cantidad de agua que se va a necesitar para el proceso de limpieza, va a ser menor, del orden de un 50% inferior, según estudios publicados hasta la fecha. Otro punto importante a considerar es la necesidad de utilizar una menor cantidad de productos químicos (*un 30 – 80%*), con ahorros de agua en un 50% aproximadamente.

6.5.5. Técnicas de cubrición térmica de vasos

Aunque se ha dejado como último punto, quizás sea el aspecto que más pueda hacer por un consumo sostenible, y además, sin gasto de energía alguno.

Aparte de la pérdida térmica existente en la lámina de agua debido al aumento de la temperatura, también hay una pérdida de agua debido a la evaporación del agua en la interface entre la lámina de agua y la atmósfera. Ésta puede ser de mayor o menor magnitud dependiendo, también, de la forma que tenga la misma

6.6. Consejos generales para economizar agua y energía

6.6.1. En salas de calderas, calentadores y redes de distribución

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

6.6.2. En los puntos de consumo

- Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.
- Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evitan olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.
- Instalar o implementar medidas correctoras del consumo: perlizadores, alcahofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc.

6.6.3. En el centro y en puestos de trabajo de personal administrativo

- Realizar campañas de sensibilización que transmitan la preocupación por el medioambiente, lo que les ayudará a mejorar la imagen del centro y disminuirá las facturas de los suministros.
- Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos.
- Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas para que los empleados tengan presente cómo actuar ante distintas situaciones.
- No utilizar el inodoro como «papelera» de cualquier tipo de residuo.

6.6.4. En jardinería y paisajismo

- El exceso de agua en el césped produce incremento de enfermedades, raíces poco profundas y grandes facturas.
- No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.
- La hora ideal para regar debería ser entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana, a esta hora el viento no interfiere en el riego y no hay, prácticamente, evaporación de agua.
- Diseñar sistemas de riego eficientes: goteo, difusores de corto alcance,...

- Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma, zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, cactus, crasas y flora autóctona estarían en un grupo con necesidades bajas.
- Elegir especies autóctonas o alóctonas aclimatadas a la climatología de la zona.
- La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90 %.
- Uso de hidrogeles que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y a la vez acumulan agua, liberándola hacia las raíces más lentamente.
- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

6.6.5. En la limpieza de las instalaciones

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

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

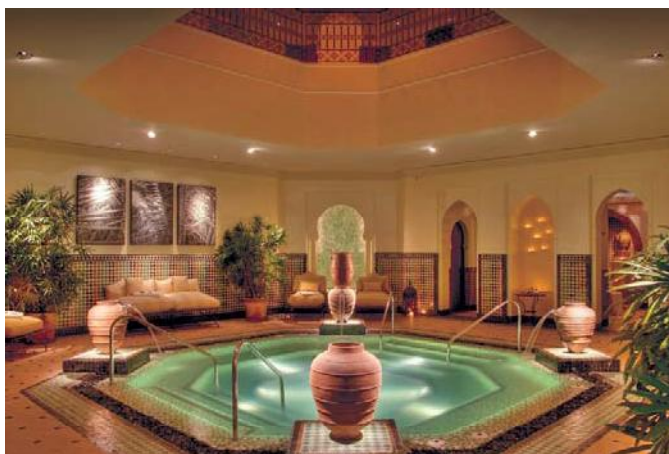
Recuperación de la energía de aguas grises en el diseño de spas y vestuarios

7.1. Introducción

Desde hace siglos, el disfrute de balnearios o «establecimientos de baños» sobre todo de tipo termal, a sido percibido como un signo social de calidad de vida. Históricamente, sólo aquellas sociedades con mayor poderío económico contaban con la presencia de este tipo de edificios, cuyas instalaciones eran accesibles para unos pocos privilegiados.

Así pues, el acceso a estas instalaciones era un símbolo de distinción, al menos en aquellos lugares donde no existían recursos geotérmicos de alta entalpía. Sin embargo, en nuestra historia más reciente, la gestión de la energía fósil aparentemente infinita ha obrado el milagro, y en las nuevas sociedades de la abundancia no hemos visto impedimento alguno para crear multitud de entornos artificiales de relax y esparcimiento, emulando escenarios nórdicos donde la generación térmica es de origen natural.

Nacen de este modo todo tipo locales alentados por la moda y los innegables beneficios de la hidroterapia, empleando el agua como agente terapéutico en una variada gama de usos, modos, y consumos energéticos e hídricos. Así aparecen vasos de piscinas con toda suerte de juegos de agua y duchas especiales con flujos de agua a diversas temperaturas para provocar el contraste térmico de los usuarios.



Fotografía 1. Spas y diseño. Fuente: A-TRIO Arquitectos.

Actualmente, un hotel no es un buen hotel si no tiene un spa o sustituto similar. Llegados al punto de que un elevado porcentaje social ha asimilado el uso de este tipo de establecimientos urbanos dentro de su concepción de calidad de vida, y que no se va a renunciar a ellos, debe ponerse en evidencia el problema energético que representa, tanto para el empresario que lo gestiona como para la sociedad entera, debido a sus significativos consumos.

7.2. Identificación de los consumos de energía

La orientación de este capítulo está dirigida exclusivamente hacia la recuperación de la energía contenida en el agua, una vez ha concluido su uso sanitario específico, ya sea con fines terapéuticos, de ocio, etc., también llamadas «aguas grises». No obstante, y antes de comenzar a concretar, me permito una breve licencia sobre algunos puntos ajenos a este título.

Cualquier lector de esta guía, tras una sugerida instrucción convendrá conmigo en que las condiciones termo-higrométricas del correspondiente ambiente de estos locales, así como el uso y la afluencia de más o menos usuarios, son características determinantes para la cuantificación de la cantidad de vapor generado y por tanto de las pérdidas de calor, en gran parte latente. Pero esas pérdidas por evaporación, que refrigeran el agua de las piscinas, son ahora el calor del ambiente, y siguen estando dentro de nuestro ámbito de recuperación de energía, cosa que podemos realizar con el correcto dimensionamiento del equipo deshumectador.



Fotografía 2. Centro de hidroterapia. Fuente: Hidroingenia.

Estos equipos basados en bomba de calor pueden reingresar el calor contenido en el aire, de nuevo en el agua, o repartirlo entre agua y ambiente. Con la expresión «ámbito de recuperación de energía» se pretende indicar que el calor aún está en nuestro territorio de actuación, y que aún podemos gestionarlo y reconducirlo, al menos en parte debido al aumento de entropía.

Es habitual observar cómo la elevada temperatura del aire, necesaria para garantizar confort térmico a los clientes, favorece la fuga térmica por todos los cerramientos de la envolvente, muchas veces con las también habituales condensaciones. Es de suma importancia analizar esa envolvente y aportar las soluciones constructivas que eviten la transmisión de energía hacia el exterior del recinto, ya sea por fachada, suelo u otros cerramientos interiores del edificio en que el spa se encuentra integrado.

En otras palabras, si aplicamos criterios del tipo Passivhaus (p.ej.) en estos locales, incluso utilizando un calculado y reducido caudal de aire exterior así como su recuperación, podremos centrarnos en los (ahora sí) únicos consumidores de energía térmica (o casi), y que son todos aquellos de uso hídrico descritos anteriormente. Una vez tomadas esas medidas de contención térmica, el equipo deshumectador podrá diseñarse de modo que reconduzca el 100% de la energía del aire, de nuevo al agua.

Centrando de nuevo el tema en la recuperación de energía de aguas grises, deben identificarse los distintos consumos y concentraciones de calor en este medio.

7.2.1. Piscinas

El agua contenida en el vaso de las piscinas presentará una u otra temperatura en función de su uso. Así pues, existen piscinas de contraste que contienen desde agua a temperatura de red hasta hielo, piscinas de nado, de aprendizaje para niños, jakuzzis, terapéuticas, etc. Con temperaturas que van desde los 0 °C a los 34 °C.

Puesta en marcha: Cálculos básicos

Omitiendo de este análisis las piscinas frías o de contraste, la energía que se inyectará en los vasos será función del volumen de agua y del incremento de temperatura del agua desde las condiciones de la red hasta las condiciones finales:

$$E = V \cdot d \cdot c_p \cdot (T_{\text{red}} - T_{\text{final}})$$

siendo:

E = Energía térmica [kWh].

V = Volumen de agua [m³].

d = Densidad absoluta del agua. Podemos considerar un valor constante de 1.000 [kg/m³].

c_p = Calor absoluto del agua. Podemos considerar un valor constante igual a 1,1627 · 10⁻³ [kWh/(kg · °C)].

T_{red} = Temperatura del agua de red, para llenado y compensación de pérdidas hídricas. Usualmente presenta valores entre 10 y 14 [°C] según zonas geográficas, y es frecuente asignarle un valor igual a la temperatura exterior media mensual.

T_{final} = Temperatura final del agua para un uso concreto en [°C].

Así pues, si después de unos trabajos de mantenimiento se desea poner a régimen una piscina de nado de 100 m³ con agua a 28°C, la energía térmica que habrá que aportar, sabiendo que la temperatura del agua de red es de 13 °C será:

$$E = 100 \text{ [m}^3\text{]} \cdot 1.000 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 1,1627 \cdot 10^{-3} \text{ [kWh/(kg} \cdot \text{°C)]} \cdot (28 \text{ [°C]} - 13 \text{ [°C]}) = 1.744 \text{ [kWh]}$$

A partir de este sencillo cálculo, se puede establecer la necesidad de potencia térmica útil instalada, definiendo previamente el tiempo de puesta en marcha:

$$P = E / t$$

siendo:

P = Potencia térmica [kW].

T = tiempo [s], en este caso tiempo de puesta en marcha.

Continuando con el ejemplo anterior y obviando pérdidas, si se desea una puesta a régimen en un plazo de 8 horas (1), la potencia instalada necesaria será muy superior a la que correspondería a un plazo de dos días (2):

$$(1) \quad P = 1.744 \text{ [kWh]} / 8 \text{ [h]} = 218 \text{ [kW]}$$

$$(2) \quad P = 1.744 \text{ [kWh]} / 48 \text{ [h]} = 36,3 \text{ [kW]}$$

Visto de este modo, la ampliación del período de puesta a régimen, unido al empleo de un cobertor, puede suponer un importante decremento en el coste de la potencia instalada, abriéndose la puerta al empleo de energías renovables, muchas veces ausentes por llevar asociado un coste de instalación menos asequible.

Mantenimiento: Reposición de pérdidas de agua caliente

Cualquier pérdida de agua caliente del vaso de la piscina deberá reponerse.

La normativa obliga a realizar una renovación mínima diaria de agua de las piscinas del 5%. Esta cantidad aplicada a nuestro ejemplo, representa un volumen diario de 5 [m³], y un aporte extra de 87,2 [kWh]. El simple hecho de llevar a cabo esta renovación implica disponer de una potencia térmica mínima de mantenimiento sólo por esta causa de 3,6 [kW].

Si consideramos también el volumen de agua evaporado, este computará en la misma dirección, y del mismo modo, si supera el volumen de renovación anterior. En este sentido son de gran influencia la temperatura del ambiente, el número de usuarios y los juegos de agua (cascadas cervicales, volcán de agua, jets de hidromasaje, nado contracorriente...). El uso simultáneo de estos accesorios puede generar una enorme fuga de agua hacia el ambiente. Sin embargo se insiste en la posibilidad del reingreso de un porcentaje de ese calor en el agua mediante métodos electromecánicos (deshumectador).



Fotografía 3. Ejemplo spa. Fuente: Promeco.

De un modo ideal, puede ser interesante igualar las pérdidas térmicas, o volumen de agua, por evaporación desde la lámina de agua y por renovación de agua del vaso.

Otras pérdidas de energía se dan por el lavado de filtros, tarea programada de mantenimiento en que se hace pasar cierto caudal del agua caliente del propio vaso por los elementos de filtrado de arena, debiendo reponerla posteriormente.

Nota: La temperatura del aire debe estar comprendida entre 2° y 3 °C por encima de la temperatura del agua, pero con un límite superior de unos 30 °C. Algunos escenarios son calculados con ambientes a 34 °C por el mero hecho de que el agua del jakuzzi está a 32 °C, aludiendo al confort térmico, y sin embargo lo que se está provocando son unas condiciones de temperatura y humedad totalmente insalubres, sobre todo para los espectadores. Una vez más, la mayor generación de vapor debido a una menor diferencia de temperatura entre aire y agua deberá ser compensada por el trabajo de la máquina deshumectadora.

7.2.2. Vestuarios y duchas especiales

Con frecuencia los gestores y usuarios de piscinas cubiertas, balnearios y spas urbanos piensan en estos entornos como en grandes depredadores de calor, culpando de la enorme factura energética sobre todo a las piscinas de estos complejos.

Sin embargo, ya se ha visto que invertir en un mejor aislamiento de los cerramientos puede reducir significativamente las pérdidas. Aún así, probablemente el mayor consumo en estos centros sea el que corresponde al uso de agua caliente sanitaria, no ya en el mantenimiento de las condiciones de las piscinas, sino en vestuarios y en duchas especiales, siendo obviamente función del número de usuarios y de servicios.

El uso continuado de distinta suerte de duchas, chorros, pediluvios, etc., con fines tanto higiénicos como sanitarios, muchas de ellas compuestas por múltiples boquillas de agua, pueden suponer un consumo de ACS superior a los 2 m³/día por servicio. De este modo, un establecimiento que disponga de un nutrido conjunto de opciones hídricas y vestuarios tendrá un gasto en agua y energía muy elevado, que se irá literalmente «por el sumidero».

Un hecho llamativo en muchas piscinas climatizadas y polideportivos, es la percepción de sus gestores de que el consumo es debido a motivos de calefacción del ambiente o del vaso de las piscinas, cuando en realidad se debe al ACS de los vestuarios.

Así pues, en este escenario en que el consumo de energía es directamente proporcional al consumo de agua, es de vital importancia localizar e implementar todas aquellas medidas reductoras de caudal sin merma de los objetivos de uso: aireadores, boquillas de bajo consumo, etc.

Visto que la mayor fuga térmica puede estar originada precisamente por el deshecho de aguas grises, se deben localizar técnicas que la acoten.

7.3. Recuperación de energía

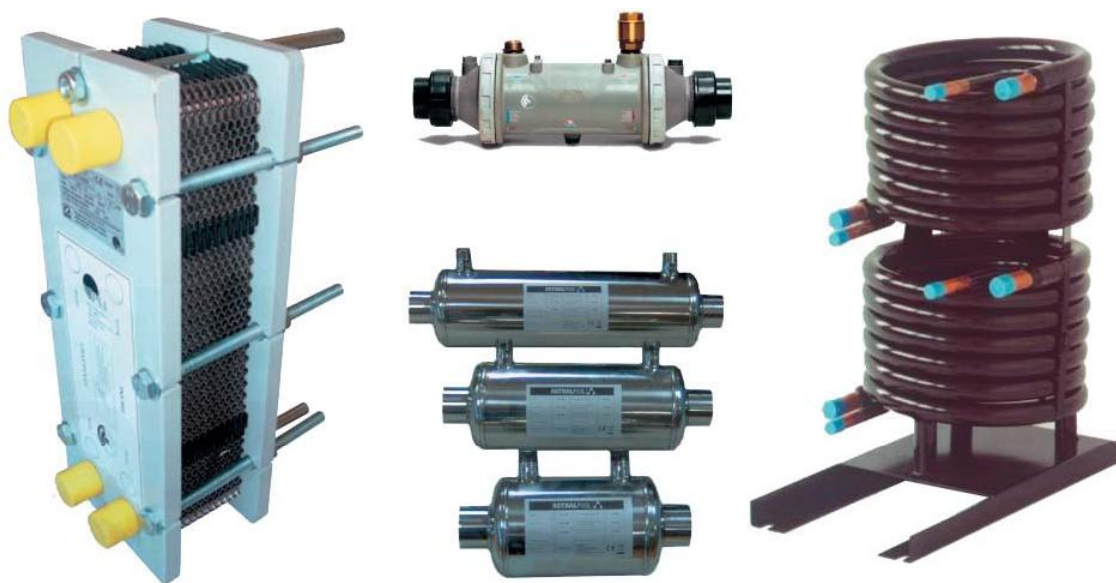
Ya que estas instalaciones precisan de una elevada reposición de agua caliente con fines sanitarios, debido fundamentalmente al lavado de filtros y a la reposición por renovación diaria del 5% del volumen de las piscinas (vasos y sistema de compensación), así como al uso de ACS en vestuarios. Este volumen de agua debe reingresarse en el sistema en un punto previo a los depósitos intermedios de ACS y a la temperatura proyectada, para lo que habrá que calentarla desde la temperatura de entrada de la red de agua fría sanitaria.

7.3.1. Intercambiadores agua/agua

Un sistema de recuperación pasivo de la energía contenida en estas «aguas grises» consiste en el uso de un intercambiador agua/agua, donde la cesión de energía residual es transmitida al flujo de agua entrante de reposición desde la red. No obstante, el caudal de agua gris deberá ser previamente almacenado, filtrado y probablemente impulsado por bomba hidráulica.

Para estos usos puede ser interesante el empleo de intercambiadores tubulares coaxiales con flujos a contracorriente, que pese a presentar rendimientos algo inferiores al intercambiador de placas, son elementos pasivos que pueden llegar a no precisar de consumos adicionales de energía. Estos intercambiadores deben emplear materiales como el titanio o cuproniquel, con un buen comportamiento anticorrosivo resistente a agentes químicos presentes en el agua tales como cloro, bromo, etc.

Lógicamente, los correspondientes circuitos hidráulicos de desagüe, filtrado y reposición de todas las aguas grises involucradas, deberán estar correctamente aislados mediante coquilla elastomérica o similar para evitar pérdidas, al igual que el propio intercambiador. Es necesaria la existencia de un dispositivo de limpieza automática, de modo que desaparezca el peligro de la aparición de depósitos en las superficies del intercambiador en el momento de su enfriamiento, debido a jabones, grasas y otras sustancias líquidas en el agua caliente.



Fotografía 4. Intercambiadores de calor. Fuente: Astral Pool; ACP Termotécnica.

Por supuesto, existe la opción de emplear intercambiadores agua-agua de placas corrugadas, o de haz tubular, de acero AISI-316 o titanio. Estos dispositivos deberán incluir un sistema de filtrado con bomba de circulación, y regulación mediante sondas y válvula motorizada de dos vías. Aguas arriba deberá redimensionarse la bomba de recirculación, caso de existir, de modo que se adecue a la pérdida de carga originada en el intercambiador. Adicionalmente debe considerarse la opción de incluir una bomba de recirculación en el primario del intercambiador.

7.3.2. Bomba de calor

La bomba de calor agua/agua se emplea para la transferencia de energía térmica de un volumen o flujo de agua a otro. En realidad, al igual que a los anteriores intercambiadores agua/agua se les puede considerar recuperadores de calor *pasivos*, ya que no consumen energía por sí mismos, las bombas de calor son recuperadores *activos*, también llamados *termodinámicos*, disponiendo de un compresor que consume energía eléctrica. Por otro lado, al contrario de lo que sucede con la potencia térmica recuperada en el intercambiador, muy dependiente de la diferencia de temperaturas entre los dos flujos de agua, en la bomba de calor dicha potencia es prácticamente constante.

Este consumo eléctrico vendrá determinado por el rendimiento o COP de la máquina. De igual modo que en las bombas de calor geotérmicas los rendimientos son muy elevados, debido al aprovechamiento de una fuente de energía estable, en este caso sucede lo mismo, ya que usualmente la temperatura del agua procedente de piscinas, duchas y aseos, almacenada en un depósito previo, suele presentar un valor más o menos constante dentro de unos márgenes definidos.

TRANSFERENCIA DE CALOR DE LAS AGUAS GRISES AL AGUA SANITARIA



Figura 1. Bomba de calor agua/agua. Fuente: Alter Technica.

El esquema muestra como el calor contenido en un flujo de aguas grises es transferido al flujo de agua sanitaria. De este modo se obtiene como resultado un precalentamiento o atemperamiento del agua de red, a cambio de un agua de deshecho mucho más fría. Por supuesto, este agua se puede recuperar para otros usos, tales como cisternas de inodoro o riegos. La temperatura alcanzada por el ACS será función de la potencia térmica de la bomba de calor y su COP en unas determinadas condiciones, que usualmente serán altos.

7.3.3. Combinación de sistemas

Los rendimientos de los elementos anteriores son relativamente altos, pero pueden mejorarse enormemente mediante el empleo de una sistema combinado de recuperaciones pasiva y termodinámica basado en intercambiador más bomba de calor según el esquema descriptivo adjunto. En él se aprecia que el caudal de agua de red a la salida del intercambiador «pasivo» pasa por otro intercambiador agua/refrigerante, disipando la energía térmica de la batería condensadora de la bomba de calor.

De este modo, el agua de red alcanza una temperatura próxima a la de servicio (35 °C) que puede ser incluso inyectada directamente en los citados depósitos de ACS. Por otro lado, el agua gris pre-enfriada en el intercambiador pasivo pasa por la batería correspondiente al evaporador de la bomba de calor, cediendo su energía al sistema para finalmente conducirse a la red de drenaje del edificio, o para ser recuperada para otros usos hídricos no necesariamente sanitarios.

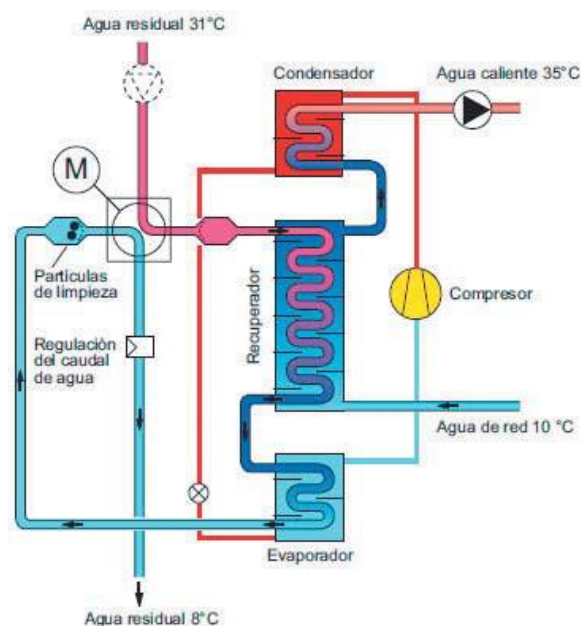


Figura 2. Recuperación de aguas grises. Fuente: Menerga.

A causa del efecto combinado del intercambiador y la bomba de calor, sólo es preciso una pequeña fracción de la cantidad de energía que sería necesaria para un calentamiento convencional, en el calentamiento de la reposición del mismo volumen de agua evacuado, pudiendo llegar a suponer tan sólo el 10% del consumo anterior. En condiciones ideales, el COP combinado puede superar el valor de 10, incluyendo en el cómputo las potencias absorbidas por el compresor y las bombas hidráulicas de ACS y de agua residual.

