



Manual de Buenas Prácticas en el uso y  
consumo de la energía en los Centros  
Deportivos Municipales del Ayuntamiento de  
Madrid

Enero 2025

**ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>OBJECTO Y ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>BUENAS PRÁCTICAS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>PISCINAS .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>CLIMATIZACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>AGUA CALIENTE SANITARIA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>ILUMINACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>OTROS CONSUMOS ENERGÉTICOS.....</b>	<b>14</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ayuntamiento de Madrid, desde la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental del Área de Gobierno de Urbanismo, Medio Ambiente y Movilidad han impulsado y promovido el uso racional de la energía y la eficiencia energética. Para ello, se ha impulsado la puesta en marcha de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001 en los Centros Deportivos Municipales.

Uno de los principales objetivos que se quieren alcanzar es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, ya que son la principal causa del cambio climático.

Cada vez que utilizamos energía producida por fuente fósiles emitimos gases de efecto invernadero y de esta forma contribuimos al calentamiento global, lo que supone una grave amenaza para la vida en el planeta.

### ¿Sabías que...?

**El efecto invernadero no es perjudicial. Es un proceso natural muy importante que mantiene una temperatura media que permite el desarrollo de la vida. El problema surge cuando se desestabiliza este proceso natural por el incremento de los Gases de Efecto Invernadero.**



Por todo ello, es necesario sustituir los combustibles fósiles por energías renovables, así como realizar un uso inteligente y racional de la energía.

Energías Renovables
<i>- No se agotan</i>
<i>- No contaminan el medio ambiente</i>
<i>- Ayudan a mantener el equilibrio ambiental</i>



### ¿Sabías que...?

En los centros deportivos del Ayuntamiento de Madrid se están llevando a cabo instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo.

## 2. OBJECTO Y ALCANCE

Este Manual de Buenas Prácticas trata de recoger las principales pautas que se pueden llevar a cabo en los Centros Deportivos Municipales con el fin de lograr una reducción en el consumo de la energía y un uso más eficiente de la misma.

Este Manual se elabora en el marco de la implantación y el mantenimiento del sistema de gestión de la energía, según la Norma ISO 50001.

### ¿Cómo te afecta la ISO 50001?

¿Qué debes hacer?

- Conocer la política energética
- Ser consciente del impacto de tus actividades en los usos y consumos de energía del edificio
- Participar en las auditorías del Sistema de Gestión

¿Qué puedes hacer?

- Todos los empleados/usuarios pueden contribuir al cumplimiento de los objetivos y las metas y a la mejora continua del desempeño energético



*¡Buenas prácticas!  
¡Todos podemos aportar!*

### 3. BUENAS PRÁCTICAS

El Sistema de Gestión Energética implantado en los Centros Deportivos Municipales tiene muchas ventajas, sin embargo, su éxito requiere de la participación activa de todas las áreas implicadas.

Todos los trabajadores usuarios pueden colaborar en la tarea de reducir los consumos de energía y proteger el medio ambiente.

#### ¿Sabías que...?

El Ayuntamiento de Madrid dispone de una herramienta de monitorización online para el seguimiento y control de los consumos energéticos que se producen en sus centros. El uso de esta herramienta puede suponer un gran ahorro energético ya que permite realizar un seguimiento horario de los consumos de electricidad y gas natural y detectar consumos excesivos (por ejemplo, debidos a equipos que se queden en funcionamiento fuera del horario de apertura del centro).

Según el Acuerdo Municipal del 16 de junio de 2022 de la Junta de Gobierno, en los edificios y dependencias del Ayuntamiento de Madrid y de sus organismos autónomos, se deben limitar los horarios de funcionamiento de la iluminación y equipos ofimáticos, y de los equipos de calefacción y refrigeración de las zonas administrativas, en función de los horarios de apertura y cierre de los centros y de los turnos de trabajo del personal de los centros.

#### ¿Qué usos de la energía suponen un mayor consumo energético en los Centros Deportivos Municipales?

Sí el edificio dispone de una piscina climatizada, el mayor gasto energético de este corresponderá al **calentamiento del agua de la piscina**, por ello a la hora de hablar de buenas prácticas energéticas es fundamental tener en cuenta la eficiencia y el ahorro en este factor.

La **climatización** (calefacción y refrigeración) y la generación de **agua caliente sanitaria** también representan un porcentaje importante del consumo total de la energía y es un consumo constante en las instalaciones.

La **iluminación y los equipos ofimáticos** en estos centros presentan un porcentaje poco representativo con respecto del consumo total de la energía.