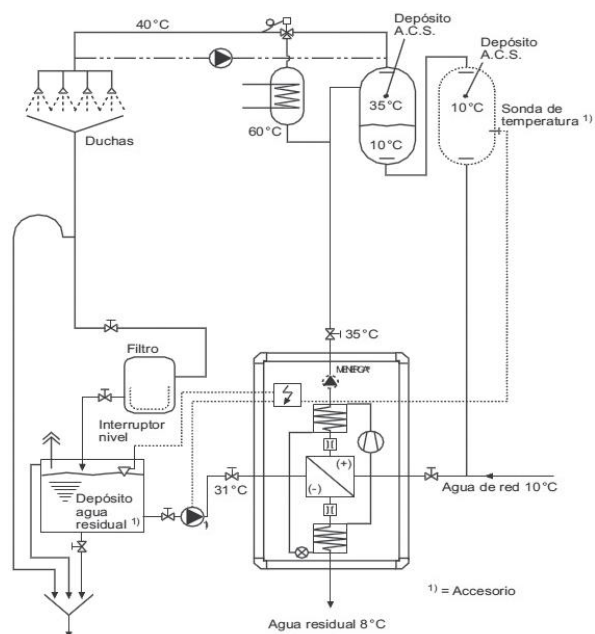


Figura 3. Esquema de principio de la recuperación de AG. Fuente: Menerga.

Existe un desfase en el tiempo entre la producción de agua residual respecto al consumo de ACS, así como un distintos caudales, por lo que es importante disponer de un sistema de acumulación consistente en un depósito de agua sucia o gris. El agua será extraída de este depósito mediante una bomba, cediendo su calor en el equipo de recuperación combinada, y enviándola a la red de desagüe o a los depósito de recuperación de agua gris. Simultáneamente se calienta el mismo caudal de ACS, enviándolo mediante otra bomba a su correspondiente depósito.

Otro pequeño depósito de agua caliente se utiliza para mezclar el agua para las duchas a la temperatura deseada y para cubrir posibles puntas de consumo. Los depósitos de agua residual y de agua de red normalmente deben contener el mismo volumen de agua.

7.4. Conclusiones

El control de las condiciones de temperatura y humedad en estos ambientes húmedos son todo un crucigrama termodinámico, muchas veces no resuelto. A este reto se suma ahora la introducción de parámetros de máximo confort y de eficiencia energética dentro del diseño conceptual de la instalación.

Salvando subjetividades, los escenarios futuros de frugalidad energética y la negativa social a la renuncia de signos garantes de calidad de vida, hacen inevitable la implementación de soluciones que sumen confort e ingenio. No es que antes no hubiese capacidad para hacerlo, es que no interesaba puesto que el coste de la energía no suponía un problema.



Fotografía 5. Spa vs. eficiencia energética. Fuente: alter tecnica.

Hoy día, es necesario meditar con intensidad sobre el coste energético de operación, sobre todo cuando se trata de grandes consumidores, como es el caso de los spa's y balnearios con una gran fracción de producción térmica no gratuita, de modo que la evolución del precio de la energía no sea determinante para el éxito de la empresa.

8.1. Introducción

En el consumo de energía, dónde los edificios representan el 40% de la demanda total final, se puede destacar:

- Unos precios energéticos crecientes, y ya no sólo debido a las situaciones geopolíticas sino también al aumento de la demanda mundial de combustibles fósiles, que son limitados en el tiempo.
- Por otro lado cabe destacar una mayor conciencia ambiental, tanto a nivel público como privado.
- Y consecuentemente, una legislación cada vez más exigente.

En esta situación actual, y en general, los edificios de nueva construcción obtienen una calificación energética E, D o a lo sumo C.

Solo edificios de nueva construcción, con un proyecto claramente orientado a ello, obtienen hoy en día una calificación energética A o B. Se les podría llamar edificios singulares.

Los edificios existentes tendrían una calificación energética F o G, calificación que está pendiente de aprobarse el RD de certificación por el Ministerio de Industria.

Así, el Código Técnico de la Edificación, ha cambiado ya la forma de proyectar instalaciones térmicas en edificios desde el año 2007, destacando la incorporación de tecnologías como la solar térmica o la microgeneración en todo tipo de edificios de nueva planta, y la certificación energética de edificios, un examen que debe pasar el edificio en términos de emisiones de CO₂, apoyado con herramientas como el Calener.

La transposición de la Directiva de la Unión Europea sobre el fomento de renovables en España, se espera a principios del año 2012, donde la participación de

equipos como paneles solares, bombas de calor, calderas de biomasa y equipos de microgeneración, serán protagonistas indiscutibles, junto a las calderas de condensación.

¿Cuál es la nueva y próxima situación?

La nueva directiva impondrá en dos fechas, 2018 para los edificios públicos y 2020 para todos los edificios, la obligatoriedad de considerar el edificio como un consumidor a la vez que generador de energía, para el abastecimiento de sus necesidades, con un objetivo de reducir al máximo la dependencia energética de las actuales redes de suministro.

La manera de conseguir que un edificio tenga un balance energético nulo se consigue con la combinación de 3 factores decisivos:

- 1) La mejora de los aislamientos de la envolvente del edificio (junto a la reducción de la demanda).
- 2) El uso de equipos eficientes (condensación, microgeneración).
- 3) Y el uso de energías renovables (solar térmica, solar fotovoltaica, bombas de calor, etc.)

Pero además también entrará en vigor la directiva de diseño ecoeficiente sobre productos que usan energía, con un análisis completo del ciclo de vida de los mismos, es decir, se valorará incluso el impacto medioambiental del desguace del equipo al final de su vida útil.

Y finalmente, se tendrá que cumplir también el etiquetado energético de equipos, donde se deberá informar no sólo del consumo del equipo sino de las prestaciones de una instalación completa formada por diferentes tipos de circuitos.

En este capítulo veremos las tecnologías de producción de calefacción y ACS, que ayudan a conseguir los objetivos presentes y futuros. Las tecnologías presentadas son las calderas de condensación así como la microgeneración, las cuales aportan un grado elevado de eficiencia energética.

8.2. Calderas de condensación

8.2.1. Principios básicos de la condensación

En una caldera clásica de tipo atmosférico, los productos de la combustión salen a una temperatura muy elevada, del orden de 130 a 150 °C. Esta elevada temperatura implica que se desperdicia una gran cantidad de energía.

Las calderas de condensación utilizan el principio físico de la condensación. Gracias a una serie de componentes específicos, como es un intercambiador sobredimensionado, estas calderas son capaces de enfriar los productos de la combustión hasta valores de unos 50 °C, propiciando que el vapor de agua que se genera en la combustión condense y se convierta en agua líquida. Lo importante de este proceso es que la reducción de la temperatura y el consecuente cambio de estado (de vapor a líquido) implica la recuperación de una energía denominada calor latente.

La recuperación de gran parte del calor latente conlleva un incremento en el rendimiento útil de la caldera que puede ser de hasta 108% para el gas natural.

El valor superior al 100% se justifica por que está tomado en base al PCI (poder calorífico inferior) del combustible. El PCI es la energía que se desprende de la combustión de un combustible sin tener en cuenta el calor de condensación del vapor de agua que se genera. Por otro lado, el poder calorífico superior (PCS) es la energía total que se desprende de la combustión incluyendo el calor de condensación extraído del vapor de agua que se genera. La diferencia entre el PCS y el PCI es el calor latente.

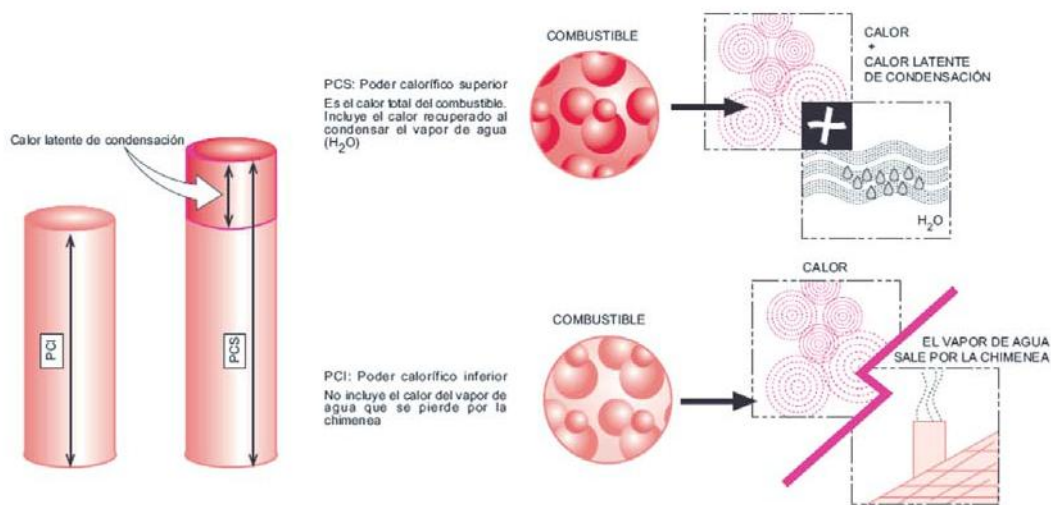


Figura 1. Diferencia entre el PCI y el PCS de un combustible.

Cuanto mayor es el cociente entre el PCS y el PCI más ventajosa resulta la condensación. En este sentido, el gas natural, con un cociente de 1,11 es el combustible con el que se puede obtener un mayor rendimiento (rendimiento teórico máximo sobre PCI del 111 %). El cociente para el propano sería 1,09 y para el gasóleo 1,07, resultando este último el combustible menos ventajoso.

	PCI (kcal/Nm ³)	PCS (kcal/Nm ³)	PCS-PCI	PCS/PCI
Metano (CH ₄)	8570	9530	960	1,11
Gas Natural	9400	10410	1010	1,11
Gas Propano	23160	25190	2030	1,09
Gas Butano	28700	31140	2440	1,09
Gasóleo*	10200	10870	670	1,07

*Valores en kcal/kg.

Tabla 1. PCI y PCS de los combustibles más habituales.

La reducción de la temperatura de los humos se consigue al hacer circular agua por el circuito primario con un retorno lo más bajo posible. Trabajar con bajas temperaturas medias de caldera conlleva la ventaja adicional de reducir las pérdidas de calor al ambiente, aumentando la eficiencia de la caldera.

El proceso de la condensación es progresivo y será más importante cuanto más cercana esté la temperatura de retorno a la temperatura de rocío. Dicha temperatura es la que marca el paso del estado gaseoso (vapor de agua) a líquido (condensados).

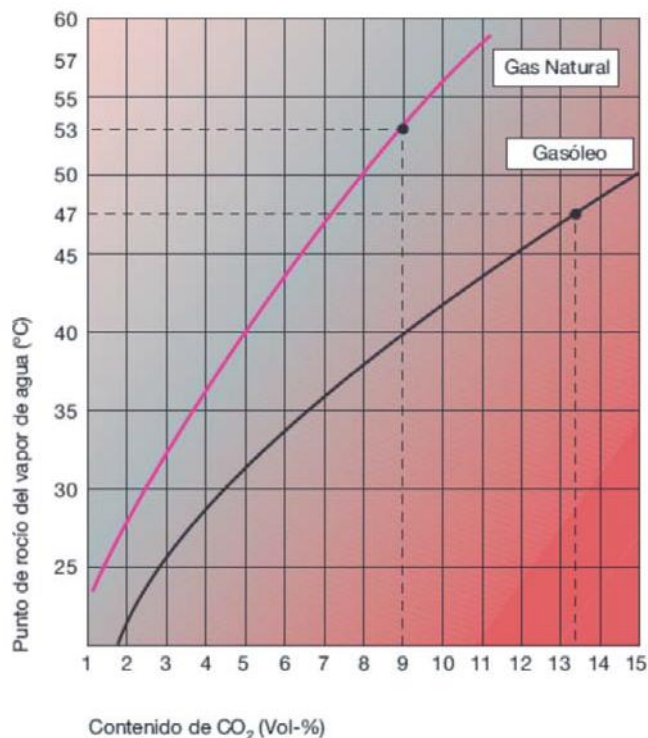


Figura 2. Temperatura de rocío según el contenido de CO₂.

La temperatura de rocío varía según el contenido de CO₂ de los productos de la combustión y según el combustible utilizado. Para el gas natural se sitúa alrededor de los 53 °C y para el gasóleo alrededor de los 47 °C. Esto implica que la condensación se iniciará antes en una caldera que funcione con gas natural que con gasóleo.

Con este tipo de calderas se logra una importante reducción en la emisión de contaminantes a la atmósfera. Por un lado, se reduce la emisión de CO₂ debido al elevado rendimiento estacional (hasta un 109,8% respecto el PCI según DIN 4702-8), que implica un menor consumo de combustible. Por otro lado, también se reduce sustancialmente la emisión de NO_x, hasta en un 80%, y de CO, hasta en un 90%, gracias a la premezcla aire-gas y al diseño especial del quemador.

El amplio rango de modulación que tienen estas calderas (hasta 1:6) permite ajustar de forma óptima el encendido de la caldera según la temperatura a la que entre el agua, reduciendo de esta forma el consumo de gas al mínimo necesario. La posibilidad de instalación en cascada es otra de las grandes ventajas de las calderas de condensación. Las calderas reguladas en cascada van arrancando y parando de manera secuencial en función de las necesidades de cada instante. La modularidad de la instalación es una garantía de servicio. La posible avería de una caldera de la instalación en cascada no impide el funcionamiento del resto, evitándose una pérdida total de servicio.

8.2.2. Componentes especiales de una caldera de condensación

La forma más simple de tener una caldera de condensación es partiendo de una caldera tradicional de baja temperatura, a la que se le añade un recuperador de calor en serie, de tal forma que el retorno de agua de la instalación se conduzca a la zona inferior del condensador, tal y como puede apreciarse en la figura 3. Dicho condensador puede estar integrado en la envolvente o ser externo. Esta última disposición es habitual en calderas de grandes dimensiones o de gasóleo.

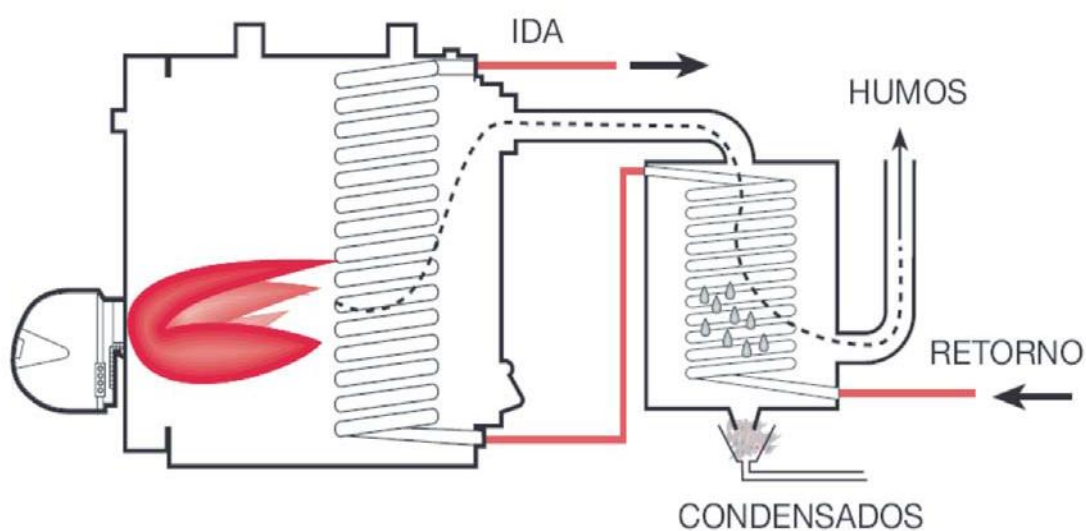


Figura 3. Caldera con condensador-recuperador separado.

Otra posibilidad es que el condensador esté integrado en la propia caldera, en cuyo caso existe un único cuerpo de intercambio con la superficie sobredimensionada respecto al de una caldera tradicional. La elevada superficie de intercambio, necesaria para poder extraer todo el calor de los humos, origina elevadas pérdidas de carga, por lo que se requieren potentes ventiladores. Este cuerpo tiene que estar concebido para permitir la evacuación de los condensados por gravedad. La disposición puede ser vertical u horizontal, figura 4. Los cuerpos de caldera más habituales suelen ser de acero inoxidable, más económicos, ó bien una aleación de Al-Si, que tienen la propiedad de presentar una buena resistencia a la corrosión en base a la formación de una capa superficial protectora de óxido de aluminio.

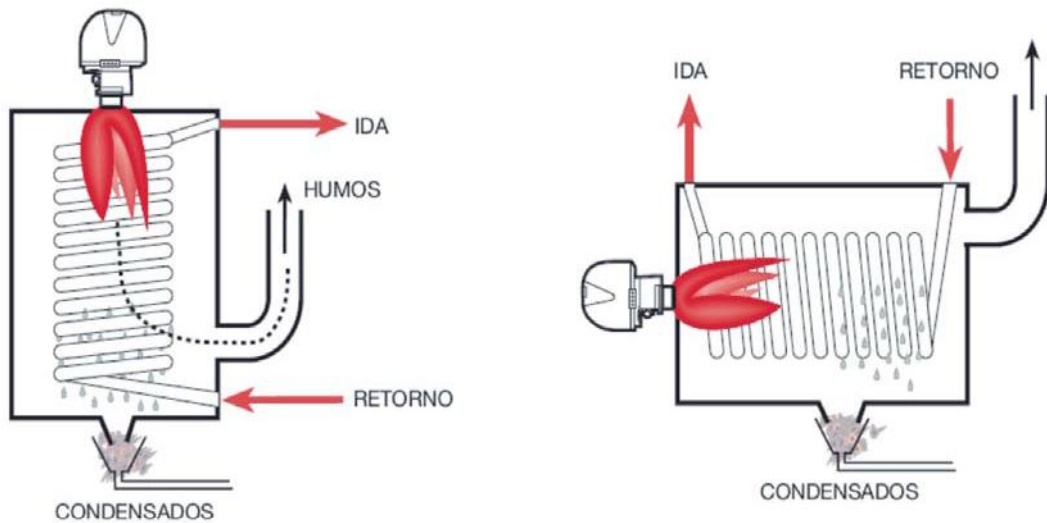


Figura 4. Caldera con condensador integrado.

En lo que respecta al grupo de combustión, es de gran importancia en la técnica de condensación por su función en:

Ajuste del exceso de aire al nivel mínimo posible para elevar la temperatura de rocío y facilitar así la condensación. En calderas de gas suele trabajarse con un exceso de aire del 30% (9% de CO_2).

Nivel de modulación lo más amplio posible.

Ambos aspectos se consiguen mediante el empleo de un ventilador de velocidad variable. Este ventilador puede ser aire-gas o solo aire, modificando siempre su velocidad en función de la potencia a suministrar.

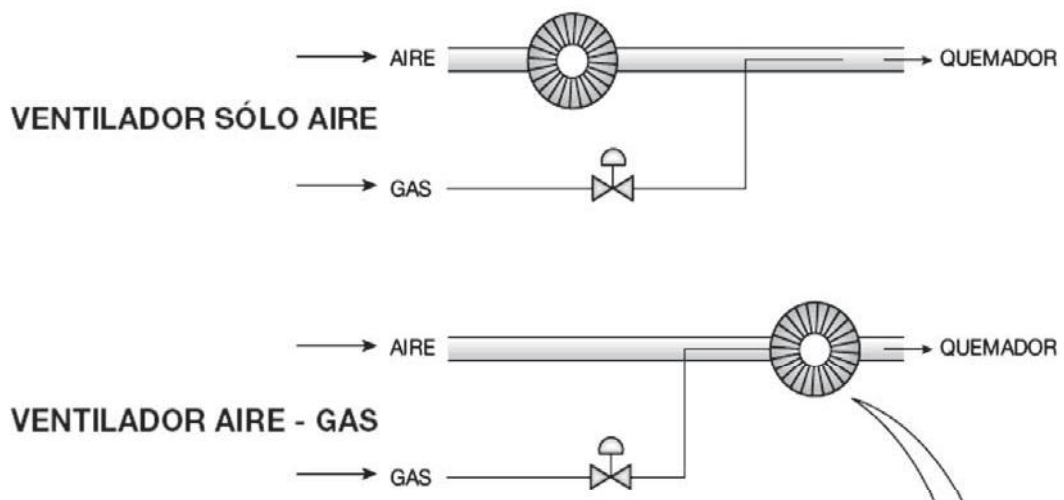


Figura 5. Tipos de ventilador de velocidad variable.

El quemador empleado depende básicamente de la configuración de la cámara de combustión. Este tipo de quemadores se conoce como quemadores de premezcla o premix, debido a que toman el aire previo a la combustión sin aire secundario. Tienen como característica que proporcionan un bajo nivel de emisiones.

La necesidad de trabajar con las temperaturas más bajas posibles de retorno implica utilizar una sonda exterior. Con esta sonda exterior, en función de una curva de trabajo previamente asignada según el tipo de instalación, la temperatura de impulsión varía según evolucionen las condiciones climatológicas. Esto además de incrementar el confort en calefacción aporta una temperatura de impulsión más coherente con las necesidades de la vivienda y que impliquen que la caldera trabaje en un régimen de condensación.



Figura 6. Caldera de condensación de BAXIROCA, modelo Power HT-F en versión estanca.

En cuanto a los condensados que se generan, es necesario instalar un conducto para su correcta evacuación, que tenga una pendiente mínima del 3% en todo su recorrido y cuya longitud sea lo más reducida posible, con un sifón que esté permanentemente lleno de agua. Debe evitarse el uso de cobre y acero galvanizado, y utilizarse en su lugar materiales empleados en sistemas de desagüe habituales, como por ejemplo PVC, Polipropileno o Polietileno de Alta Densidad.

Es recomendable instalar un sistema de neutralización de condensados para combustibles con un contenido en azufre superior a 50 mg/kg.

Las mismas recomendaciones sobre los materiales aptos para los conductos de evacuación de los condensados son aplicables también a los conductos de

evacuación de los humos, pues es habitual que el proceso de condensación también tenga lugar en la chimenea de salida debido a las bajas temperaturas de los humos.

8.3. Equipos de microgeneración

8.3.1. Principios básicos de la microgeneración

El principio de la microgeneración (CHP) es extremadamente simple. Con esta tecnología, un equipo crea simultáneamente energía térmica y eléctrica, que puede aprovecharse en el mismo edificio.

Como ya se ha explicado, mediante la producción combinada de calor y electricidad a partir de la transformación del generador de energía primaria, se crea energía eléctrica y el calor generado en este proceso se capta y conduce a un sistema de calefacción o de agua de servicio.

A fin de diferenciar entre una instalación de cogeneración accionada por turbinas y otra accionada por un motor, se introdujo el término central de producción combinada de electricidad y calor a motor, para definir una relación clara del proceso de cogeneración. Como motores de accionamiento se utilizan motores de combustión interna para el funcionamiento con gas, motores diesel para el funcionamiento con gasoil, menos frecuentemente también motores de reacción para el funcionamiento combinado con gas y gasoil. Estos motores son fijos o están unidos mediante un acoplamiento al generador e instalados juntos en un bastidor. Por lo general, en el caso de módulos más pequeños las centrales se integran de forma compacta en la carcasa de protección acústica de manera que la central de cogeneración se fabrica lista para la conexión como una unidad. También se integran los intercambiadores de calor, que enfrían los gases de escape, el motor, el aceite lubricante y, a menudo, también el generador y que permiten aprovechar el calor generado gracias a un circuito de agua independiente.