Es importante prestar especial atención a aquellas estancias que tienen ocupación puntual, tal como gimnasio, las salas de actividades, los despachos para que la climatización y la iluminación solo estén funcionando cuando vayan a ser ocupadas.

A continuación, en el desarrollo de este apartado, se presentan una serie de actuaciones de Buenas Prácticas que pueden implantar tanto los trabajadores como los usuarios de los Centros Deportivos Municipales.

## 2.1 PISCINAS

El mantenimiento adecuado, frecuente y periódico de las piscinas contribuye a la reducción del consumo de agua y energía.

### ¿Sabías que...?

Las **condiciones termo-higrométricas** de las instalaciones, **el uso y la afluencia de usuarios** son características determinantes de la cantidad de vapor generado y de las pérdidas de calor, afectando así al consumo de energía derivado de las piscinas.

### Acerca de las condiciones termo-higrométricas ...

La **temperatura del agua** de la piscina debe estar entre 24º y 30 ºC según el uso principal de la piscina, salvo para el caso de usos terapéuticos.

La **temperatura seca del aire** del local que albergue la piscina cubierta se mantendrá 1º o 2ºC por encima de la del agua del vaso.

La **humedad relativa** deberá ser inferior al 65% para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.

### Correcto mantenimiento

En los casos en que, por motivos técnicos o cierres temporales, las piscinas no estén en uso, existen dos maneras de actuar:

- **Mantener climatizada el agua y el recinto de la piscina.** De esta forma se consume energía de forma continuada pero no es necesario un incremento de consumo para volver a calentar el agua.
- **Apagar la climatización del agua y el recinto de la piscina.** De esta forma no se consume energía de forma continuada pero sí es necesario un incremento de consumo para volver a calentar el agua, así como el recinto de la piscina.

Las **pérdidas de calor** que se producen se dividen en:

- Pérdida de calor por evaporación de agua
- Pérdida de calor por renovación / pérdidas de agua
- Pérdida de calor en el recinto de la piscina por conducción de los cerramientos (esta pérdida solo se produce en los meses de invierno)
- A estas pérdidas se debe añadir el consumo eléctrico necesario para deshumectar el recinto de la piscina

Los cálculos de las pérdidas de calor se encuentran detallados en el Anexo.

En base a estas pérdidas, a las temperaturas promedio a las que están las piscinas y los recintos y las condiciones meteorológicas en Madrid, se recomienda actuar de la siguiente forma:

#### Meses de invierno.

- Si la piscina va a estar parada **más de una semana**, se debería cortar la climatización (siempre teniendo en cuenta el tiempo necesario para volver a calentar la masa de agua).
- Si la parada es **inferior a una semana**, se debería mantener climatizados el agua y el recinto de la piscina, ya que el consumo de volver a calentar el agua es superior a la pérdida de calor durante este periodo.

#### Meses de verano.

- Si la piscina va a estar parada **más de dos semanas**, se debería cortar la climatización (siempre teniendo en cuenta el tiempo necesario para volver a calentar la masa de agua).
- Si la parada es **inferior a dos semanas**, se debería mantener climatizados el agua y el recinto de la piscina, ya que el consumo de volver a calentar el agua es superior a la pérdida de calor durante este periodo.

## Buen uso de las instalaciones

Para reducir el consumo de energía asociado a la piscina se pueden llevar a cabo distintas actuaciones: cambio y limpieza de los filtros de climatizadores, instalación de mantas térmicas, uso de técnicas de deshumectación e instalación de un sistema de cierre automático en las puertas.

### ¿Sabías que...?

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.

Para evitar las pérdidas de calor en el recinto de la piscina se deben mantener cerradas todas las puertas, esto supone un gran ahorro energético ya que se minimiza el tiempo de intercambio de la temperatura exterior e interior del recinto.

## 2.2 CLIMATIZACIÓN

La climatización, junto con el calentamiento del agua de la piscina y la generación de ACS, constituye uno de los mayores consumos de energía en los Centros Deportivos Municipales. Por ello se debe fomentar la instalación de equipos de climatización eficientes y reducir el uso de calefactores y radiadores eléctricos en las zonas administrativas y de vestuarios.

### ¿Qué temperaturas se consideran como óptimas en climatización?



De acuerdo al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) la temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a **26ºC** y la temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a **21ºC**. Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30 % y el 70 %. En los centros deportivos esto solo es de aplicación a las zonas administrativas, no afectando así a los espacios donde se realizan actividades deportivas ni a los recintos de las piscinas.