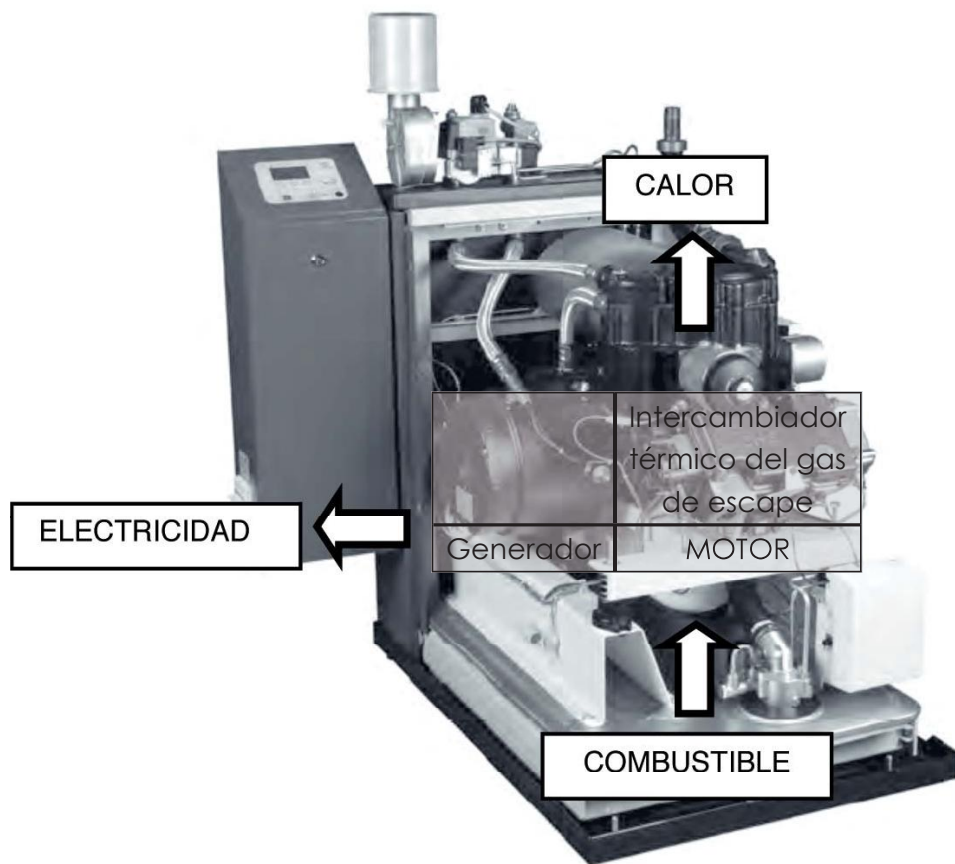


Figura 7. Principio de cogeneración de electricidad y calor.

Como la transformación de la energía primaria mediante la combustión es un proceso térmico intensivo, por lo general sólo el 25 - 30% de la energía utilizada se transforma en movimiento mecánico. El 70 - 75% restante se transforma en calor, que entonces es captado por el correspondiente sistema de intercambio térmico, y conducido a un proceso de calefacción o agua de servicio. Así el rendimiento total aumenta a aproximadamente un 90%, el aprovechamiento efectivo de la energía primaria se maximiza y, en comparación con la generación de electricidad y calor por separado, se obtiene un ahorro de energía primaria de aproximadamente el 30%. A esto se une también una reducción en la emisión de sustancias nocivas, que suponen cerca de un 47% de las emisiones de CO_2 y un 25% de las emisiones de NO_x .

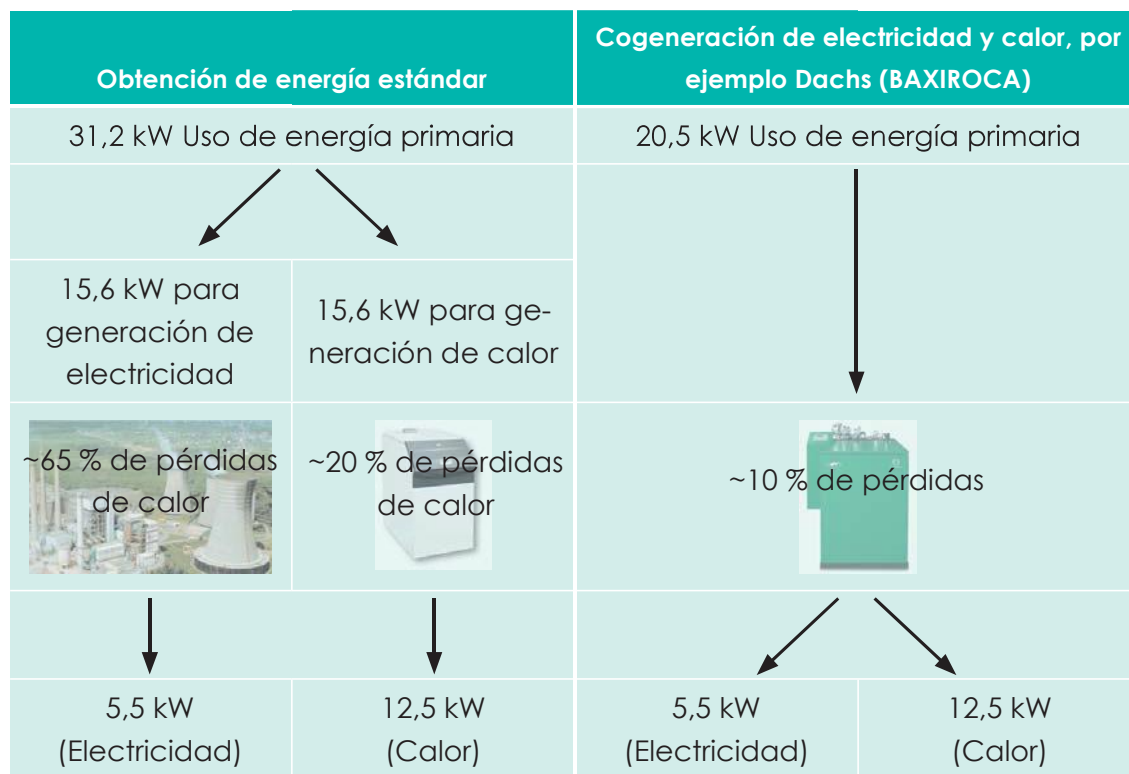


Figura 8. Comparación de la cogeneración en el ejemplo del Dachs con la obtención de energía estándar.

Así pues, se observa como en comparación con la obtención de energía estándar, en el caso de la generación combinada de electricidad y calor, el consumo de combustible es aproximadamente un 30% más bajo y la emisión de CO₂ anual hasta 20 toneladas inferior.

8.3.2. Componentes de un equipo de microcogeneración mediante motor alternativo

Un equipo de microcogeneración con motor de combustión interna es una máquina completa, compacta y lista que genera, en el caso concreto del equipo Dachs (BAXIROCA), 5,5 kW de potencia eléctrica y 12,5 kW de potencia térmica.

Este tipo de equipos tienen unas dimensiones alrededor de 100 x 70 x 100 cm (Alto x Ancho x Profundidad) y un peso aproximado de 500 kg. Requiere una superficie de instalación de aproximadamente 1m², al incluir el espacio libre necesario para los trabajos de mantenimiento es necesario un espacio de 3,5 m² por módulo. Cabe la posibilidad de conectar varios módulos en una misma instalación, en cascada.

La regulación por microprocesador con supervisión de red contiene todas las funciones de control y regulación para la instalación, el registro interno de los valores de medición, la técnica de seguridad del lado de salida de gases así como todas las supervisiones requeridas para un funcionamiento seguro en paralelo de la central conectada a la red de baja tensión. Estos equipos deben poseer un distintivo CE y el certificado de prueba del tipo CE de conformidad con la directiva CE para dispositivos de gas.

El motor y el generador están montados sobre un bastidor de baja tendencia a las vibraciones. Sobre el motor está colocado el intercambiador térmico de los gases de escape con un catalizador de oxidación o filtro antipartículas integrado. Para mantener las pérdidas de la transformación termodinámica lo más bajas posible, el agua de calefacción fluye directamente a través del equipo. Este modo de proceder ha dado buenos resultados y permite una fácil integración en el sistema de calefacción. Se refrigera el generador, el aceite lubricante, el propio motor y, por supuesto, el gas de escape.



Figura 9. Componentes del Dachs (BAXIROCA).

Estos equipos incorporan un motor alternativo de cuatro tiempos monocilíndrico, con un cubicaje alrededor de los 600 cm³ que ofrece, con un mantenimiento preventivo adecuado, una larga vida útil.

En cuanto al generador, éste puede ser síncrono o asíncrono. En el caso de estos últimos, el motor especial acciona directamente el generador a través de una pareja de ruedas dentadas. Si se produce una desconexión en la red pública de una o más fases por parte de la empresa de suministro eléctrico, se activan los dispositivos de seguridad y el generador se desconecta de la red. El retorno del agua de calefacción enfría el generador, que alcanza un rendimiento eléctrico del 91% con una temperatura máxima de retorno de 70 °C.

La fuente de alimentación para arranque se compone de un transformador con rectificador y un arranque de 12 V. Actúa en el volante del cigüeñal e inicia así el funcionamiento del equipo.

Por defecto, la temperatura del gas de escape en la salida del equipo es de unos 150 °C. Por regla general, los gases de escape se evacúan sin presión de acuerdo a las instrucciones de montaje con material de instalación especial a través de una chimenea o una conducción de salida de gases.

Con un segundo intercambiador térmico colocado externamente puede obtenerse un beneficio térmico adicional y utilizarse una parte del calor de condensación del gas de escape. Con una temperatura de retorno de la calefacción de, por ejemplo, 35 °C, se alcanza una temperatura de los gases de escape de aproximadamente 55 °C después de pasar por el intercambiador térmico adicional. De este modo, puede alcanzarse un grado de condensación de un 50% equiparable a las calderas de condensación. Así, es posible incrementar el rendimiento total, con respecto al valor calorífico inferior del combustible, del 88 a más del 100%.

Pero incluso con una temperatura de retorno de la calefacción mayor (máximo 70 °C) y, por consiguiente, un grado de condensación muy bajo puede ser adecuado utilizar un intercambiador térmico para gases de escape. La reducción de la temperatura de los gases de escape permite emplear una conducción de salida de gases más económica y fácil en cuanto a su instalación.

Tabla 2. Beneficio térmico logrado con el condensador Dachs (BAXIROCA).

Temperatura de retorno (°C)	20	35	50	60
Temperatura de gases de escape aprox. (°C)	40	55	75	85
Nivel de condensación aprox. (%)	80	50	5	0
Beneficio térmico aprox. (kW)	3,0	2,3	0,9	0,8

Es necesario utilizar junto con el equipo de microgeneración un depósito acumulador para almacenar la energía térmica extraída del equipo, y poder verterla a la instalación en las demandas punta. De esta forma, se logra incrementar el número de horas que funciona el equipo, con el consiguiente aumento en la rentabilidad de la inversión realizada, y también se asegura que el equipo funcione como mínimo una hora por cada arranque que realice, alargando así su vida útil. Es importante que este depósito tenga una estratificación óptima de la temperatura del agua en su interior.

Para llevar el agua hasta el acumulador, es necesario instalar una bomba, siempre y cuando la bomba interna del equipo no sea capaz de vencer la pérdida de carga prevista en el circuito. Si se emplease una bomba de calefacción estándar sin regulación de temperatura y caudales, no sería posible obtener una estratificación adecuada en el acumulador.

En cambio, una bomba termostática sí realiza esta tarea. Un termostato integrado en la entrada de la bomba regula la temperatura de impulsión hacia el acumulador intermedio a unos 70-80 °C. La bomba de calefacción regulada electrónicamente se adapta al caudal requerido a través de la regulación de la presión diferencial y, de este modo, ahorra costes de electricidad en el modo de carga parcial.

Con la bomba termostática se regula constantemente la temperatura de impulsión y se adapta automáticamente el caudal.

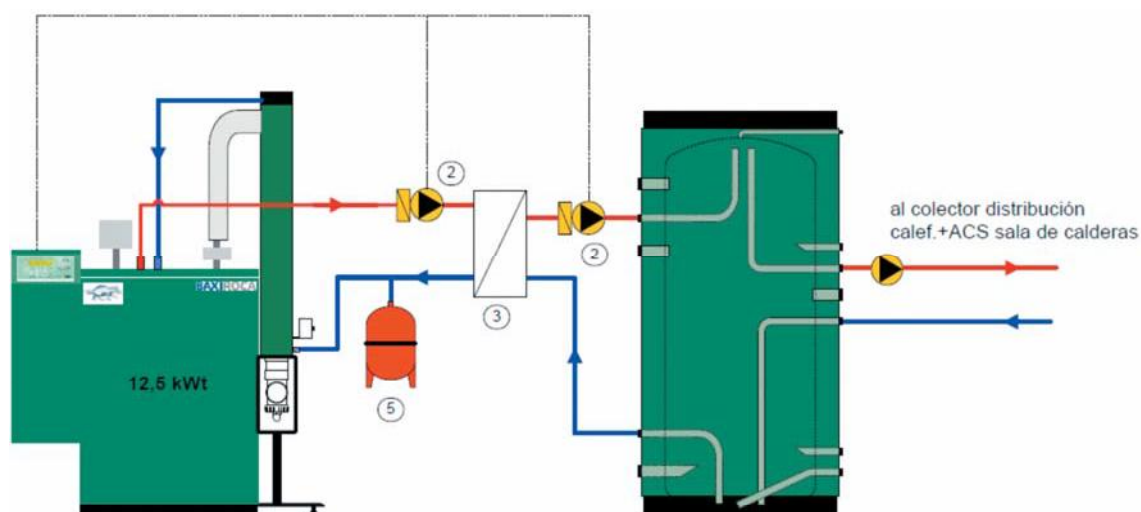


Figura 10. Esquema de principio de una instalación de microgeneración con un Dachs (BAXIROCA).

8.4. Caso práctico: hotel balneario a quinta da auga

Sector	Terciario - Hotelero
Ubicación	Paseo da Amaia, 25 – Urb. Brandía, Vidán, Santiago de Compostela
Fecha puesta en marcha	20 abril 2009
Propiedad	Hotel A Quinta Da Auga
Ingeniería	Magaral, Estudio Técnico de Ingeniería (A Coruña)
Instaladora	EFCAL,S.A.
Gestión/explotación	Hotel A Quinta Da Auga
Distribuidora	Unión Fenosa
Equipos	Baxi Calefacción, S.L.U.
Ciclo	Otto. Motores de combustión interna.
Potencia	11 kW eléctricos y 28 kW térmicos
Tensión de conexión	Baja tensión
Fuente de energía consumida	Gas Natural
Tipo de energía producida	Eléctrica y térmica para calefacción y ACS

Descripción

El hotel-balneario está a pocos kilómetros de Santiago de Compostela. El edificio ha sido levantado utilizando como esqueleto la antigua fábrica de papel de Brandía (1792). El Hotel, de cuatro estrellas, cuenta con 59 habitaciones, y está cimentado sobre un conjunto fabril con solera y enclavado cerca de la ribera del río Sar.



Fotos 1 y 2. Vista exterior del hotel-balneario.

En este proyecto y debido a las características arquitectónicas del edificio del s. XVIII, había dificultades para emplazar la superficie solar exigida por el CTE - HE4.

La solución presentada por la ingeniería en virtud del mismo CTE, fue la sustitución parcial de la cobertura solar térmica mediante equipos de microgeneración, de tal manera que la aportación energética exigida por CTE quedó de la siguiente manera:

Sistema	Energía aportada (kWh/año)	Solución CTE HE4
Original	80.000	50 colectores planos 2,4 m ²
Proyectado	60.000	1 equipo de microgeneración
	20.000	15 colectores planos 2,4 m ²

El diseño del nuevo sistema se basó en emplazar la microgeneración apoyando las calderas del sistema. Una unidad de microgeneración Dachs G5.5, de 14,5 kW térmicos y 5,5 kW eléctricos, aporta 60.000 kWh/año con un ritmo de trabajo teórico de 4.200 horas. El equipo, dimensionado para cubrir una parte de la demanda térmica para ACS y calentamiento de piscinas, una vez instalado trabajará para apoyar tanto a la producción total de ACS, como a la generación térmica de calefacción permitiendo cargas de trabajo superiores a 7.000 horas anuales. La propiedad, ante el sucesivo aumento de los precios eléctricos, decidió instalar una segunda unidad para obtener unos costes de explotación más reducidos al generar la electricidad a bajo coste.

Las unidades de microgeneración generan electricidad en el propio punto de consumo y están conectadas para el autoconsumo, es decir, la energía eléctrica generada se consumirá en la propia instalación, reduciendo así la factura eléctrica del Hotel.



Figura 11. Detalle de un módulo de microgeneración Dachs (BAXIROCA).

Equipos principales

2 unidades Dachs G5.5 de BAXIROCA, alimentados a gas natural con una potencia térmica entregada de 14,5 kW c/u (con condensación).

El consumo de gas natural de cada equipo es de 20,5 kW. Las prestaciones térmicas individuales son de 14,5 kW, y las eléctricas de 5,5 kW.

Se prevé un funcionamiento de unas 7.000 horas/unidad, con lo cuál permitirá el aporte anual de unos 203.000 kWh térmicos y de 77.000 kWh eléctricos.

La demanda térmica total de la instalación es de 1.654.799 kWh anuales, repartidos en calefacción, ACS y calentamiento de piscina.

Tabla 3. Comparativa costes de explotación (precios de combustibles correspondiente a 2009).

<u>Costes de explotación sin microgeneración - sin solar</u>				
	<i>kWh</i>		<i>Rend.</i>	<i>Consumo</i>
Energía entregada total sistema	266.000	100%	92%	289.130 kWh
Energía aportada calderas	266.000	100%	92%	289.130 kWh
Gas consumido por calderas	289.130		€/kWh 0,0392	11.333,91 €
<u>Costes de explotación sin microgeneración - con solar (50)</u>				
	<i>kWh</i>		<i>Rend.</i>	<i>Consumo</i>
Energía entregada total sistema	266.000	100%	132%	202.174 kWh
Energía aportada Solar	80.000	30%		kWh
Energía aportada calderas	186.000	70%	92%	202.174 kWh
Gas consumido por Solar	0		0,0000	0,00 €
Gas consumido por calderas	202.174		0,0392	7.925,22 €
Consumo de gas total				7.925,22 €
Costes mantenimiento solar				1.500,00 €
Total costes explotación				9.425,22 €
Reducción costes explotación				-16,8%
<u>Costes de explotación con microgeneración - con solar (15)</u>				
	<i>kWh</i>		<i>Rend.</i>	<i>Consumo</i>
Energía entregada total sistema	266.000	100%	81%	329.391 kWh
Energía aportada Dachs	203.000	76%	70,7%	287.000 kWh
Energía aportada Solar	24.000	9%		0 kWh
Energía aportada calderas	39.000	15%	92%	42.391 kWh
Gas consumido por el Dachs	287.000		0,0392	11.250,40 €
Gas consumido por Solar	0		0,0000	0,00 €
Gas consumido por calderas	42.391		0,0392	1.661,74 €
Consumo de gas total (teórico)				12.912,14 €
Energía el. producida por el Dachs	77.000kWh		0,1130	-8.701,00 €
Costes mantenimiento Solar+Dachs				2.040,00 €
Total costes explotación				6.251,14 €
Reducción costes explotación				-44,8%



Foto 3. Detalle de los equipos.

La conexión es a baja tensión en 3/400V/50Hz, conectado directamente a red al generar mediante alternador asíncrono.

La inversión en la instalación de microgeneración ha sido inferior a 50.000 euros.

Beneficios

- Reducción del consumo de explotación para la producción de ACS de hasta el 44% comparado con una solución basada únicamente en calderas.
- Mantenimiento de las cubiertas originales del edificio al tratarse de una solución que disminuye la cobertura solar según CTE HE4.
- Reducción de emisiones de CO₂ de hasta un 73%, al generar localmente la energía eléctrica, comparado con una solución basada únicamente en calderas.

8.5. Conclusiones

A la vista de todo lo expuesto, el uso de equipos eficientes como las calderas de condensación o la microcogeneración tendrá un papel muy importante en los sistemas de calefacción y ACS en los próximos años.

Las calderas de condensación, gracias a su avanzada tecnología, pueden suponer un ahorro energético de hasta un 30% respecto una caldera tradicional. En lo que respecta a la microcogeneración, su principal valor añadido reside en el hecho de generar electricidad a la vez que cubre las necesidades de ACS y calefacción.

Mediante el uso de estos equipos altamente eficientes, los arquitectos e ingenieros pueden beneficiarse al obtener una mejor certificación energética del edificio; los instaladores se aprovechan de la facilidad de montaje e integración de dichos equipos mientras que los propietarios ven reducida de forma considerable su factura energética.

9.1. Introducción

Las piscinas cubiertas de los pequeños balnearios y spas urbanos presentan características que hacen que sus necesidades de deshumectación sean diferentes de las de las grandes piscinas cubiertas deportivas.

Los spas urbanos suelen ubicar sus piscinas en locales bien aislados, normalmente en bajos comerciales o incluso sótanos, en la mayoría de las veces, de reducidas dimensiones. Se evitan en muchos casos las grandes cristalerías para preservar la intimidad de los usuarios. Las necesidades de espacio reducen al mínimo las zonas de playa y el tipo de uso, terapéutico y de relax, está alejado, sin duda, de la agitación de deportistas o niños jugando, habituales en las grandes piscinas.

Las técnicas de deshumectación mediante bombas de calor, han demostrado sus ventajas en términos de eficiencia energética por su mayor capacidad de recuperación de calor [1], [2], además de otras muy deseables en este tipo de instalaciones como son su compacidad, y facilidad de instalación.

En el presente capítulo, se describirá el proceso de cálculo y diseño de una instalación para el tratamiento del aire en una piscina cubierta de un spa urbano. Se analizarán las particularidades que exige el elevado ratio de humedad generada por volumen del local y se mostrarán los ahorros conseguidos por la recuperación de calor mediante la deshumectación con bombas de calor. Antes que todo ello, se revisará el actual marco normativo que regula las condiciones de salubridad y confort mínimas para estas instalaciones.

1 JOHANSSON L., WESTERLUND L. (2001). «Energy savings in indoor swimming-pools: comparison between different heat-recovery Systems». Applied Energy 70 (2001) 281-303.

2 SUN P. et al. (2010). «Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools». Energy and Buildings 43 (2011) 1071-1080.

9.2. Condiciones generales de cálculo y diseño

9.2.1. Condiciones de confort térmico

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [3] en su instrucción técnica (IT) 1.1.4.1.2 indica que la temperatura seca del aire del local que albergue una piscina cubierta será 1 °C o 2 °C superior a la del agua con un máximo de 30 °C.

En la IT 1.1.4.3.2 se establece que la temperatura del agua de la piscina estará entre 24 °C y 30 °C salvo para el caso de usos terapéuticos, en los que se pueden englobar los balnearios.

La humedad relativa, que establece el RITE, deberá ser inferior al 65% para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.

9.2.2. Caudal de aire exterior de ventilación

Como es sabido en cualquier local público hay que asegurar un caudal de aire exterior de ventilación mínimo y en el RITE se establece que para la dilución de los contaminantes en los recintos de piscinas cubiertas este caudal será de 2,5 dm³/s por metro cuadrado de superficie de la lámina de agua y playa (IT 1.1.4.2.3). También se establece que los locales se mantendrán con presión negativa, esto debe de asegurarse mediante una adecuada selección de los ventiladores de retorno.

9.2.3. Recuperación de calor en piscinas cubiertas

El aire exterior, tiene, en la mayoría de las ocasiones, una humedad absoluta inferior a la del recinto de la piscina, por lo que contribuye a combatir la carga latente. Sin embargo, presenta a lo largo de la temporada una mayoría de horas con temperatura seca inferior, por lo que será necesario aportar energía para calentarlo y llevarlo a las condiciones de confort. Como se verá en este capítulo, en determinadas circunstancias puede ser objeto de consideración una selección del caudal de ventilación superior al mínimo que permita aprovechar su capacidad de deshumectar, a costa claro está de una pérdida de la eficiencia.

3 RITE 2007. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

El RITE, en su IT 1.2.4.5.2 establece que es preceptivo recuperar el calor del aire de extracción para caudales superiores a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1800 \text{ m}^3/\text{h}$). En esa misma IT, se prescribe para las piscinas climatizadas que la eficiencia mínima de la recuperación sea la del nivel más exigente, es decir, en el de instalaciones con más de 6.000 horas anuales de funcionamiento, independientemente de que en circunstancias normales estas horas de funcionamiento no lleguen a dicha cifra.

En el apartado 5 de esta misma IT sobre recuperación del calor del aire de extracción se menciona que el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente puede lograrse por medio de una bomba de calor, dimensionada específicamente para esta función, que enfríe, deshumedezca y recaliente el mismo aire del ambiente en ciclo cerrado. Esta es la solución técnica que se describe en este capítulo.

Otras medidas de ahorro energético previstas en el RITE para las piscinas cubiertas son la exigencia de contribución mínima de agua caliente sanitaria (ACS) mediante energía solar, la protección con barreras térmicas contra las pérdidas de calor del agua durante el tiempo en que estén cerradas al público y la separación de la distribución de calor para calentamiento del aire y del agua de la piscina de la de otras zonas del edificio. Estas medidas no se tratarán en el presente capítulo.

9.2.4. Cálculo del caudal de agua evaporada

Los factores que intervienen en el aporte de humedad al ambiente interior de una pequeña piscina climatizada de un balneario y spa urbano son:

Evaporación de la lámina de agua del vaso de la piscina, que depende básicamente de la temperatura del agua, de las condiciones higrométricas del aire del recinto y de la agitación causada por los artificios terapéuticos como chorros y cascadas y por los propios bañistas. Debido al uso terapéutico y de relax, este último factor puede estimarse en un 20% del que se obtiene en las piscinas deportivas. En cualquier caso, la agitación causada por los artificios tiene un efecto mucho más significativo, pudiendo llegar a aumentar la masa de agua evaporada entre un 100 y un 150% en función del número y diseño de los efectos de agua.

Evaporación del agua contenida en las playas mojadas. En este caso, dado las limitaciones habituales de suelo disponible y el tipo de uso, no es habitual dejar zonas de playa. Los bañistas salen del baño y pasan a zona de vestuarios o masajes.

Evaporación del agua que sacan los bañistas al salir del vaso. De nuevo, para el uso habitual en spas y balnearios, los bañistas toman toallas y pasan a zona de vestuarios o masajes.

Carga latente de los propios ocupantes del recinto. Es pequeña dado el reducido número de bañistas, su poca movilidad y la ausencia de espectadores.

De las numerosas fórmulas existentes para calcular la cantidad de agua evaporada, la de Bernier está ampliamente contrastada en la práctica. Se propone a continuación una modificación de la misma, con las simplificaciones consideradas para el caso de las pequeñas piscinas de balnearios y spas:

$$Me = S \cdot [16 + 133 \cdot n \cdot 0,2] \cdot (W_e - W_a) \cdot \xi + 0,1 \cdot N \quad (1)$$

Donde:

Me = caudal másico de agua evaporada (kg/s).

S = superficie de la lámina de agua de la piscina (m²).

n = número de bañistas por m² de superficie de lámina de agua.

W_e = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua de la piscina (kg_{agua}/kg_{aire seco}).

W_a = humedad absoluta del aire a la temperatura seca del aire ambiente interior (kg_{agua}/kg_{aire seco}).

ξ = coeficiente de mayoración por los artificios terapéuticos como chorros y cascadas.

N = número total de ocupantes del recinto.

9.3. Caso de estudio

9.3.1. Descripción del caso de estudio

Se expone a continuación el cálculo y selección de la instalación de deshumectación de una piscina cubierta en un spa urbano en Madrid.

Se trata de un establecimiento con gimnasio, sala de masajes y zona de spa con piscina de pequeñas dimensiones. La piscina climatizada se encuentra en un sótano comercial de 100 m² y 2,7 metros de altura. La superficie del vaso es de 30 m². El local no dispone de ventanas al exterior. Las restricciones de espacio, exigen una instalación térmica de la mayor compacidad posible.

La ocupación prevista es de 5 personas ($n=0,167$ pers/m²).

No hay superficie destinada a playa.

La altura de Madrid es 667 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones interiores son 30 °C y 65% de humedad relativa. La humedad absoluta del aire es $W_a = 0,01782$ kg_{agua}/kg_{as}

La temperatura del agua es 30 °C. La humedad del aire saturado a dicha temperatura es: $0,02957$ kg_{agua}/kg_{as}

Existen chorros de agua de masaje bajo la superficie y un único artificio tipo hongo de agua. El coeficiente ξ de mayoración es $\xi = 130\%$.

9.3.2. Cálculos preliminares y selección de equipos

Aplicando la ecuación (1) a los datos de la instalación:

$$Me = 30 \cdot [16 + 133 \cdot 0,167 \cdot 0,2] \cdot (0,02957 - 0,0178) \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 5 = 17,1 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$$

Caudal de aire mínimo de ventilación: $30 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2 = 75 \text{ dm}^3/\text{s} = 270 \text{ m}^3/\text{h}$, lo que supone una exigencia mínima de ventilación de 1 renovación/hora. Ese aire exterior, tendrá, en las condiciones más desfavorables una cierta capacidad de deshumectar. Analizando los datos meteorológicos de la base CLIMED 1.3 en el horario de uso de la piscinas puede seleccionarse la humedad exterior más desfavorable de $W_{\text{ext}} = 0,008477$ kg_{agua}/kg_{as}, que tiene lugar para una temperatura exterior de 19.4°C. La capacidad de deshumectación de este aire es

$$M_{\text{ext}} = 270 \cdot (0,01782 - 0,008477) \cdot 1,099 = 2,8 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$$

Restan por lo tanto $14,3 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$ que son necesarios secar con un equipo de tratamiento de aire de piscinas.

El caudal de aire trasegado de los equipos frigoríficos de tratamiento de aire de piscinas de pequeñas potencias [4] en relación a la capacidad de deshumectación media es del orden de 300 m³/kg. Eso conduciría, para el caso objeto del presente estudio, a seleccionar una máquina con un caudal del orden de 4.290 m³/h. Como el local es pequeño, 270 m³, mover ese caudal conllevaría una tasa de recirculación de 16 recirculaciones/hora, lo que sin duda es un valor demasiado elevado. Esto es una característica de las instalaciones de pequeñas piscinas en balnearios y spas que las diferencia claramente de las grandes piscinas deportivas, la mayor relación caudal evaporado a volumen del local.

Se observa por lo tanto, que la selección directa de un equipo comercial con esa capacidad de deshumectación puede conllevar unas exigencias de difusión de aire elevadas y complejas, no irresolubles, pero sí quizás con un coste por encima de lo habitual.

Se plantea una alternativa, que puede ser la selección de un mayor caudal de ventilación y aprovecharse así de la capacidad de deshumectación natural del aire seco exterior. Para el caso considerado, triplicar el caudal de ventilación, hasta 835 m³/h, permitiría combatir 8,6 kg/h, dejando para la batería evaporadora una carga latente de 8,5 kg/h. Un equipo de 2.600 m³/h sería entonces suficiente, permitiendo reducir la tasa de recirculación de aire del local. Esta solución que a primera vista puede resultar excelente, debido a que se reduce el tamaño del equipo, presenta el inconveniente de su menor eficiencia energética. En efecto, a mayor ventilación, mayor carga sensible negativa introducida al local. Además, el equipo mayor posee una superior capacidad de recuperación de calor como se verá a continuación.

En las dos situaciones analizadas no es necesario, por normativa, recuperar la energía del aire de extracción.

9.3.3. Simulación energética. Cálculo de la demanda térmica

Se realizará un cálculo en base horaria de la demanda energética del agua y del aire durante las horas de uso establecidas para todo el año. Se considera un horario de apertura de 8 h a 22 h y cierre en agosto. La ocupación máxima es de 5 personas, con el perfil de ocupación semanal presentado en la figura 1.

4 CIAT. (2011). «Catálogo Técnico: equipos de tratamiento de aire para piscinas. Serie Junior BCP. Unidades de deshumectación». NE10649C_CT-JuniorBCP. www.ciatesa.es

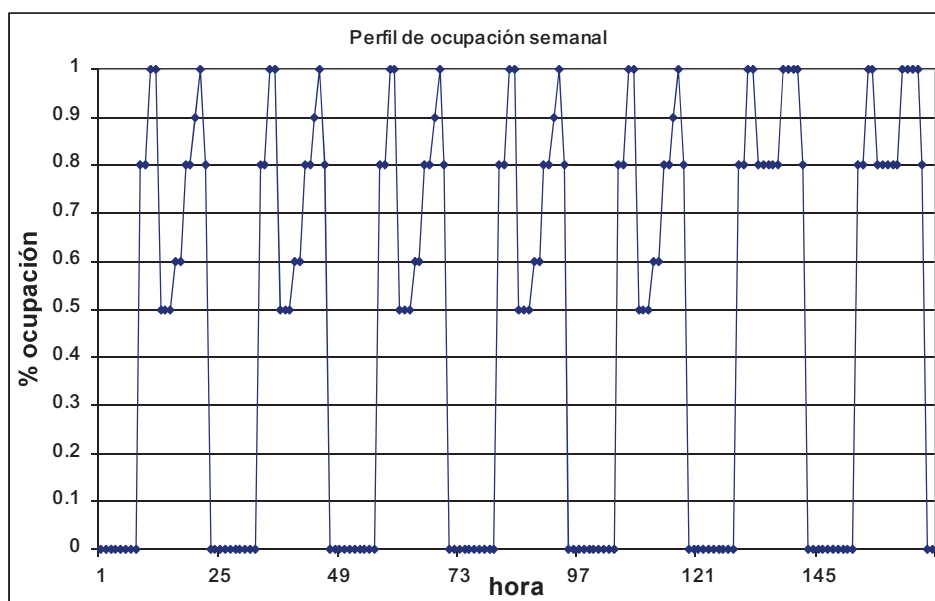


Figura 1. Perfil de ocupación empleado en la simulación.

Los resultados de carga y consumo se fijan para mantener las condiciones del aire y agua de la piscina durante las horas de uso establecidas. La variable de control es la humedad del local, por lo que la relación carga latente frente a potencia latente disponible en el equipo de deshumectación seleccionado determinan el factor de utilización del mismo en cada paso de la simulación. Esto determina también la cantidad de energía que es posible recuperar, la cual irá al aire o al agua en función de la demanda existente en cada caso. El resto de energía calorífica necesaria tanto en aire como en agua es suministrada a partir de un apoyo mediante caldera de gas natural.

Demanda energética del vaso de la piscina

Para realizar el cálculo de demanda energética se supondrá que el sistema de producción es capaz de mantener las condiciones de diseño de temperatura del vaso de agua durante todas las horas de uso. Se calculará en cada una de ellas la carga térmica, la fracción de potencia calorífica requerida a los equipos de producción y su potencia absorbida asociada. Finalmente se integrarán todas las horas del año obteniéndose los datos de demanda energética y energía consumida.

Se supone que la temperatura de los cerramientos es de 25 °C (cálculo de las pérdidas por radiación del vaso).

La renovación de agua del vaso es del 5% (incluyendo en este porcentaje la evaporación de agua que se produce en la piscina). Se considera que la renovación del agua se realiza de manera homogénea durante las horas de uso del vaso.

Para el cálculo de las pérdidas por evaporación de agua del vaso se tienen en cuenta el calor de vaporización del agua, así como el caudal evaporado según la fórmula de Bernier adaptada a las hipótesis de cálculo habituales en piscinas de spas (ecuación 1).

Para las pérdidas por conducción del vaso, se considera un coeficiente de transmisión de 1 W/m/°C de las paredes de la piscina, y una temperatura del sótano a 15 °C con el que colindan las paredes.

La temperatura del agua de red considerada se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Temperatura del agua de red. Fuente: CENSOLAR.

Tª agua de red (°C)	Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6

En la figura 2 se muestran los resultados de las cargas térmicas sobre el agua. Un valor negativo indica pérdidas de calor. Puede observarse como la carga principal es la pérdida de calor por evaporación seguida de la renovación.

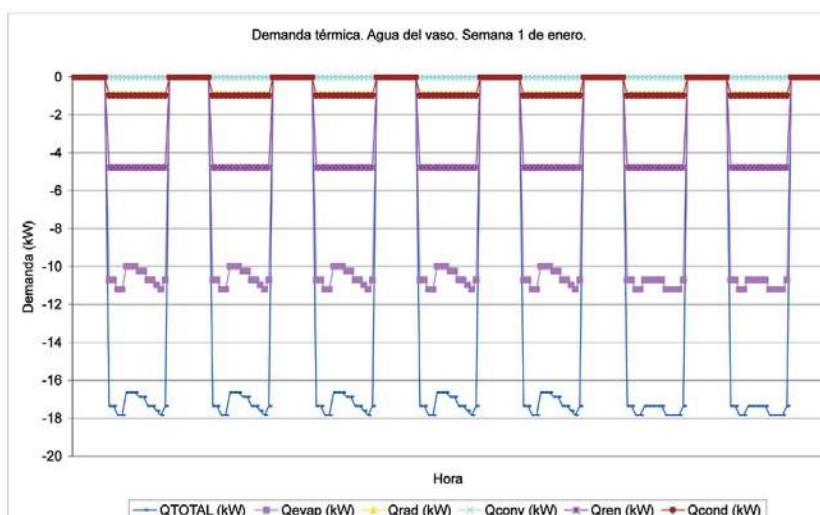


Figura 2. Demandas térmicas sobre el agua. Q_{evap} : calor perdido por evaporación; Q_{rad} : calor perdido por radiación; Q_{conv} : calor perdido por convección; Q_{ren} : calor perdido por renovación del agua; Q_{cond} : calor perdido por transmisión.

Demanda energética en el aire

A la hora de calcular las cargas térmicas sensibles se tienen en cuenta las características particulares de este tipo de locales. Así, la radiación solar no se considera por estar el spa ubicado en un sótano sin ventanas. Las cargas de transmisión por los cerramientos son pequeñas. Se ha considerado un coeficiente de transmisión de suelo y paredes de $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ C})$ y una temperatura del terreno colindante de 15 °C . Se considera una ganancia sensible de 60 W por persona. La iluminación es de $10 \text{ W}/\text{m}^2$, siendo de 100 m^2 la superficie del local. Se consideran las ganancias sensibles debidas a la ventilación.

La demanda energética latente se evalúa a partir del cálculo de las cargas latentes debidas a la evaporación de agua, calculadas como se ha indicado, la ganancia aportada por los usuarios y la humedad aportada o retirada por la ventilación.

Los resultados se muestran en la figura 3. Se debe tener en cuenta el siguiente criterio de signos para poder interpretarlos. Una demanda sensible negativa indica la necesidad de proporcionar calefacción al aire. Una demanda latente positiva indica la necesidad de secar el aire.

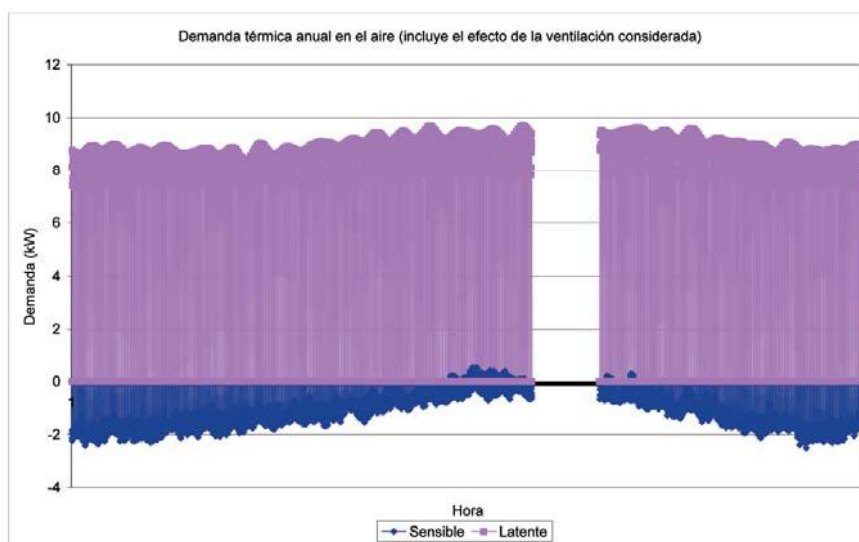


Figura 3. Perfil de demanda energética sobre el aire del local.

La simulación ofrece un valor de la demanda energética de deshumectación de 28.300 kW h y de calentamiento de 4.700 kW h . Es bien sabido que los datos ofrecidos por las simulaciones energéticas deben ser considerados siempre aproximados. Dependen de las hipótesis consideradas y del método de cálculo empleado. La utilidad de los mismos está siempre en la comparación entre sistemas.

Comparación entre alternativas

Tal y como se ha explicado en el punto 3.2 se van a analizar dos alternativas; el empleo de un equipo con capacidad de deshumectación para combatir todas las cargas latentes y el de un equipo de tamaño inferior pero con una mayor cantidad de aire exterior.

En primer lugar se considera una bomba de calor capaz de hacer frente a la carga máxima de deshumectación del aire del spa. Se ha seleccionado un modelo de CIAT BCP JUNIOR 80. El caudal de impulsión del equipo es de 4.300 m³/h, lo que supone 17 recirculaciones/hora del aire del local. La simulación energética debe de tener en cuenta el consumo de los elementos de transporte, ventiladores y bombas. El equipo en cuestión utiliza un ventilador de impulsión de 1,1 kW y un módulo complementario con ventilador de retorno de 0,5 kW. Se considera también una bomba de circulación del agua de caldera de 0,4 kW.

En segundo lugar se considera como límite de impulsión un caudal de 2.700 m³/h tal que supone 10 recirculaciones/hora del aire del local. Se corresponde con el modelo de CIAT BCP JUNIOR 50. Esta bomba de calor aire-aire es capaz de deshumectar 8,7 kg/h de agua evaporada. Teniendo en cuenta que las necesidades de deshumectación son de 17,1 kg/h se decide aumentar el caudal de aire exterior hasta 835 m³/h, que en las condiciones más desfavorables permite deshumectar el resto de agua evaporada.

Al aumentar el caudal de ventilación respecto al considerado en el cálculo de cargas, la carga que realmente ha de combatir el sistema también se modifica siendo la presentada en la figura 4.

La mayor cantidad de aire exterior frente a la que fija normativa permite deshumectar en parte, pero supone también un incremento de demanda sensible que ha de combatir la bomba de calor. El resto de demanda latente será aportada por la bomba de calor, la cual además permite recuperar energía calorífica tanto en aire como en agua.

El equipo en cuestión utiliza un ventilador de impulsión de 0,6 kW y un módulo complementario con ventilador de retorno de 0,4 kW. Se considera también una bomba de circulación del agua de caldera de 0,4 kW.

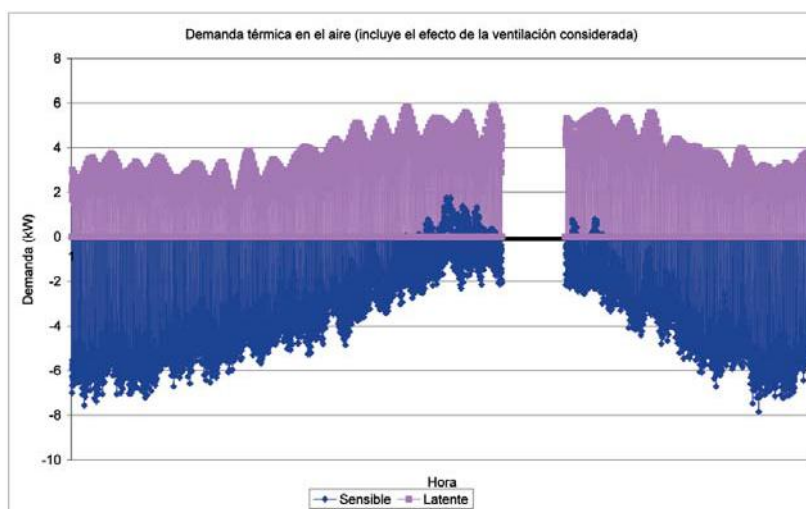


Figura 4. Perfil de demanda energética del aire del local que ha de combatir la bomba de calor tras descontar el efecto del aire exterior.

La tabla 2 muestra los resultados numéricos ofrecidos por la simulación para las dos alternativas analizadas.

Tabla 2. Comparación de resultados.

RESULTADOS GLOBALES		
	BCP 50	BCP 80
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	22164	17194
Coste del consumo energético (Euros)	7103	5555

RESULTADOS RELATIVOS AL AGUA DE LA PISCINA		
	BCP 50	BCP 80
Potencia pico de la caldera (kW)	18	18
Consumo eléctrico bomba de circulación de agua de caldera (kW.h)	1870	1870
Consumo combustible para calentamiento del agua (kW.h)	73827	25323
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	15809	5914
Coste del consumo energético (Euros)	5042	1889
Energía calorífica recuperada por la deshumectadora (kW.h)	10934	54589
Energía calorífica procedente de la caldera (kW.h)	66445	22790

RESULTADOS RELATIVOS AL AIRE DE LA PISCINA		
	BCP 50	BCP 80
Consumo eléctrico de ventiladores (kW.h)	4676	7482
Consumo eléctrico de compresores (kW.h)	9548	20718
Consumo eléctrico (kW.h)	14224	28200
Consumo combustible para calentamiento del aire (kW.h)	3260	0
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	6355	11280
Coste del consumo energético (Euros)	2061	3666
Energía sensible aportada por la caldera (kW.h)	2934	0
Energía sensible recuperada por la deshumectadora (kW.h)	13416	5137
Energía latente de secado aportada por aire exterior (kW.h)	36279	11731
Energía latente de secado aportada por la deshumectadora (kW.h)	15001	39559

(*1) Se ha supuesto un ratio de 0,40 kg CO₂/kWh para la electricidad y 0,20 kg CO₂/kWh para la calefacción con caldera.

(*2) Se ha supuesto un coste de 0,13 €/kWh para la electricidad y 0,065 €/kWh para el combustible fósil.

La comparación muestra como el sistema que emplea la deshumectadora de mayor tamaño es el que genera un menor impacto ambiental, un 22% menos.