### ¿Sabías que...?

**Una variación de 1ºC genera un ahorro entre un 6% y un 10% en climatización. La existencia de aparatos como termostatos, programadores horarios, etc. permiten un uso y control más efectivo de la temperatura y energía que se invierte.**

Para reducir el consumo de energía en climatización se pueden llevar a cabo distintas actuaciones: modificación de las instalaciones, correcto mantenimiento y buen uso de las mismas.

### Modificación de las instalaciones

Un correcto aislamiento constituye la mayor garantía de la eficiencia energética de un edificio. Un edificio bien aislado ahorra entre un 20 y un 30% de gasto en climatización. Por eso se recomienda, por ejemplo, el acristalamiento doble en las ventanas que reducen casi a la mitad las pérdidas de calor y frío respecto al acristalamiento sencillo.

En ocasiones es necesario realizar modificaciones en las instalaciones, como la sustitución de equipos por otros energéticamente más eficientes.

### ¿Sabías que...?

**El rendimiento energético de una caldera de gas es mayor que el de una caldera de gasóleo. Además, si consideramos la tecnología, las calderas de condensación o de baja temperatura aprovechan más calor del combustible que las calderas convencionales, logrando rendimientos energéticos más elevados.**

### Correcto mantenimiento

Para el buen funcionamiento de estos sistemas es preciso llevar a cabo una **limpieza y una revisión periódica**.

Es fundamental no cubrir los aparatos de climatización y evitar siempre que el mobiliario dificulte la transmisión del calor y del frío.

## Buen uso de las instalaciones

Los **termostatos** deben estar instalados en las salas más utilizadas, y en aquellas habitaciones, aulas, pabellones, etc. que no se utilicen normalmente deberá permanecer apagada la climatización.

Es importante **controlar el apagado de la climatización** cuando una sala no esté ocupada.

Cuando sea posible, se aprovechará la **ventilación natural**.

**Mantener ventanas y puertas cerradas** mientras se estén usando los aparatos de climatización y ventilar antes de poner en marcha el sistema.

Es fundamental **concienciar a los usuarios sobre el buen uso de los equipos** de climatización que pueden encender y apagar, como los radiadores eléctricos existentes en algunos vestuarios.

### 2.2.1 CLIMATIZACIÓN EN ZONAS DE USO ADMINISTRATIVO

El Acuerdo Municipal del 16 de junio de 2022 de la Junta de Gobierno, como se ha comentado anteriormente, limita los horarios de los equipos independientes que climatizan las zonas administrativas:

- Los equipos e instalaciones de **calefacción** no podrán comenzar su funcionamiento hasta como **máximo una hora antes** del inicio del turno o turnos de trabajo existentes en ese edificio o dependencia. El **horario de apagado** será como **mínimo media hora antes** de la hora de finalización del turno o turnos de trabajo existentes en ese edificio o dependencia.
- Los equipos e instalaciones **de aire acondicionado** no podrán comenzar su funcionamiento hasta al **menos dos horas después** de la hora de inicio del turno de mañana o antes de la hora de inicio del turno de tarde o noche. El **horario de apagado** será como **mínimo media hora** antes de la hora de finalización del turno o turnos de trabajo existentes en ese edificio o dependencia.

Asimismo, es importante no hacer uso de calefactores ni radiadores eléctricos individuales en zonas administrativas.

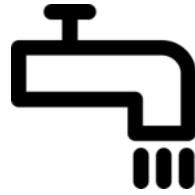
### 2.3 AGUA CALIENTE SANITARIA

El consumo de agua caliente sanitaria representa un gran porcentaje del consumo de energía de las instalaciones deportivas, debido a la existencia de vestuarios con duchas, por ello es

necesario un correcto mantenimiento que nos permita obtener un ahorro energético.

### ¿Sabías que...?

**La disminución del consumo de agua no solo implica la reducción en su gasto, sino en un ahorro energético debido a la disminución del combustible para calentarla y bombearla.**



### Correcto mantenimiento

Es importante controlar y monitorizar los ACS para **mantener los niveles óptimos de las temperaturas**, a fin de asegurar la continuidad del servicio y reducir el consumo de energía.

Para reducir las pérdidas de calor es necesario que las tuberías, el intercambiador y el depósito se encuentren **aislados correctamente**, esto permitirá disminuir aproximadamente entre un 10 y un 30% el consumo de energía.

### Buen uso de las instalaciones

Para reducir el consumo de agua y conseguir un ahorro energético no se debe alargar la duración de la ducha, ni mantener abiertos los grifos innecesariamente al lavarse las manos.