Con las hipótesis de costo de energía consideradas, el sistema que emplea la deshumectadora de mayor potencia tiene además una operación más económica, un 22% inferior. Esto permite amortizar las diferencias de precio de los equipos en poco más de 2 años. Si bien, será necesario incluir en esta valoración del plazo de retorno de inversión los costes adicionales de un sistema de transporte y difusión de aire más costosos que supone la opción del equipo de mayor tamaño, imprescindibles para resolver el inconveniente de las elevadas recirculaciones hora que se producen en este tipo de piscinas cubiertas.

Los resultados de la simulación sobre el aire indican que, en este caso, no es necesario emplear una batería de apoyo de agua caliente para calentar el aire en el caso del empleo de la bomba de calor de potencia ajustada a la carga latente. La recuperación de calor que se consigue en su condensador es suficiente en todas las épocas del año para compensar las pérdidas sensibles en el aire. Este resultado coincide con lo concluido por Sun et al. [2]

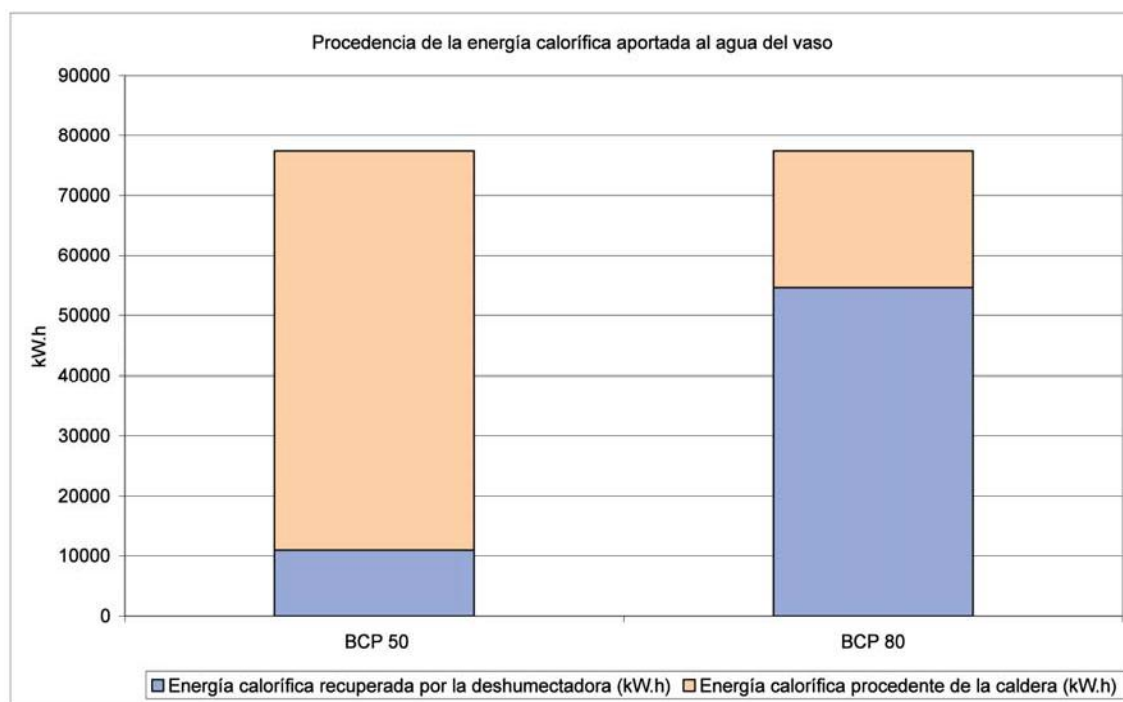


Figura 5. Procedencia de la energía calorífica aportada al agua del vaso.

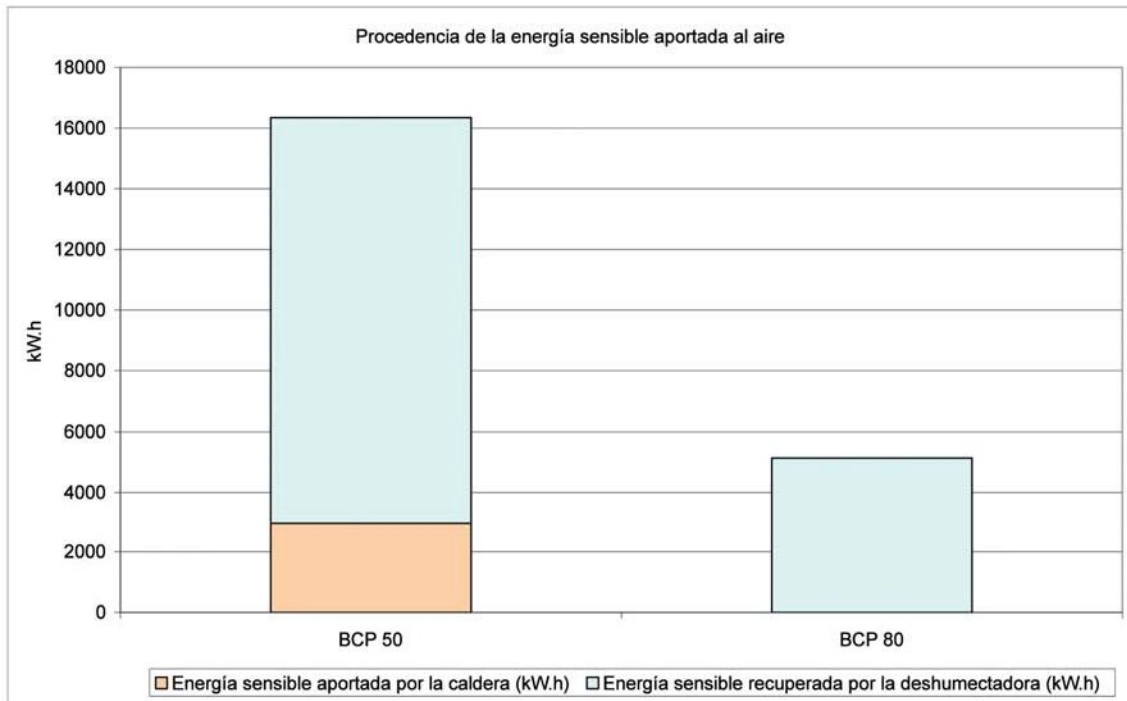


Figura 6. Procedencia de la energía calorífica aportada al aire del recinto.

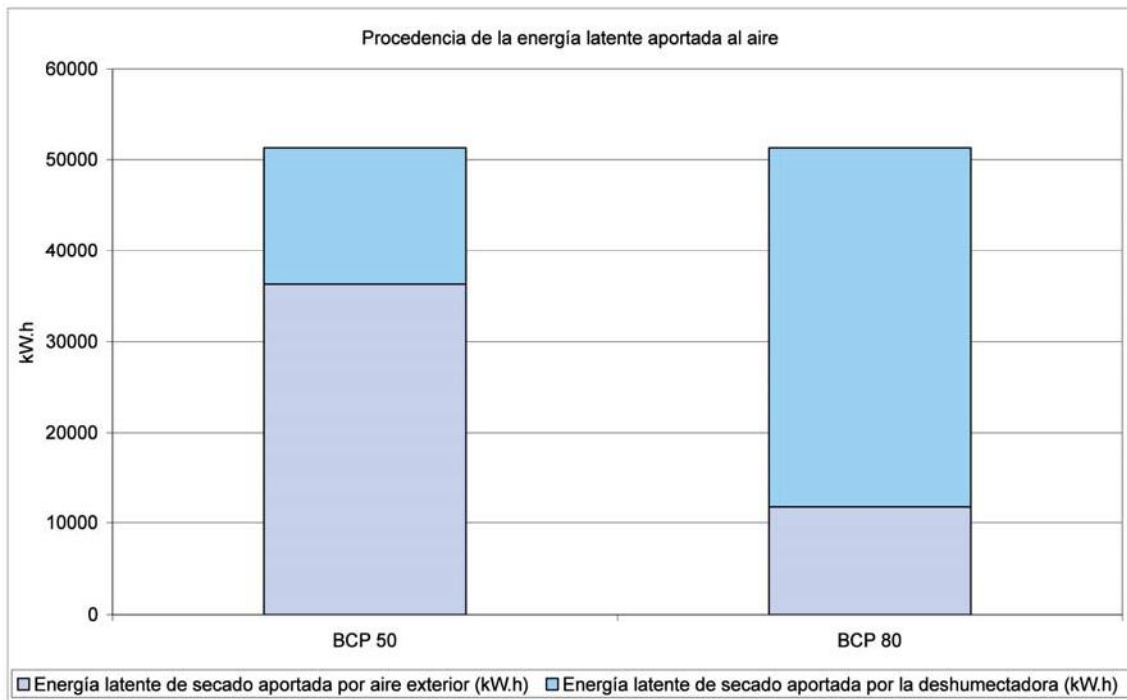


Figura 7. Procedencia de la energía latente de deshumectación aportada al aire del recinto.

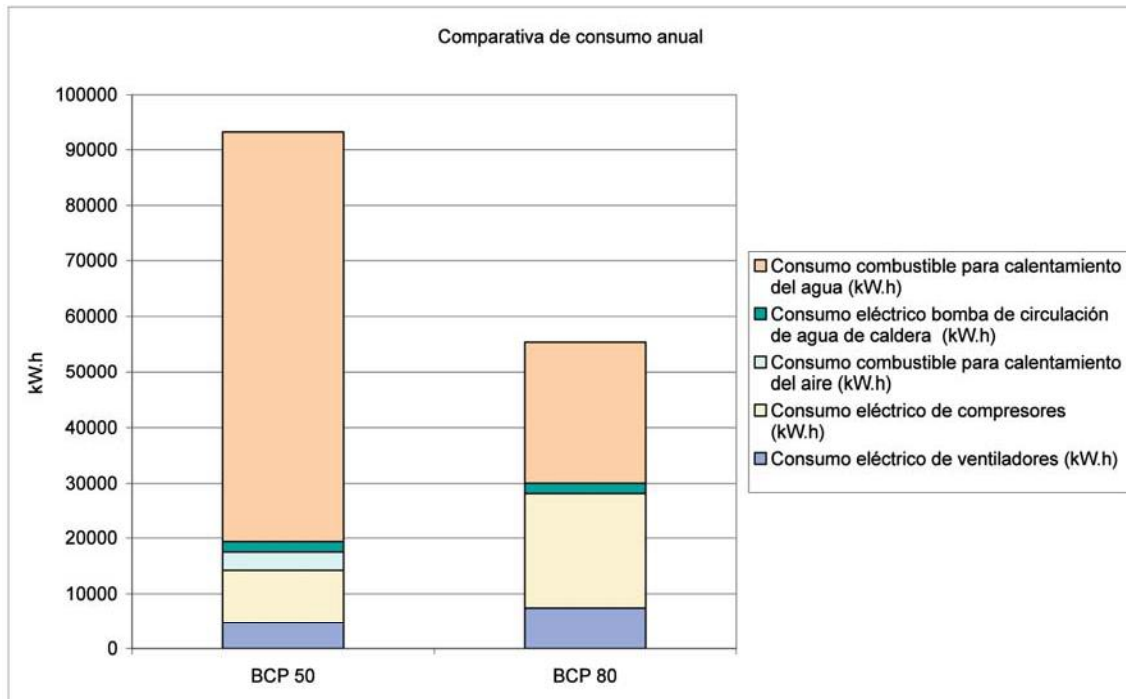


Figura 8. Desglose de consumos energéticos en función de su aplicación.

9.4. Conclusiones

La elección de la técnica de la bomba de calor para la climatización de piscinas cubiertas ofrece las ventajas de una mayor compacidad y sobre todo la superior eficiencia energética debida a la recuperación del calor de condensación tanto para el calentamiento del aire como para contribuir al calentamiento del agua de la piscina.

La deshumectación del aire de las pequeñas piscinas en balnearios y spas urbanos presenta particularidades frente a los casos de las grandes piscinas deportivas. Las mayores relaciones de masa de agua evaporada frente al volumen del local, exigen una selección de equipos de deshumectación con caudales de aire que ocasionan unas elevadas tasas de recirculación.

El proyectista de la instalación, deberá resolver en cada caso la difusión de aire, evitando altas velocidades que ocasionan disconfort y multiplican las pérdidas de evaporación. Normalmente, estos diseños conducirán a un encarecimiento de las instalaciones de transporte de aire, conductos, rejillas, difusores, etc., en este tipo de piscinas.

Una alternativa viable es aumentar la tasa de renovaciones/hora por encima de las mínimas exigidas para la ventilación del recinto. Es bien sabido, que en la mayoría de las ocasiones el aire exterior presenta unas condiciones de humedad absoluta inferiores que permiten un secado del ambiente. Se puede así reducir el tamaño del equipo de deshumectación y el caudal de aire nominal, disminuyendo las recirculaciones y el coste del sistema de difusión. El inconveniente es la introducción de unas mayores cargas sensibles que hay que combatir con el sistema de calefacción auxiliar.

El estudio realizado en este capítulo muestra como la selección de un equipo de deshumectación con capacidad suficiente para combatir la carga latente del recinto es la opción más favorable desde el punto de vista de la eficiencia energética si bien debe de resolverse el inconveniente de unas tasas de recirculación muy elevadas. La alternativa de aumentar el caudal de aire exterior permite reducir el caudal total de aire, presenta un menor coste inicial, además de menores dimensiones. El proyectista deberá, en cada caso, evaluar el periodo de retorno de la inversión.

10.1. Objetivo

El objetivo principal de este capítulo, es ver los conceptos o ideas básicas de cómo obtener un importante ahorro energético de los balnearios y las piscinas climatizadas así como incrementar el bienestar higrotérmico de las personas y garantizar la durabilidad de los materiales.

Se parte de los criterios técnicos de cálculo justificando las distintas estrategias de ahorro con el propio funcionamiento racional de las instalaciones.

10.2. Antecedentes

Antiguamente, no se tenía en cuenta la calidad del aire en una piscina climatizada. Esto provocaba desastrosas consecuencias como que «lloviera» en el interior del recinto o que aparecieran numerosas grietas y humedades en las paredes.

Las piscinas eran lugares destinados sólo para nadar, con poco espacio a su alrededor, y prácticamente no tenían vestuarios, duchas o servicios. Además, estaba prohibido zambullirse con estruendo, jugar a la pelota, correr, etc.

En cambio, las piscinas actuales y sobre todo los balnearios, spas y aquaparks son grandes centros lúdicos donde el agua es la principal atracción.

Estos edificios cuentan además con una oferta complementaria con zonas de bares, restaurantes, vestuarios, despachos etc. Diferentes ámbitos donde cada zona tiene que tener su temperatura y humedad óptimas.

10.3. Necesidades de las zonas húmedas

Para climatizar bien hay que controlar las siguientes variables:

- Mantener temperatura de 1 °C a 3 °C por encima de la temperatura del agua.
- Mantener la humedad entorno al 65%.
- Mantener una buena ventilación. Calidad del aire interior.
- Cuidar el ruido generado en la producción.

Es en este apartado en el que vamos a fijar las ideas de nuestra estrategia.

La DTIE 1.02 nos indica las diferentes temperaturas óptimas para las piscinas en función de su uso. Van desde los 24 °C mínimos aceptables hasta los 29,5 de las residenciales y de ahí, a 32 °C – 38 °C de las terapéuticas. Ver tabla 1.

Tabla 1. Temperaturas óptimas para piscinas en función de su uso.

Denominación	Uso	Superficie de la lámina de agua	Profundidad		Temperatura mínima del agua	
		m ²	Min m	Max m	°C	
CHA	Chapoteo	50 a 250	–	0,30	24	
ENS	Enseñanza	32 a 200	0,70	1,30	25	
REC	Recreo	> 200	1,00	1,40	22	
NAT	Natación	312,5 a 1.250	1,80	2,20	24	Competición
					26	Entrenamiento
PFF	Polivalente de fondo fijo	312,5 a 1.050	1,40	2,20 ⁽¹⁾ 4,20 ⁽²⁾	22	Recreo
					24	Competición
					26	Entrenamiento

En este mismo documento se exponen distintos métodos de cálculo para determinar el nivel de evaporación de agua en función del uso y del aforo. Vamos a quedarnos con uno, por ejemplo el de ASHRAE. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Transferencia de vapor de agua.Transferencia de vapor de agua en mg/(s · m²)

Temp del agua (° C)	Desde la superficie de la lámina de agua		Desde la superficie del suelo		Desde la superficie del cuerpo		Totales	
	ASHRAE	CoSTIC	ASHRAE	CoSTIC	ASHRAE	CoSTIC	ASHRAE	CoSTIC
15	19,08	17,25	0,42	0,57	16,22	14,49	35,72	32,31
16	20,42	18,46	0,48	0,64	15,91	14,27	36,82	33,37
17	21,85	19,75	0,55	0,71	15,59	14,04	37,99	34,49
18	23,36	21,11	0,63	0,79	15,25	13,78	39,24	35,69
19	24,96	22,55	0,71	0,88	14,89	13,52	40,56	36,95
20	26,66	24,08	0,80	0,98	14,51	13,23	41,97	38,29
21	28,46	25,71	0,89	1,08	14,11	12,92	43,46	39,71
22	30,36	27,43	0,99	1,19	13,69	12,59	45,05	41,21
23	32,38	29,26	1,11	1,31	13,25	12,24	46,73	42,80
24	34,51	31,19	1,23	1,44	12,78	11,86	48,52	44,49
25	36,77	33,24	1,36	1,57	12,29	11,47	50,41	46,28
26	39,15	35,40	1,50	1,72	11,77	11,04	52,42	48,17
27	41,67	37,70	1,65	1,88	11,22	10,59	54,54	50,17
28	44,33	40,12	1,82	2,06	10,65	10,11	56,79	52,29
29	47,13	42,69	2,00	2,24	10,05	9,60	59,17	54,53
30	50,09	45,40	2,19	2,44	9,41	9,06	61,69	56,90
31	53,22	48,26	2,39	2,65	8,75	8,49	64,35	59,40
32	56,51	51,29	2,61	2,88	8,05	7,88	67,16	62,05
33	59,98	54,49	2,84	3,12	7,31	7,24	70,13	64,85
34	63,63	57,87	3,09	3,39	6,54	6,56	73,27	67,81
35	67,47	61,44	3,36	3,67	5,74	5,84	76,57	70,94

Esto quiere decir, que por cada metro cuadrado de superficie de agua de piscina, se evaporan varios gramos de agua cada segundo. También desde la «playa» o superficie, que puede estar mojada por los bañistas que hay alrededor, y desde el cuerpo mojado de los bañistas. Dado que hay varias formas de plantear el cálculo y diversos factores que se tienen que estimar, podemos decir que hay al menos 2 métodos: el de ASHRAE o americano y el de COSTIC o francés. Aparte, está el de VDI alemán y algún otro que no citamos para no enredar más.

Como he dicho antes, vamos a quedarnos con el de ASHRAE. Vemos, por ejemplo, que a 30 °C se evaporan 50,09 mg/(s·m²) por cada metro cuadrado de

superficie de la lámina de agua más $2,19\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ por cada metro cuadrado de la zona de playas y $9,41$ por cada metro cuadrado de superficie de bañista; total máximo $61,69$.

De este cálculo rápido ya podemos deducir que para calcular la evaporación influye que la piscina esté abierta o no y también, la afluencia de bañistas.

Asimismo, nos indica que durante el día es posible que la necesidad de deshumectación vaya variando. Por tanto, debemos pensar en los equipos dotados de variador de velocidad en los ventiladores; que puedan regular la capacidad de los compresores y adaptarse mejor a la demanda. De esta manera, garantizarán un mejor estado de bienestar consumiendo mucha menos energía.

10.4. Climatización de la piscina

Lo más importante es que para evitar que los niveles de evaporación sean demasiado elevados es necesario que la temperatura del aire esté 2 ó 3 grados por encima de la temperatura del agua. De este modo, las presiones de vapor se equilibran y se propicia una evaporación más baja. Si bajamos la temperatura del ambiente, la evaporación aumenta y por tanto, el consumo del equipo que tengamos diseñado para deshumectar. Hay quien pueda pensar que si el agua está a 28 °C – 30 °C , el ambiente a 32 °C es demasiado caliente. Sin embargo, si no es así, la sensación al salir del agua es de mucho frío.

Vamos a examinar todos los condicionantes para un buen cálculo de las necesidades de un balneario.

Por un lado están los parámetros constructivos. Es muy importante tener:

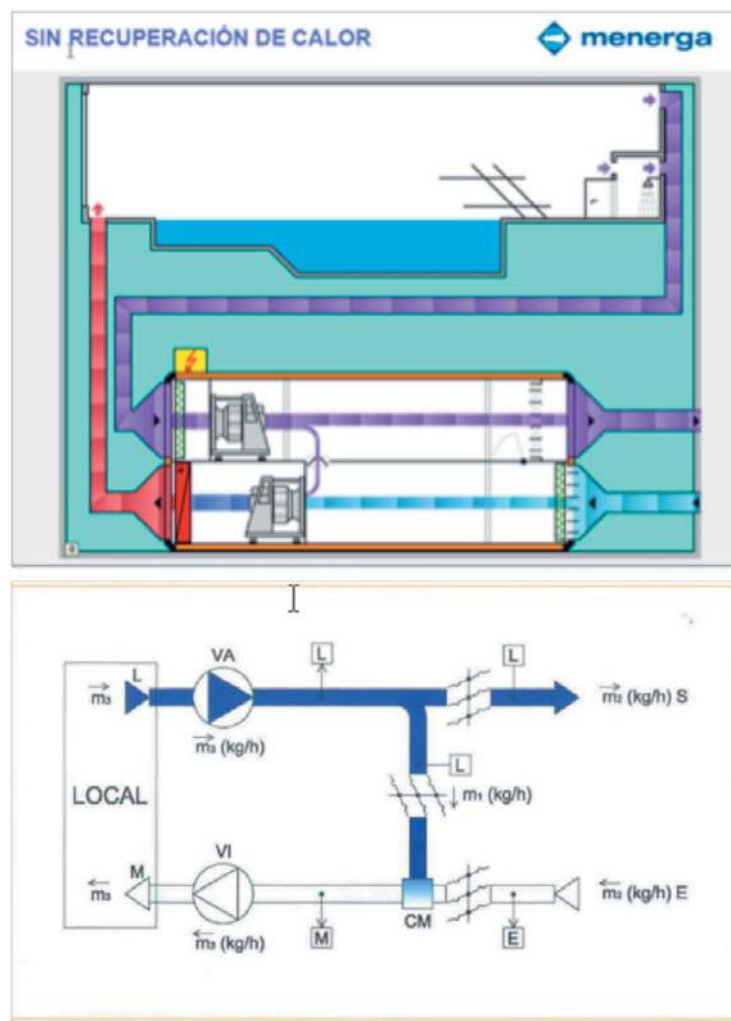
- Un aislamiento térmico apropiado en paredes y en cristales del edificio.
- Barrera de vapor para evitar condensaciones no deseadas en los paramentos.
- Eliminación de las infiltraciones no deseadas.
- Muy importante, el control de la humedad que, aunque en Europa se trabaje con humedades entre el 40 y el 64% , en España no nos permiten bajar del 65% HR y ciertamente, en muchos casos con este valor ahorramos mucha

10.5. Distintas estrategias de climatización

Recientemente se publicó una DTIE 10.04 que justifica que en toda la geografía del estado español se puede deshumectar con aire exterior como único sistema deshidratante.

De hecho, este sistema es el que se usaba antiguamente para climatizar piscinas. Se trata de un climatizador con un ventilador y una caja de mezcla que puede impulsar aire del exterior (con una humedad más baja) o un aire de retorno con la humedad más alta. Si la humedad interior subía mucho, se abría la compuerta de aire exterior (más frío, pero con una humedad absoluta más baja) y se expulsaba al exterior aire caliente y húmedo del interior de la piscina.

Hacer esto supone calentar este aire exterior más frío y por tanto, gastar energía en calentarlo.



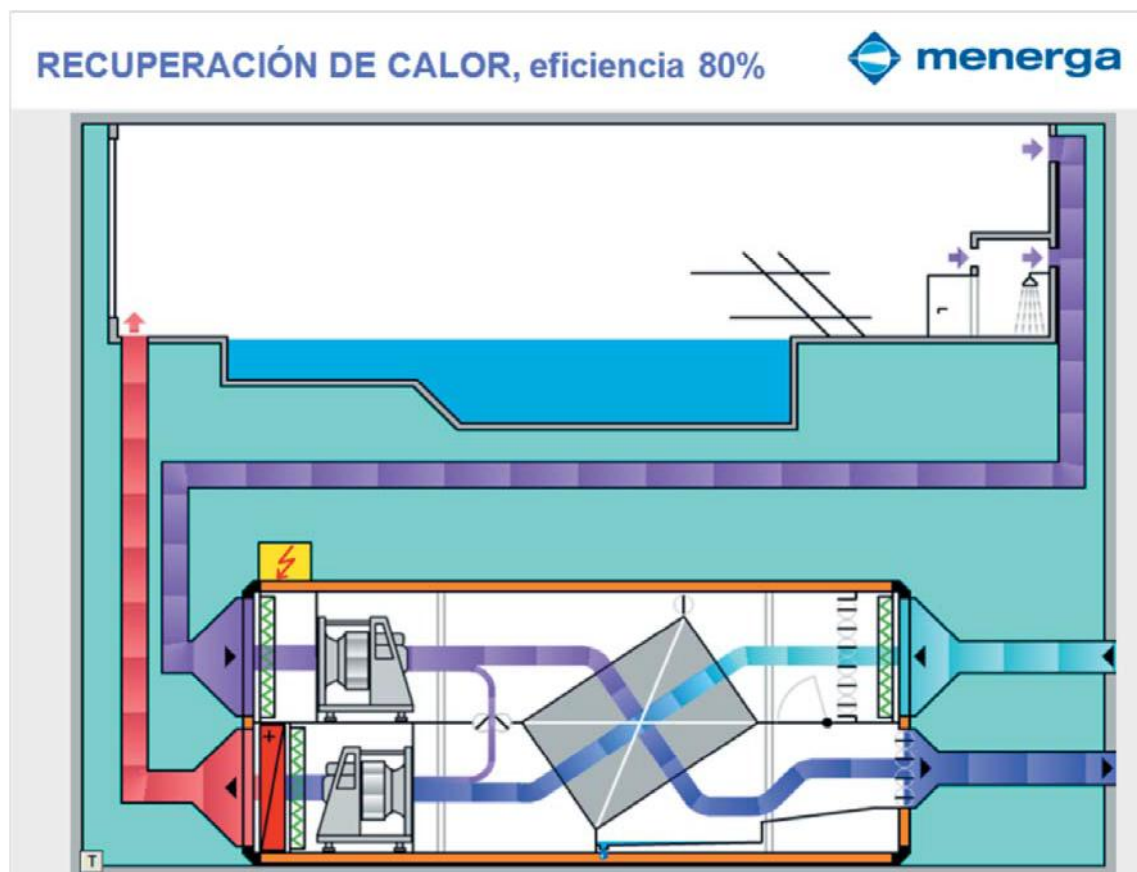
Con este modelo cuanto más frío y seco sea el aire exterior, menos aire exterior tengo que aportar. Es decir, si debido a la evaporación del agua en el interior de la sala de la piscina sube la humedad hasta por ejemplo 18 g/kg, y en el exterior tenemos solamente 5 g/kg, con muy poca cantidad de aire exterior conseguiré eliminar o desplazar el exceso de humedad del aire interior.

Pero, si se acerca el verano y la humedad del exterior es mayor, por ejemplo, 12 g/kg, necesitaré más aire para desplazar el exceso de humedad interior.

En cualquier caso con este sistema tenemos:

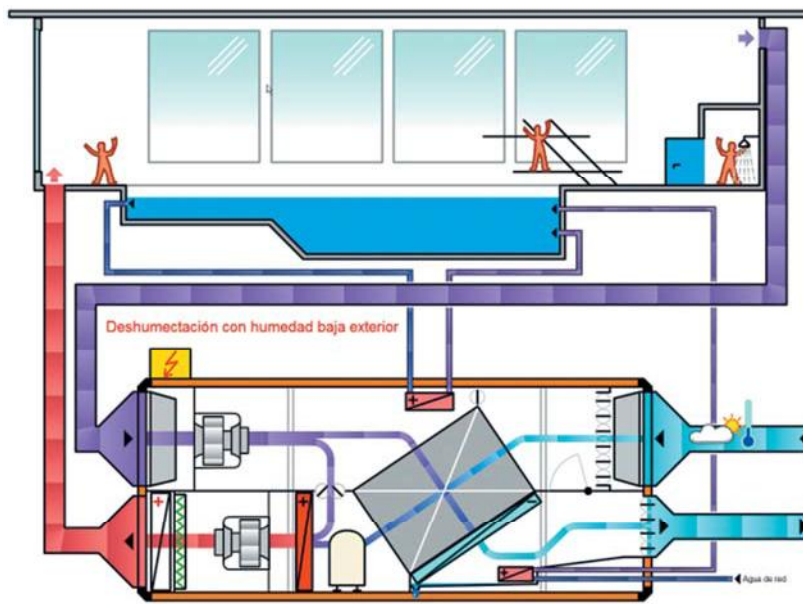
- Una buena ventilación.
- Un consumo energético muy elevado en invierno para calentar el aire.

Si para mejorar este sistema introducimos un buen recuperador:

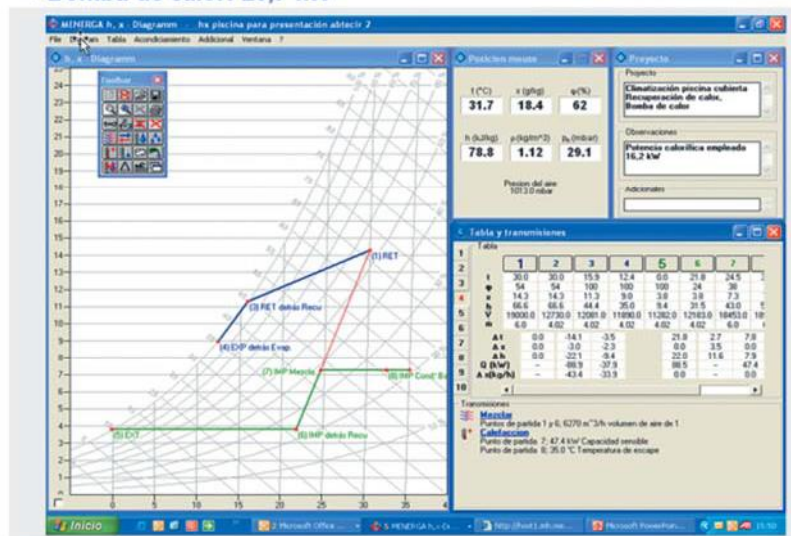


Podemos conseguir lo mismo que en el caso anterior, pero gastando mucha menos energía ya que a través del recuperador el aire de extracción cede su calor al exterior que vamos a introducir.

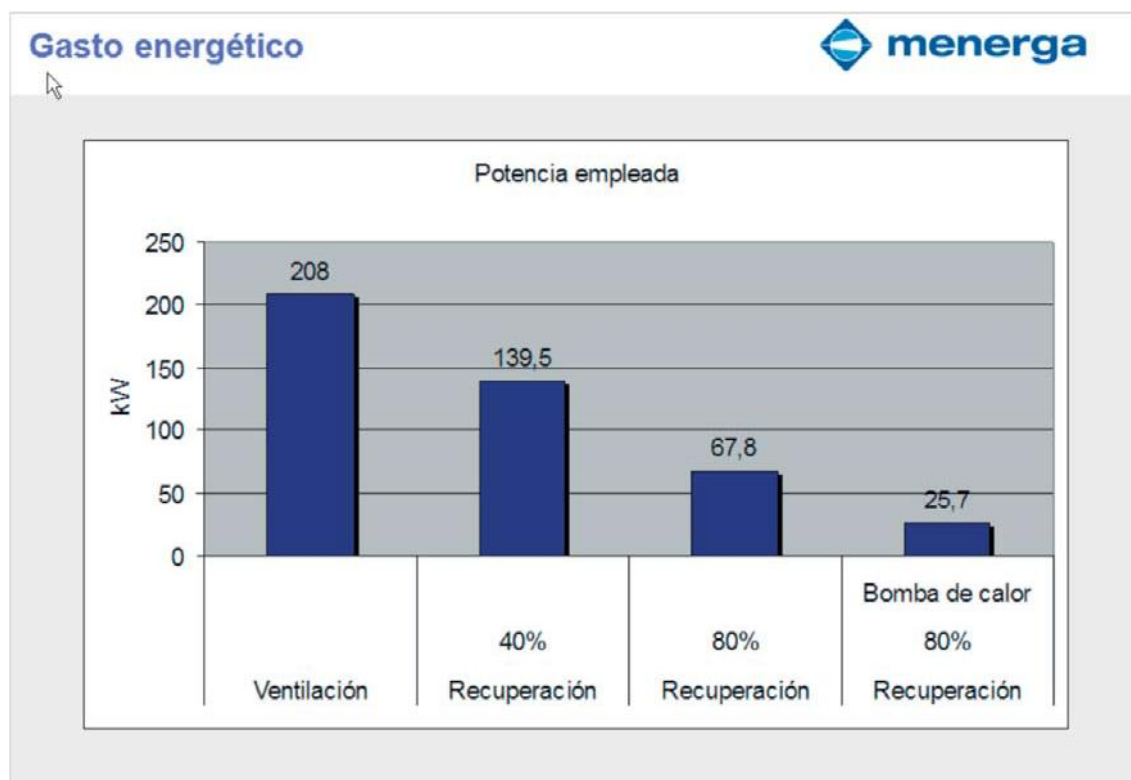
Si además, introducimos un pequeño circuito frigorífico, conseguimos reducir la aportación de calor de la batería y la sustituimos por un sistema más eficiente de la bomba de calor. En nuestras latitudes y con la aportación solar que generalmente se necesita para estas aplicaciones, no es necesario. Y evidentemente es más necesario en verano cerca de la costa donde las humedades relativas exteriores pueden llegar a hacerlo imprescindible.



**RECUPERACIÓN DE CALOR, eficiencia 80%
+ Bomba de calor: 25,7 kW**



Si resumimos los distintos escenarios llegamos a la siguiente conclusión:



Para mantener un buen clima interior, es decir, que el bienestar higrotérmico sea óptimo, necesitamos mucha ventilación. Además, esto nos ayuda a mantener en buen estado las instalaciones. No hay corrosión ni oxidación porque el aire se ha renovado convenientemente.

Ventilar mucho, cuesta mucho dinero. Cada día más porque está subiendo la energía. Por tanto, hay que instalar un buen recuperador y así lo indica la normativa. Por otro lado, y como se comentaba en el punto 3, controlar el caudal con **un variador de velocidad en los ventiladores es extraordinariamente efectivo a la hora de reducir los consumos; así como un compresor de capacidad variable y un buen recuperador.**

Para evitar corrosiones es muy recomendable que las máquinas estén pensadas para climatizar piscinas desde su inicio y específicamente, el recuperador es muy aconsejable que se construya en polipropileno ya que es totalmente inerte a la corrosión y ofrece unas propiedades termodinámicas muy interesantes. Con esto quiero decir que hay muchos equipos de mercado que se venden para climatizar piscinas y que realmente son adaptaciones de equipos de climatización comercial.

CORROSIÓN EN METALES POR LA AGRESIVIDAD DEL AIRE



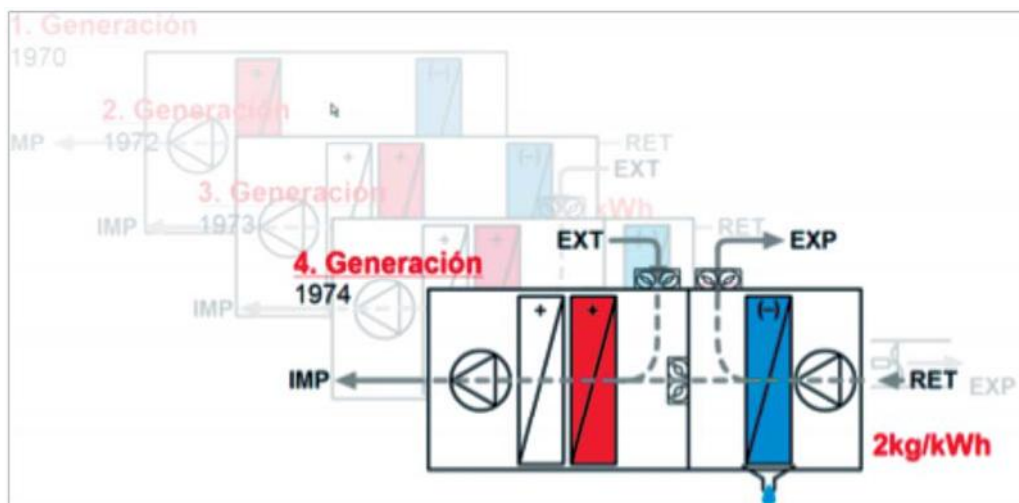
Cambio térmico del aluminio dañado por la corrosión



Siguiendo con nuestro razonamiento, podemos instalar o no una bomba de calor en nuestro equipo. Si lo hacemos conseguimos más eficiencia que con una simple batería de agua, pero en función de su disposición interna podemos mejorar mucho el consumo de esta bomba de calor.

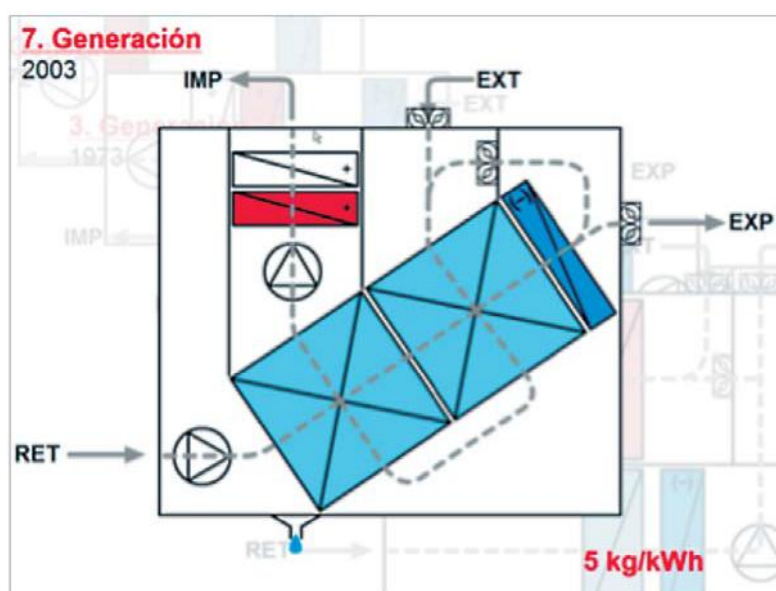
10.6. Optimización del régimen de deshumectación

La mayoría de fabricantes optaron en su día por fomentar la deshumectación con bomba de calor. La configuración típica de los equipos es la siguiente:

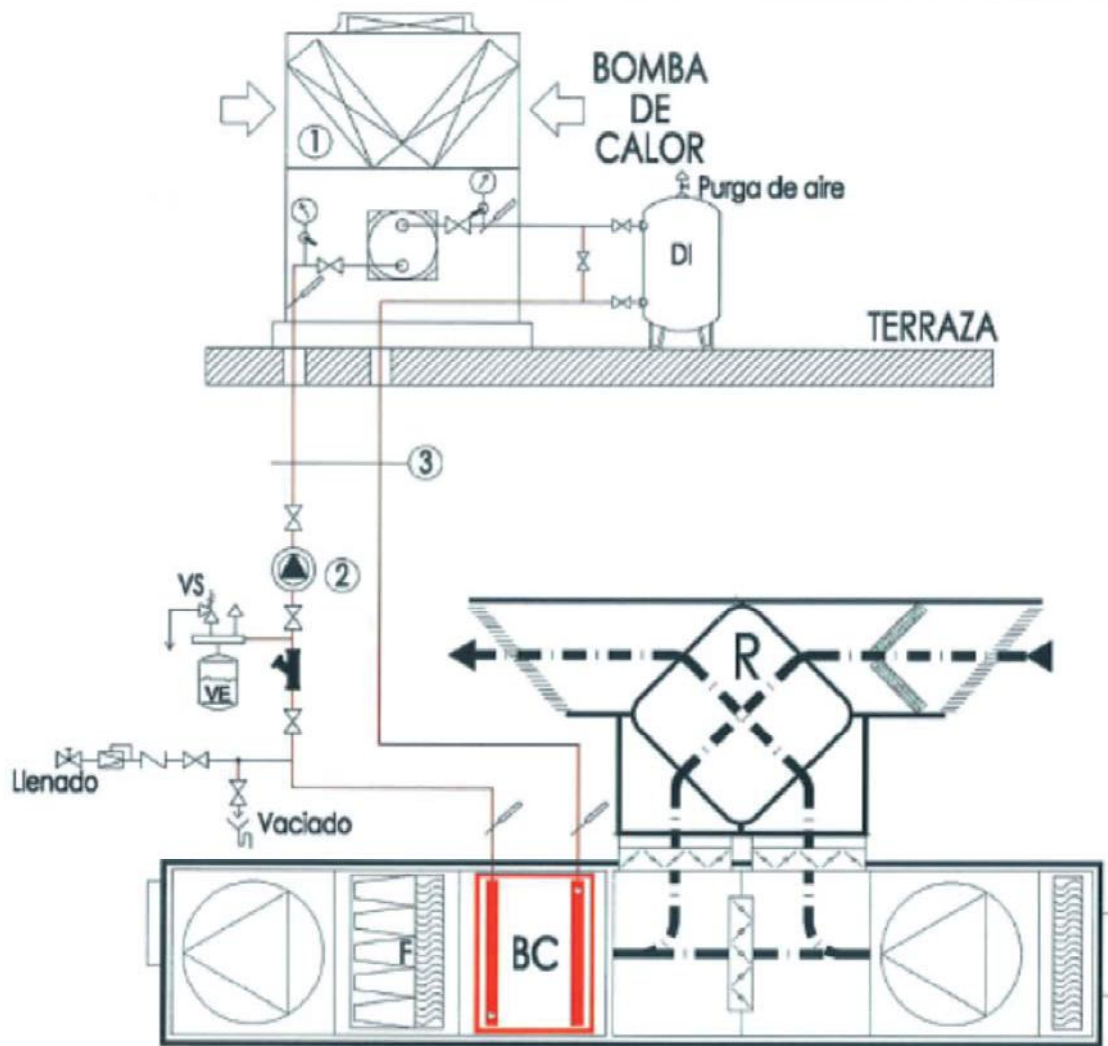


El aire de la piscina pasa por el evaporador, o batería fría, donde el agua disuelta en el aire se condensa. El aire se seca y después se hace pasar por el condensador o batería caliente donde recupera la temperatura adecuada para volver a introducirse en la piscina. Con este proceso se puede conseguir unos 2 a 2,5 kg/h de agua deshumectada por cada kW/h consumido.

Si lo que buscamos es reducir el consumo, lo que debemos hacer es mejorar este ratio. Para ello, en los años 80 Menerga introdujo la variante de intercalar el recuperador en el interior del circuito frigorífico. De este modo, conseguimos reducir parte de los choques térmicos en el interior de la deshumectadora consiguiendo ratios de entre 5 y 6 kg de agua deshumectada por cada kW/h consumido.

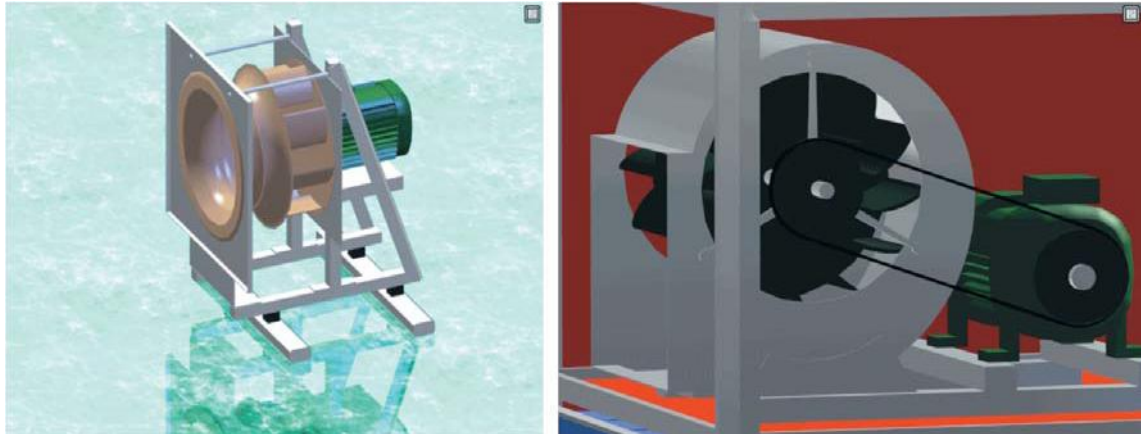


En la actualidad, hay otros fabricantes que ofrecen configuraciones similares. Además de la configuración física de los componentes, la eficiencia energética está muy ligada a la estrategia de control y eso requiere una experiencia y perfeccionamiento que únicamente dan los años y las referencias.



Las opciones de variantes a la solución convencional, y que la DITE 10.04 presenta, proporcionan soluciones. Aunque muy sencillas en su concepto, quizás no con la máxima eficiencia que en este momento tenemos en el mercado. Es cierto que la obligación de todo técnico proyectista es contemplar la instalación como «todo» de manera que sí podemos tener un sistema de cogeneración produciendo calor y electricidad al mismo tiempo, en combinación con equipos sin circuito frigorífico con un buen recuperador. De este modo estamos mejorando mucho la utilización y el rendimiento de la cogeneración. Y más, si aprovechamos la inercia de los fluidos para diferir la aplicación de las cargas a los mismos.

Aparte de las estrategias comentadas, la eficiencia está relacionada con pequeñas cosas que van sumando. Por ejemplo, en general gastan mucho menos (del orden del 25%) un ventilador de palas hacia atrás y accionamiento directo (sin correas de transmisión) y variador de velocidad que un centrífugo convencional.



Y actualmente, hay fabricantes que ya trabajan con tecnología EC. Todavía más eficiente que los anteriormente comentados que van montados con variador de velocidad.

Por tanto, la conclusión es:

- Mucho aire exterior.
- Gran recuperador.
- Evitar la corrosión.
- Ventiladores eficientes.
- Control completo y contrastado.

10.7. Ventilación del resto de instalaciones del balneario

Suele ser bastante común que en los balnearios y spas existan otras salas distintas de las propiamente húmedas. Zonas de fitness, cardio, incluso zonas de cabinas de masajes o tratamientos.

En general, estas zonas requieren de grandes cantidades de aire exterior para mantener la sensación de salubridad y evitar una concentración de olores no deseados.

Como he citado anteriormente, ventilar es caro si no se aprovecha todo el potencial energético del aire de extracción.

El RITE, reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, cita en su IT 1.2.4.5 que en las instalaciones de más de 70 kW el sistema de climatización deberá contar con un sistema de freecooling. Es decir, si fuera hace frío, podremos llevar el aire exterior para combatir la posible carga de calor que tengamos, por ejemplo, en el interior del gimnasio.

Además, dice que hay que ventilar convenientemente la instalación, al ser un IDA 3, a razón de unos 28,5 l/h por persona. Hay que tener en cuenta, que las tablas oficiales indican la ventilación para un nivel metabólico. Es decir, de actividad, sedentaria, por tanto en una zona de deporte será al menos el doble. También hay que ventilar las zonas de las cabinas de tratamientos y masajes.

El RITE obliga a instalar un recuperador de calor del aire cuando el caudal de ventilación sea superior a 1800 m³/h y, en función del caudal del aire extraído, hay que cumplir con un determinado nivel de eficiencia en el recuperador. Mayor cuanto más caudal pero, con una máxima pérdida de carga, ya que si introducimos un elemento que recupera energía pero hay que gastar más de la que se recupera para atravesarlo, no es rentable. Ver Tabla 3 (tabla 2.4.5.1).

Tabla 3. Eficiencia de la recuperación

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m ³ /s)									
	> 0,5...1,5		>1,5...3,0		>3,0...6,0		>6,0...12		>12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000...4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
>4.000...6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

El RITE, en la misma ITE 1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción, indica que sobre el aire de extracción se instalará un dispositivo de enfriamiento adiabático. Esto, que algunos le dan una utilidad muy discutible, si se implementa adecuadamente con la tecnología apropiada, puede llegar a ahorrar el 80% de la potencia frigorífica de la instalación de ventilación.

Se plantea un ejemplo para un caudal de 10.000 m³/h funcionando entre las 8:00 y las 20:00 los 249 días al año. Por tanto, horas de funcionamiento anual 2.980h comparando:

- A: Un equipo sin recuperador.
- B: Equipo con un recuperador sensible del 50% que lo exigido por el RITE para estas condiciones de funcionamiento y módulo adiabático de preenfriamiento.
- C: Otro con una recuperación sensible del 75% y enfriamiento adiabático integrado más la producción de frío integrada.
- D: Recuperador entálpico del 90% de eficiencia sin adiabático previo.

En el cuadro adjunto se puede ver el ahorro que supone.

Resultados

Energía térmica anual (en kWh)

Denom.	Temp. exterior (°C)	Temp. impulsión (°C)	Retorno	A Sin recup.	B Recup. 50%	C RECUP. 75%	D Recup. 90%
1: Calent.	0-14	23	22 °C 45%	41.477	22.498	13.009	7.327
3: Enfriam.	19-35	18	24 °C 50%	47.639	25.785	5.985	35.205
Total:				88.846	48.283	18.994	42.532
Ahorro:				0	-40.563	-69.852	-46.314
Porcentaje:				100%	54,3%	21,4%	47,9%

10.8. Colaboración

Para conseguir que un edificio sea eficiente no queda otra opción más que trabajar en equipo. ¿Quiénes conforman este equipo?:

- **El Promotor:** Suele ser habitualmente un inversor privado o una Corporación Local o Ayuntamiento, el cual saca a concurso la futura concesión, cuyo adjudicatario es el responsable de la construcción y de la futura explotación del complejo.

También existe la Promoción Pública, en la cual el Arquitecto adjudicatario del proyecto es el encargado de definir el edificio en su conjunto para poder ser ejecutado dentro del presupuesto disponible.

- **El Adjudicatario y/o explotador:** Es la persona o empresa que va a pagar la factura energética del edificio. Es el beneficiario o sufridor final de las decisiones tomadas por la Arquitectura y la Ingeniería en el edificio en su totalidad. Es el sujeto que realmente tiene que cuadrar los gastos de explotación donde se engloban: energía, mantenimiento, averías, etc. y al que más le interesa que éstos sean lo más bajos posibles de por vida.
- **El Arquitecto:** Es el encargado de liderar el proyecto del edificio. Partiendo de las premisas del promotor o adjudicatario, diseñará un edificio racional, bien organizado, con una distribución acorde a la actividad a realizar, adoptando en lo posible los criterios de sostenibilidad que afectan a la obra civil, iluminación natural, aislamiento, etc. Permite la integración de las instalaciones necesarias para su buen funcionamiento a parte de todo lo hermoso que pueda llegar a ser.
- **El Ingeniero:** Es el miembro del equipo encargado de, con una colaboración muy directa con el arquitecto, diseñar unas instalaciones perfectamente adaptadas al uso que se les va a dar.

Sobre el Ingeniero recae la responsabilidad de la elección de los equipos más adecuados, tanto por eficiencia energética como por durabilidad, atendiendo a las especiales condiciones de trabajo como pueden ser un funcionamiento continuo (24h/365días) o un ambiente corrosivo. También se ocupará de adoptar soluciones técnicas innovadoras que permitan satisfacer la simultaneidad de demandas como frío, calor y electricidad utilizando equipos de solvencia técnica contrastada, aportando incluso planes de amortización de estas mejoras tecnológicas.

- **Los Fabricantes:** Su misión es aportar los elementos inherentes a la instalación de forma que cumplan con los criterios de construcción y eficiencia marcados por el Arquitecto y el Ingeniero. Aunque, su honestidad y profesionalidad se le supone a todos, realmente tienen que cumplir lo que prometen.

- ✱ **El Instalador:** Es un actor muy importante ya que su experiencia puede aportar mucho valor al edificio terminado. Sin duda lo más importante es que, si el trabajo de la Ingeniería está bien hecho, se ciña a lo que está prescrito. Desgraciadamente, hay muchos cambios que se prometen «iguales» desde el punto de vista técnico y energético y que en realidad, no lo son.

Todos estos son los actores intervinientes en la construcción del edificio. Podríamos añadir la constructora, adjudicataria del total de las obras y las instalaciones. Todos tienen que aportar sus conocimientos y experiencias para que este edificio realmente sea eficiente de por vida.

Pero, lo más importante es que en la mente de todos y en su actuación se persiga el mismo fin: **la eficiencia**.

Y que de una manera eficiente trabajen unidos en estrecha colaboración, y desde el principio.

10.9. Bibliografía

- Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios RITE. Real Decreto 1027/2007 y posteriores modificaciones.
- DTIE 10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante. Autor: Pedro Torreo Gras. Edición: ATECYR.
- DTIE 1.02 Calentamiento de agua de piscinas. Autor: Alberto Viti. Edición: ATECYR.
- Fundamentos de ventilación industrial. V. V. Baturin.
- Tratado de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. Rietschel-Raiss.

11.1. Introducción

Un balneario o un spa requieren niveles de humedad de entre 40 y 60% HR para confort, consumo de energía y protección del edificio. Además, los baños de vapor son instalaciones especiales desde el punto de vista de la climatización. El equipo de diseño, formado por arquitecto e ingeniero, de este tipo de centros debe tener en cuenta los siguientes conceptos: control de la humedad del aire, distribución del aire, diseño de la red de conductos, química del agua de la piscina y los ratios de evaporación del agua. Ningún sistema de control de humedad del aire proporcionará resultados satisfactorios si se descuida cualquiera de estos aspectos.

Las personas somos muy sensibles a la humedad relativa. La fluctuación de los niveles de humedad relativa fuera del intervalo 40-60% puede incrementar los niveles de bacterias, virus, hongos y otros factores que reducen la calidad del aire. Para los bañistas, niveles entre el 50 y el 60% de humedad relativa son confortables. Altos niveles de humedad son destructivos para los componentes del edificio. El moho y los hongos pueden atacar las paredes, suelos y los falsos techos. Las condensaciones pueden degradar muchos materiales del edificio. En el peor de los casos, el techo puede desplomarse debido a la corrosión producida en la estructura del edificio [1].



11.2. Eficiencia energética en la deshumidificación y climatización de piscinas cubiertas

11.2.1. Generalidades

Un clima interior agradable y bien controlado es un factor importante. Sobre todo en el caso de las piscinas cubiertas, donde las altas temperaturas de hasta 30 °C, junto con una humedad relativa elevada, pueden reducir el bienestar de los ocupantes y provocar daños en el edificio. Al mismo tiempo, el consumo de energía de las unidades de tratamiento de aire es un factor mucho más importante hoy que hace tan sólo 5 años.

Las normas UNE-EN 13779 [2] y UNE-EN 13053 [3] constituyeron uno de los primeros pasos dados en Europa para definir las exigencias sobre el rendimiento de las unidades de tratamiento de aire; sin embargo, en la mayoría de los países del norte de Europa ya se han fijado valores óptimos de potencia específica de ventilación (SFP por sus siglas en inglés) y de eficiencia del intercambiador de calor todavía más altos. Sin embargo, la legislación de la UE no sólo ha cambiado la opinión que los clientes tienen sobre la deshumidificación eficiente, sino también sobre el aumento de los costes de energía y las emisiones de CO₂, que ejercen una gran influencia en las demandas de los clientes en la actualidad.

En concreto, los sistemas de deshumidificación de piscinas consumen una gran cantidad de energía, ya que funcionan las 24 horas del día y los 365 días del año, con temperatura y humedad del aire extraído bastante elevadas. Para alcanzar los objetivos de eficiencia energética establecidos por la legislación de la UE y los clientes, debe planificarse con exactitud lo que debe hacerse con respecto a qué tipo de deshumidificador de piscina, ventiladores e intercambiador de calor deben usarse.

11.2.2. Introducción

Al principio, lo habitual era realizar la deshumidificación de las piscinas con ayuda de aire seco del exterior. Los deshumidificadores de piscina estaban equipados sólo con ventiladores, un filtro y una resistencia en espiral para intercambiar el aire húmedo y caliente de la piscina con el aire frío del exterior. Estas unidades utilizaban una gran cantidad de energía fósil, ya que no había ningún intercambiador de calor incorporado para precalentar el aire frío del exterior.

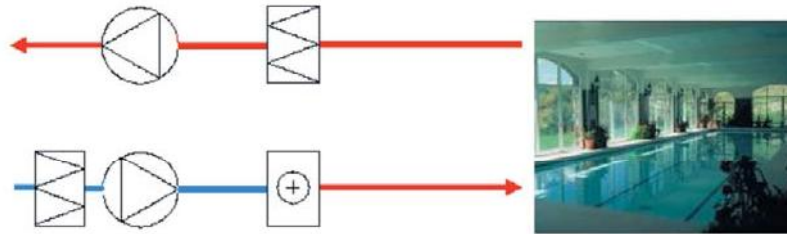


Figura 1. Sistema de deshumidificación de piscinas antiguo (A).

Después de la primera crisis energética y con el aumento de los precios del petróleo, se desarrolló un nuevo tipo (figura 2) de unidad de ventilación y deshumidificación para ahorrar energía y costes. Consiste en una bomba de calor impulsada por un compresor en la que el aire cálido y húmedo de la piscina se enfría y se deshumidificaba en un evaporador para luego calentarse de nuevo en el condensador. Para cumplir con la demanda de algo de aire exterior en las piscinas públicas, el sistema seguía intercambiando una pequeña cantidad de aire de la piscina con aire del exterior. Este sistema redujo de manera drástica los costes energéticos con respecto al antiguo sistema A y se utilizó durante las décadas de los setenta y ochenta del siglo xx de manera estándar para la deshumidificación y ventilación de piscinas.

Hoy en día, estos sistemas se siguen utilizando aún en piscinas privadas donde no hay una actividad constante; sin embargo, ya no se utiliza en piscinas de acceso público por lo general. La razón principal está en las altas temperaturas de los recintos de las piscinas hoy en día (hasta 32 °C) donde la bomba de calor suele sobrecalentar el recinto de la piscina en verano a medida que la evaporación de agua y la entrada de energía eléctrica al compresor aumentan el suministro de aire al recinto de la piscina entre 5 y 10 °C por encima del aire de retorno. Además, puede que un condensador refrigerado por agua, que se utiliza en algunos sistemas, no sea siempre la solución adecuada, ya que nos limitamos a trasladar al agua el problema de la temperatura del aire. En segundo lugar, no hay ninguna posibilidad de que este sistema funcione con una mayor cantidad de aire exterior para mantener bajas las temperaturas.

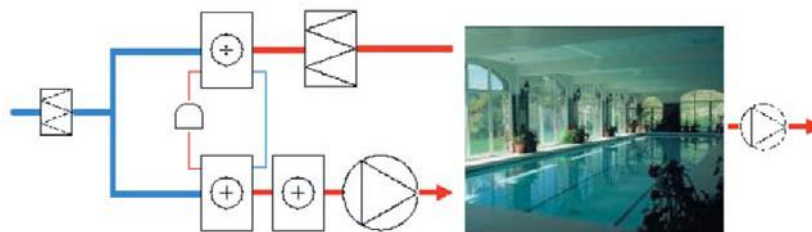


Figura 2. Sistema de deshumidificación de piscinas de los años 70 (B).

El sistema de deshumidificación y ventilación moderno utilizado hoy en día

consiste en una combinación de los sistemas A y B. Durante el día, la deshumidificación tiene lugar con ayuda del aire seco del exterior, como en el sistema A, con un intercambiador de calor y una bomba de calor entre el aire exterior y el de extracción, para recuperar la mayor parte de energía posible del aire de extracción. Al mismo tiempo, una caja de mezcla sólo permite la cantidad necesaria de aire exterior al recinto de la piscina para mantener la humedad relativa adecuada. Gracias a la posibilidad de operar hasta con el 100% del aire exterior, además de que la calidad del aire es mucho mejor con el sistema B, también surge la posibilidad de cambiar a una refrigeración natural en verano.

Durante la noche, la unidad funciona como el sistema B, sin aire exterior, y el proceso de deshumidificación se realiza sólo con la ayuda de la bomba de calor. Como la evaporación del agua de la piscina es mucho menor durante la noche, el tamaño del compresor es también mucho menor que en el sistema B y, por lo tanto, no tiene los mismos problemas con las altas temperaturas veraniegas.

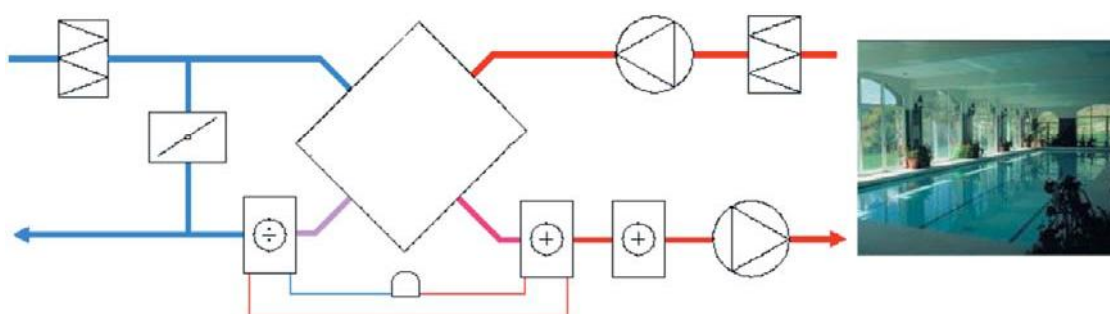


Figura 3. Sistema de deshumidificación de piscinas actual (C).

Para zonas con temperaturas exteriores medias elevadas (>12 °C) a lo largo del año e inviernos cálidos (>0 °C), el sistema C también está disponible sin la incorporación de una bomba de calor, ya que la mayor recuperación de calor no amortizará los costes más altos de la inversión con estas temperaturas exteriores relativamente altas.

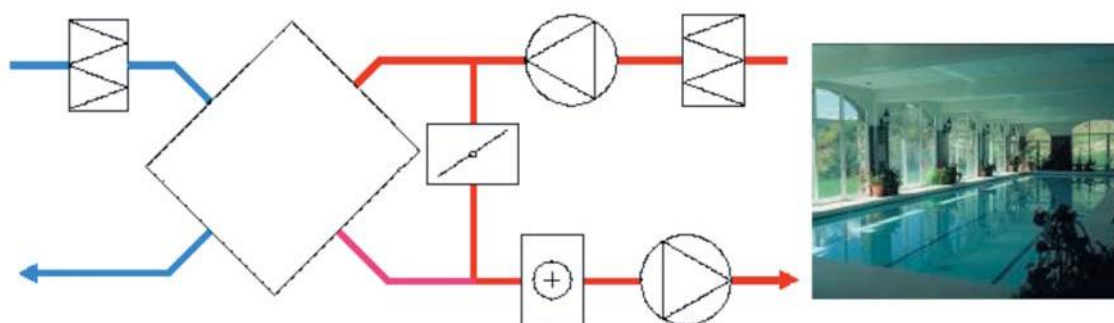


Figura 4. Sistema de deshumidificación de piscinas actual (D).

Así que, veamos qué influencia ejercen los componentes individuales de un sistema de deshumidificación de piscinas en la eficiencia energética de la unidad total.

11.2.3. Potencia específica de ventilación (SFP) y cómo reducirla

Una de las expresiones para la ventilación eficiente es el valor SFP del sistema de deshumidificación. El valor SFP [kJ/m³] indica la demanda de potencia de los ventiladores en una unidad de tratamiento de aire para superar la pérdida de presión en la unidad de deshumidificación y en el sistema de conductos. Cuanto menor sea el valor, más eficiencia energética tendrá el sistema de deshumidificación. Como valor estándar, la norma UNE-EN 13779 sugiere un valor SFP entre 2.300 y 3.550 J/m³ para un sistema moderno de deshumidificación de piscinas; sin embargo, las legislaciones nacionales piden cifras todavía más bajas.

El valor SFP para una unidad de tratamiento de aire individual se define como:

$$SFP = \frac{P_{st} + P_{ef}}{Q_{max}}$$

Siendo:

SFP = Potencia específica de ventilación (KJ/m³).

P_{sf} = Potencia total del ventilador del aire de impulsión para un diseño del ratio de caudal de aire con filtros limpios (kW).

P_{ef} = Potencia total del ventilador del aire de extracción para un diseño del ratio de caudal de aire con filtros limpios (kW).

Q_{max} = Caudal de aire diseñado en el edificio (m³/s).

Como no podemos cambiar el volumen de aire diseñado, la única posibilidad de obtener un valor SFP bajo consiste en reducir la potencia necesaria de ventilación para el sistema. La potencia de ventilación depende una vez más de los siguientes parámetros:

- Pérdida de carga en la unidad de tratamiento de aire.
- Pérdida de carga en el sistema de conductos.
- Eficiencia de los ventiladores.
- Eficiencia del motor.
- Eficiencia de la transmisión.

Debido a la pérdida de carga en el deshumidificador y el sistema de conductos es importante que todos los componentes incorporados estén diseñados considerando una pérdida de carga baja. La Tabla 1 muestra la influencia de un aumento de presión de los conductos en los costes operativos anuales del deshumidificador de una piscina. Una presión de los conductos superior a 400 Pa supondrá un aumento del consumo energético del 20% cuando la unidad funcione 10 horas a su volumen total de aire en las horas diurnas y 14 horas a la mitad de su volumen de aire por la noche, los 365 días del año.

Tabla 1. Costes de funcionamiento del ventilador con una presión de los conductos normal y más alta.

Volumen de aire (m ³)	Presión de los conductos suministro / escape (Pa)	SFP (J/m ³)	Consumo de los ventiladores (kWh)	Consumo de los ventiladores (kWh/año)
14.000	300 / 200 *	2.636	10,25	52.925
14.000	600 / 300 *	3.178	12,36	63.875

* Presión de los conductos Normal y alta según la norma UNE-EN 13779.

Al comparar ahora un sistema con un motor eficiente normal (87%) y unos ventiladores de transmisión directa (92%) con un sistema con un motor de baja eficiencia (80%) y transmisión por correa (80%), entonces podemos ver incluso un aumento del 25% del consumo de energía para los ventiladores.

Tabla 2. Costes de funcionamiento del ventilador con motores y transmisión de eficiencia normal y baja.

Volumen de aire (m ³)	Presión de los conductos suministro / escape (Pa)	SFP (J/m ³)	Consumo de los ventiladores (kWh)	Consumo de los ventiladores (kWh/año)
14.000	300 / 200	2.636	10,25	52.925
14.000*	300 / 200	3.297	12,82	66.430

* Motor de baja eficiencia y transmisión según la norma UNE-EN 13779.



Figura 5. Motor de alta eficiencia y ventilador de transmisión directa.

Si combinamos ahora los dos escenarios, terminaremos con casi unos costes de funcionamiento del deshumidificador de piscina un 45% más altos por año, lo que revela la importancia de un diseño adecuado de la unidad de una piscina. Por supuesto, lo mismo ocurre también con las unidades de ventilación normal; sin embargo, como por lo general no funcionan de noche y suelen tener también menor intercambio de aire, el ahorro energético no será tan alto como para un deshumidificador de piscina.

Después de ver la importancia de una pérdida de presión baja en el sistema de deshumidificación, podría parecer extraño que, cuánto más moderno es el sistema de deshumidificación de la piscina, más componentes se incorporan con el resultado de una pérdida de presión más alta y, con ello, un valor SFP mayor. La tabla 3 muestra los valores con un 100% de aire exterior (SFP_{max}) y con la cantidad media de aire exterior (SFP_{medio}) al calcularlo con una temperatura media exterior de 10 °C.

Tabla 3. Valores SFP para los distintos sistemas de deshumidificación de piscinas.

Sistema	Presión de los conductos suministro / escape (Pa)	SFP max (J/m ³)	SFP medio (J/m ³)
A	300 / 200	1.883	1.883
B	300 / 200	1.539	1.539
C	300 / 200	2.837	2.636
D	300 / 200	2.610	2.205

No obstante, como veremos en el siguiente apartado, el valor SFP más alto de las unidades más modernas se compensará con rapidez por el sistema de recuperación de calor incorporado en la actualidad, que, en total, supondrá unos costes de funcionamiento más bajos.

11.2.4. ¿Cómo influye un intercambiador de calor en la eficiencia energética?

Hoy en día, se usan sobre todo dos tipos de intercambiadores de calor en las piscinas: un intercambiador de calor de flujo cruzado o un tubo de calor (*heat-pipe* en inglés), en combinación con una bomba de calor o sin ella. Ambos intercambiadores de calor tienen sus ventajas y desventajas. En cuanto a la eficiencia del intercambiador de calor de flujo cruzado, la ventaja está en que su eficiencia es un 10 - 15% mayor a la del tubo de calor. La principal ventaja del tubo de calor

es la huella más pequeña, lo que significa que la unidad ocupa menos espacio en una sala de máquinas. Por otro lado, los dos intercambiadores de calor son bastante similares en términos de vida útil y costes de servicio. Así que, si hay suficiente espacio, el intercambiador de calor de flujo cruzado será la mejor opción debido a su mayor eficiencia. Es importante para ambos intercambiadores de calor que el material sea resistente al cloro ya que, de lo contrario, la vida útil de los intercambiadores no será muy larga.

Si el intercambiador de calor se combina con una bomba de calor, por lo general, el coeficiente de rendimiento (COP por sus siglas en inglés) deberá ser mayor que en una bomba de calor estándar ya que el estado de funcionamiento por la alta humedad relativa es perfecto para este tipo de intercambiador de calor. El COP de la bomba de calor debe estar en torno a 5 por lo menos en el deshumidificador de piscina.

11.2.5. Eficiencia energética total de los diferentes sistemas de deshumidificación de piscinas

En la tabla 4, puede verse una comparación entre el consumo de energía eléctrica y el consumo de energías fósiles de los diferentes sistemas. Los sistemas están calculados para una piscina pública de 312 m², una velocidad de evaporación de 94 l/h según la norma VDI 2089 [4], 10 °C de temperatura media exterior durante todo el año y una pérdida de calor en el edificio de la piscina de 27 kW. El sistema funciona 10 horas durante el día y 14 horas durante la noche, los 365 días del año.

Tabla 4. Gastos anuales del funcionamiento de la deshumidificación de la piscina.

Año completo	A	B	C	D
Consumo de los ventiladores (kWh)	30.317	50.494	49.394	32.148
Consumo del compresor (kWh)	-	138.566	65.605	-
Consumo eléctrico total (kWh)	30.317	189.061	114.999	32.148
Coste [euros]	3.728	23.254	14.145	3.954
Resistencia en espiral (kWh)	752.338	-	61.893	282.055
Coste (euros)	52.650	-	4.331	19.739
Coste total (euros)	56.378	23.254	18.476	23.693

* Energía eléctrica 0,12.- Euros/kWh y combustible 0,83 Euros/l.

11.2.6. Conclusión

La comparación entre los distintos sistemas de ventilación y de deshumidificación de piscinas demuestra que puede haber un gran ahorro de energía a la hora de elegir el sistema correcto con los componentes adecuados. Para todos los sistemas, junto con un nivel alto de eficiencia de la recuperación del calor, es importante utilizar ventiladores y motores con eficiencia energética, junto con una resistencia de los conductos tan baja como sea posible, ya que puede reducir el consumo de energía de los ventiladores hasta en un 45%.

Además, debe elegirse el sistema adecuado según el tipo de piscina y las condiciones exteriores de temperatura. Debe quedar claro que el sistema A ya no es una solución en ningún caso, mientras que los otros tres sistemas tienen sus pros y sus contras. El sistema B todavía puede ser una solución para una piscina privada o un hotel, con respecto a los consumos de energía, mientras que los sistemas C y D deben elegirse para las piscinas públicas modernas de hoy en día, porque tienen la posibilidad de funcionar con el 100% del aire exterior en verano y evitar el sobrecalentamiento del recinto de la piscina. Si la solución adecuada aquí es la C o la D, depende sobre todo de las condiciones exteriores de temperatura: la solución C será preferente cuando la temperatura media exterior sea más fría y las temperaturas invernales estén por debajo de 0 °C.

Además de los puntos mencionados, la estrategia de control adecuada también ejerce una influencia en el consumo de energía de la unidad; sin embargo, esto va más allá del propósito de este apartado.

11.3. Eficiencia energética en los baños de vapor o hammam



11.3.1. Generalidades

Además de los deshumidificadores de aire de las piscinas, en los balnearios o spas encontramos otros sistemas de control de humedad que pueden llegar a consumir bastante energía eléctrica: los generadores de vapor para los baños de vapor o hammam. Este tipo de instalaciones, representadas en la figura 6, son cada vez más frecuentemente incluidas en los hoteles y centros de relajación de toda nuestra geografía.

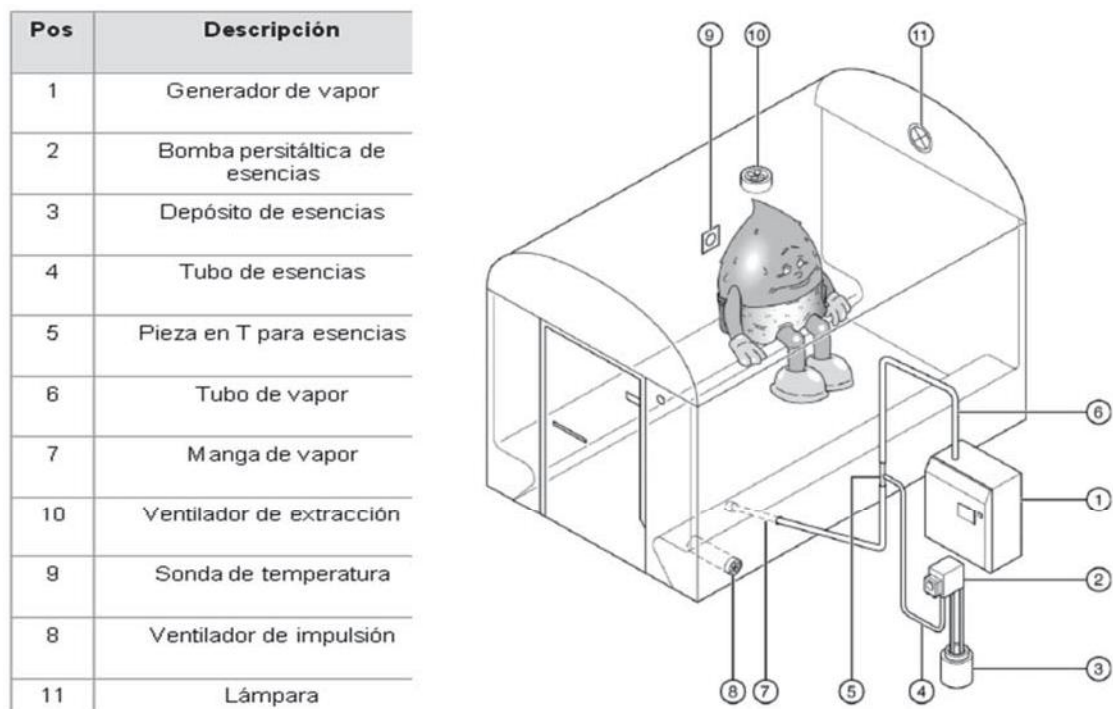


Figura 6. Baño de vapor o Hammam.

El sistema se compone de la construcción de la envolvente del baño de vapor, la cual tiende cada día a utilizar los materiales obtenidos de la forma más sostenible posible. Estos materiales pueden proceder del reciclaje o tener una mínima transformación. Además de la envolvente, el sistema debe tener un generador de vapor (1), generalmente eléctrico, con su sistema de dispersión del vapor (6 y 7) y que cuenta con un controlador capaz de gestionar la ventilación (8 y 10) del baño de vapor, la iluminación (11) del mismo y hasta la inyección de esencias (2-5) al vapor para crear una atmósfera agradable. El generador de vapor funciona hasta saturar de humedad el ambiente y una vez saturado el interior sigue introduciendo vapor hasta que se alcanza una temperatura máxima de 45 °C, indicada como la máxima recomendada para tan alto grado de humedad. La instalación debe contar con una sonda de temperatura (9) resistente a tan alto grado de humedad que controle la operación y asegure el bienestar de los usuarios.

11.3.2. Tipos de generadores de vapor

El generador de vapor es un humidificador de aire del tipo isotérmico con un controlador programado de forma diferente a los productores de vapor orientados a la climatización de los edificios. Aunque existen multitud de tipos de humidificadores isotérmicos (autoprodutores a gas, de intercambio de calor con otros fluidos, de utilización del vapor de caldera, etc.), en esta aplicación la práctica totalidad de los equipos son autoprodutores eléctricos debido a la media o baja carga que exigen estos baños de vapor y a que en los balnearios o spas no suele disponerse de mucho espacio para las instalaciones técnicas.

Autoprodutores eléctricos por electrodos

El proceso de calentamiento del agua para llevarla a ebullición se produce mediante el paso de corriente eléctrica desde los electrodos sumergidos y debido a la resistencia que la misma agua del cilindro genera al paso de esta corriente.

El vapor generado tiene una temperatura de unos 100 °C y una presión mínima positiva (vapor «despresurizado»). Está desmineralizado y prácticamente sin gérmenes.



Figura 7. Generador de vapor por electrodos.

Debido al propio papel activo del agua en este proceso, las propiedades del agua que se utilice en este tipo de equipos son determinantes. Si el agua es poco conductiva (por debajo de 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 15 °C) el paso de la corriente eléctrica se verá dificultado y no se generará la suficiente energía como para calentar el agua lo suficiente. Esta conductividad tan baja suele darse en instalaciones con planta de ósmosis inversa para el tratamiento del agua. Por el contrario, el agua con alta conductividad (por encima de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 15 °C) favorece en demasía

el paso de la corriente eléctrica a través del agua y esto produce una energía, traducida en temperatura, superior a la que suelen soportar los elementos para los que están diseñados estos aparatos. Además, el consumo de los electrodos se ve acelerado con este tipo de agua tan conductiva que suele encontrarse en instalaciones cercanas a la costa, proveniente de plantas potabilizadoras. Por otro lado, la utilización de este tipo de generadores en la meseta o en zonas costeras con agua del interior, de menor conductividad, suele funcionar perfectamente y generar incluso menores labores de mantenimiento que los equipos de resistencias que vamos a presentar a continuación.

Autoprodutores eléctricos por resistencias

En este caso, el elemento que genera el calor suficiente para evaporar el agua del cilindro es una o varias resistencias eléctricas sumergidas en el depósito de agua.

Cuando el agua utilizada está completamente desmineralizada, el agua de alimentación está prácticamente libre de minerales, lo que garantiza una larga vida del cilindro y de los elementos calefactores puesto que no se acumulan ni asientan depósitos minerales. La utilización de agua desmineralizada minimiza la cantidad de chequeos de revisión/mantenimiento. Cuando se utiliza agua corriente, algunos de los minerales disueltos en el agua se asentarán en el cilindro como depósitos sólidos de distintas composiciones. Cuando no se realiza adecuadamente la limpieza de estos elementos, puede suceder que se colmaten y la resistencia funda por tener poca superficie útil de disipación de calor. La mayoría de estos depósitos se eliminan mediante limpiezas periódicas con agua o mediante la utilización de una bomba de vaciado resistente.

Al igual que el anterior tipo, el vapor generado tiene una temperatura de unos 100 °C y una presión mínima positiva (vapor «despresurizado»). Está desmineralizado y prácticamente sin gérmenes.



Figura 8. Generador de vapor por resistencias.

11.3.3 Control efectivo de la producción y del hammam completo

Como hemos anunciado al principio, algunos fabricantes suministran equipos que son capaces de regular todas las funciones del hammam mediante el controlador del generador de vapor. Las funciones básicas son:

- Iluminación de la sala.
- Ventilación del interior para la respiración de los usuarios y para crear efecto visual del vapor. Si no hay la suficiente renovación, el vapor no condensa y no es visible. Los usuarios suelen esperar observar este fenómeno.
- Extracción de aire. Lo mismo que en el punto anterior.
- Inyección de esencias mediante bomba peristáltica. Con la alta humedad, el olor del interior se potencia y es conveniente añadir alguna esencia.
- Generación de vapor.

La generación eficiente del vapor implica que el control sobre la señal de consigna sea proporcional en lugar de actuar por etapas. Esto se consigue con un equipo de generación de vapor eficiente:

- Equipos de electrodos con llenado del cilindro en función de la producción requerida proporcionalmente y drenaje periódico del cilindro en función de la conductividad del agua mediante potente bomba de anchas aperturas.
- Equipos de resistencias que cuenten con un relé de estado sólido para su producción proporcional, una potente bomba de vaciado con anchos canales y un termostato de seguridad instalado en las resistencias para evitar que fundan al recibir depósitos minerales.

11.3.4 Conclusión

Como hemos visto en el párrafo anterior, minimizar el consumo energético en un hammam es cuestión de tener un equipo de producción adecuado a las últimas tecnologías, con un control integral. Además, para lograr un control preciso y un mínimo consumo de agua, es conveniente utilizar el generador adecuado para cada tipo de agua.

Tener una relación agua/equipo que no es conveniente implicará mayores operaciones de vaciado en el controlador. A mayor número de drenajes del depósito de agua, nos encontraremos con mayor gasto energético por el calor que se marcha con el agua caliente y por la descompensación térmica del interior del hammam.

11.4. Bibliografía

- [1] Varios autores. (2007) ASHRAE Handbook – HVAC Applications. ASHRAE. Atlanta, Georgia, EE.UU.
- [2] UNE-EN 13779 - 2008 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- [3] UNE-EN 13053 - 2007 Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimientos de unidades, componentes y secciones.
- [4] VDI 2089 - 2010 Building Services in swimming baths – Indoor pools.
- Neumann, Frank. (2009) Energy efficient ventilation and dehumidification in indoor swimming pools. Dantherm-air-handling. Skive, Dinamarca.

12.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética

- * Convocatoria anual.
- * Convocatoria de 2010: Orden de 15 de noviembre de 2010, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 10.12.10)
- * Gestión:
 - Dirección General de Industria, Energía y Minas.
- * Todo tipo de beneficiarios.
- * Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:
 - Auditorías energéticas en sectores industriales:
 - 50 % de la inversión subvencionable.
 - Máximos:

Consumo energía final (tep/año) por establecimiento	Valor máximo neto de ayuda (€)
> 60.000	22.500
> 40.000 - 40.000	18.000
> 20.000 - 40.000	15.000
> 10.000 - 20.000	12.750
> 6.000 - 10.000	10.500
> 4.000 - 6.000	9.000
< 4.000	7.500

- Sustitución de equipos e instalaciones industriales en empresas no pymes:

- 22% a 30% de la inversión subvencionable
- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones térmicas de edificios existentes:
 - 22% de la inversión subvencionable.
 - Auditorías 50% condicionado a ejecución.
- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior de edificios existentes:
 - 22% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 10.000 € viviendas y 50.000 € otros usos.
 - Auditorías 50% condicionado a ejecución.
- Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes, incluyendo sustitución de tecnología actual en semáforos y en rótulos luminosos por tecnología LED:
 - 40% de la inversión subvencionable, con cumplimiento de los ratios económico-energéticos establecidos.
- Estudios, análisis de viabilidad y auditorías de instalaciones de alumbrado exterior existentes:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 50.000 € por proyecto para municipios >100.000 habitantes y 25.500 € resto.
- Auditorías energéticas en cogeneraciones existentes en empresas industriales o de sector terciario:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 9.000 €.
- Plantas de cogeneración de alta eficiencia en los sectores no industriales:
 - 10% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 200.000 €, con cumplimiento de determinados ratios económico-energéticos.

- Plantas de cogeneración de pequeña potencia:
 - 10% a 30% de la inversión subvencionable.
- * Cuantías máximas:
 - Personas físicas: 200.000 €.
 - Empresas, empresarios autónomos, instituciones sin ánimo de lucro y otras entidades que desarrollen una actividad económica: 200.000 € en tres años (regla de «mínimis»).
 - Resto de beneficiarios: 500.000 €.
- * Dotación presupuestaria 2010: 4.455.727 €.
- * Plazo de solicitudes: 2 meses a partir de la publicación en el BOCM.
- * Plazo de ejecución: del 1 de enero del año correspondiente al 30 de septiembre del año siguiente.

12.2. Fomento de las energías renovables

- * Convocatoria anual.
- * Convocatoria de 2010: Orden de 11 de junio de 2010, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 24.06.10).
- * Gestión:

Dirección General de Industria, Energía y Minas.
- * Todo tipo de beneficiarios.
- * Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:
 - Solar térmica (excepto piscinas privadas e instalaciones obligatorias por Código Técnico Edificación u Ordenanzas municipales): 375 €/m² para refrigeración y 260 €/m² para el resto.

- Solar fotovoltaica no conectada a red: 3,5 €/Wp con acumulación y 3 €/Wp sin acumulación.
- Biomasa térmica y residuos: 30%.
- Geotérmica: 30% del coste de referencia.
- Instalaciones mixtas: cuantía proporcional.

Para Ayuntamientos de menos de 10.000 habitantes, la cuantía de la subvención será del 50% de la inversión subvencionable.

* Cuantía máxima de las ayudas:

70% de la inversión en todos los casos, y

- 200.000 € para personas físicas.
- 200.000 € en tres años para empresas.
- 300.000 € para resto de beneficiarios.

* Dotación presupuestaria 2010: 2.350.000 €.

* Plazo de presentación de solicitudes:

Un mes a partir de la publicación en el BOCM.

* Período de realización de la inversión (convocatoria 2010):

Desde 15 de octubre de 2008 hasta 20 de noviembre de 2010.

12.3. Planes renove de calderas

12.3.1. Plan Renove de Calderas Individuales

* Objeto

Incentivar la sustitución de calderas (atmosféricas o estancas) por calderas de condensación, con mayores niveles de eficiencia energética y seguridad, que utilicen gas o gasóleo como combustible:

- Individuales domésticas,
- Situadas en edificios de viviendas pertenecientes a Comunidades de Bienes, con potencia térmica nominal menor o igual a 70 kW,
- Empresas, con potencia térmica nominal menor o igual a 70 kW,
- Edificios pertenecientes al sector terciario, con potencia térmica nominal menor o igual a 70 kW.

* Requisitos

Pueden acogerse al Plan Renove las sustituciones de calderas que cumplan las siguientes condiciones:

- Realizarse en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid.
- Los aparatos que se instalen deben ser nuevos, lo que se acreditará mediante la factura correspondiente.
- Una reducción de, al menos, un 20% del consumo respecto de la situación anterior a la sustitución.
- En ningún caso se podrá acoger al Plan la compra sin instalación, lo que se acreditará mediante la correspondiente factura emitida por el instalador habilitado adherido al Plan Renove que haya realizado la sustitución.
- El Plan no podrá aplicarse en la sustitución de aparatos receptores que se encuentren en instalaciones que no estén al día en la realización de las inspecciones y revisiones periódicas establecidas en la reglamentación vigente.

- Los aparatos sustituidos deberán ser inutilizados, lo que se acreditará mediante certificación expedida por el instalador adherido al Plan Renove.

* Tramitación

El titular de la instalación, o bien, el representante de la empresa instaladora presentará toda la documentación en la sede de ASEFOSAM, situada en c/ Antracita, nº 7 – 2ª planta, 28045 Madrid, en horario de 9:00 a 14:00 horas, de lunes a viernes.

Teléfono ASEFOSAM: 91 468 72 51

Página web: www.cambiatucaldera.com

* Órgano Responsable

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

* Cuantía de las ayudas

La Comunidad de Madrid aporta 255 € en el caso de caldera de gas y 400 € en el caso de caldera de gasóleo, quedando limitada al 30% del coste elegible, entendiéndose éste como tal la suma del precio de la caldera más el precio del montaje (IVA no incluido). Adicionalmente, Gas Natural aporta hasta un máximo de 51 € en las sustituciones donde dicho aparato nuevo esté conectado a su red de distribución. MRG aporta hasta un máximo de 25,50 € en las sustituciones donde dicho aparato nuevo esté conectado a su red de distribución y cuya fecha de factura de la nueva instalación sea posterior al 31 de marzo de 2010, y MSG aporta hasta un máximo de 25,50 € por aparato de gas natural instalado, en las sustituciones que se realicen por clientes cuyos aparatos nuevos tengan por comercializadora a MSG.

En el caso de que la mejora de la instalación térmica contemple, además, la instalación de suelo radiante, los incentivos aportados se verán incrementados adicionalmente hasta en 500 €, siempre que no superen el 30% del coste elegible (suma del importe del material de suelo radiante y del montaje del mismo, IVA no incluido).

* Periodo subvencionable

Podrán acogerse al Plan todas aquellas sustituciones realizadas a partir del 1 de enero de 2010 y cuya documentación haya sido entregada a partir de la

fecha en la que se agote el presupuesto aportado por la Comunidad de Madrid en el Plan Renove anterior a éste, y hasta el 10 de octubre de 2011 o hasta el agotamiento de los fondos disponibles.

✱ Abono de las ayudas

ASEFOSAM, tras la comprobación del cumplimiento de los requisitos establecidos en el Plan Renove, transferirá la cuantía correspondiente a los titulares de las instalaciones.

12.3.2. Plan Renove de Salas de Calderas

✱ Objeto

Incentivar la renovación de salas de calderas de carbón, GLP, gasóleo o gas natural por salas cuyas calderas sean de condensación, y utilicen GLP, gasóleo o gas natural como combustible, que den servicio a:

- Comunidades de propietarios o fincas de propiedad particular de dos o más viviendas,
- edificios de viviendas pertenecientes a Comunidades de Bienes, con potencia térmica nominal mayor a 70 kW,
- empresas, con potencia térmica nominal mayor a 70 kW,
- edificios pertenecientes al sector terciario, con potencia térmica nominal mayor a 70 kW,

✱ Requisitos

Pueden acogerse al Plan Renove las sustituciones de calderas que cumplan las siguientes condiciones:

- Realizarse en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid.
- Los aparatos que se instalen deben ser nuevos, lo que se acreditará mediante la factura correspondiente.

- Una reducción de, al menos, un 20% del consumo respecto de la situación anterior a la sustitución.
- En ningún caso se podrá acoger al Plan la compra sin instalación, lo que se acreditará mediante la correspondiente factura emitida por el instalador habilitado adherido al Plan Renove que haya realizado la sustitución.
- Los aparatos sustituidos deberán ser inutilizados, lo que se acreditará mediante certificación expedida por el instalador adherido al Plan Renove.

* Tramitación

El titular de la instalación, o bien, el representante de la empresa instaladora presentará toda la documentación en la sede de ASEFOSAM, situada en c/ Antracita, nº 7 – 2ª Planta, 28045 Madrid, en horario de 9:00 a 14:00 horas, de lunes a viernes.

Teléfono ASEFOSAM: 91 468 72 51

Página web: www.cambiatucaldera.com

* Órgano Responsable

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

* Cuantía de las ayudas

El incentivo viene determinado en función de la potencia térmica nominal de la nueva instalación, quedando limitada al 30% de la inversión subvencionable (IVA no incluido).

* Periodo subvencionable

Podrán acogerse al Plan todas aquellas sustituciones realizadas a partir del 1 de enero de 2010 y hasta el 1 de octubre de 2011 o hasta el agotamiento de los fondos disponibles.


✿ Abono de las ayudas

ASEFOSAM, tras la comprobación del cumplimiento de los requisitos establecidos en el Plan Renove, transferirá la cuantía correspondiente a los titulares de las instalaciones.

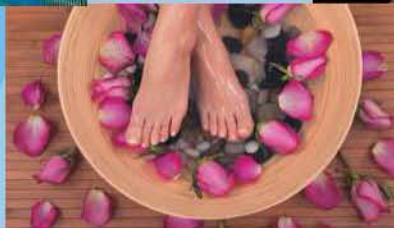


Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

www.fenarcom.com



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