La instalación adecuada de los sistemas de control de ACS permite importantes ahorros de energías:

- Instalación de **sistemas de bajo consumo** en duchas y baños, sin reducción de la calidad del suministro.
- Instalación de **grifos con sistemas de reducción del caudal**, permiten una reducción del caudal entre el 30 y 65%.
- Instalación de **grifos con sensores** que solamente funcionan cuando detectan el movimiento de las manos, cuando estas se aparten el flujo de agua se cierra unos segundo más tarde. Con esta medida se pueden alcanzar ahorros de agua de hasta un 70%.
- La **instalación de perlizadores** produce una mezcla de agua y aire de manera que disminuye el caudal, pero se mantiene la presión del agua. Se ahorra tanto agua caliente como combustible para su generación, se pueden conseguir ahorros entre el 40 y 50%.

La **energía solar térmica** permite obtener agua caliente de calidad con el menor impacto en el medio ambiente. Es una forma eficiente de ahorrar hasta un 70% de la energía necesaria para la producción del ACS, en una instalación bien dimensionada y es la mejor alternativa para reducir los costes energéticos.

## 2.4 ILUMINACIÓN

Aunque la iluminación no constituye una parte importante en el consumo energético total de los Centros Deportivos Municipales, existen una serie de pautas que se pueden aplicar para reducir el consumo energético.

Para conseguir una iluminación eficiente, es fundamental en primer lugar conocer las necesidades reales que tiene cada una de las zonas del edificio ya que no todos los espacios requieren la misma intensidad, ni durante el mismo tiempo.

**¿Has observado si tu edificio dispone de sistemas de control de iluminación?**



La instalación adecuada de los sistemas de control de iluminación permite importantes ahorros de energías:

- Colocar **detectores de presencia** en zonas de paso y acceso (garajes, pasillos, aseos...).
- **Aprovechar al máximo la luz natural**, empleando reguladores electrónicos de intensidad luminosa en zonas cercanas a las ventanas.

El **aprovechamiento de la luz natural** en la iluminación es el mejor consejo para reducir el consumo de energía eléctrica, y para facilitarlo se deben mover los objetos que impiden el paso de la luz, colocar las mesas de trabajo en la proximidad de las ventanas y mantener las persianas abiertas.

Para reducir el consumo de energía en iluminación se pueden llevar a cabo distintas actuaciones:

## Sustitución de luminarias y lámparas

Aquellos Centros Deportivos Municipales que aún hagan uso de **lámparas incandescentes, halógenos o fluorescentes convencionales**, se les recomienda su sustitución por lámparas de LED.

### ¿Sabías que...?

La iluminación LED utiliza de media un 40% menos energía que los fluorescentes y un 80% menos que los incandescentes para producir la misma cantidad de luz, lo que significa que son mucho más eficientes.

*Por ejemplo, la sustitución de un downlight con dos lámparas fluorescentes compactas de 26W por downlight LED de 24W supondría un ahorro de energía del 54%.*

## Correcto mantenimiento

La suciedad en lámparas, difusores y luminarias reduce el flujo de luz emitido, siendo necesario el encendido de más puntos de luz con el consiguiente aumento del consumo de energía.

La limpieza de los cristales de las ventanas y de paredes y techos permite un mayor aprovechamiento de la luz natural, con el consiguiente ahorro en energía.

**Mantener limpias las lámparas** y luminarias, evitando la acumulación de polvo en sus superficies hace que los niveles de iluminación pueden llegar a ser hasta un 25% superior.

## Buen uso de las instalaciones

Se recomienda no encender ni apagar constantemente las zonas donde estén instalados tubos fluorescentes, ya que el encendido es el momento de mayor consumo y además reduce la vida útil de la lámpara. Si el tiempo que van a estar apagadas las lámparas fluorescentes es inferior a 20 o 30 minutos, interesa mantenerlas encendidas.

**Se deben apagar las luces** cuando no son necesarias, por ejemplo, cuando la luz solar es suficiente o cuando la sala está vacía.

Las luminarias de las **salas de menor utilización**, como sala de actividades, despachos, etc. deberán apagarse cuando no se estén realizando actividades en dichas estancias.

Hay que tener en cuenta que el flujo luminoso de las lámparas es diferente de unas a otras y que además disminuye con el tiempo. Es importante seguir los consejos del fabricante y sustituirlas una vez finalizado el tiempo de vida útil, porque la emisión luminosa es baja y el consumo energético alto.

Según el Acuerdo Municipal del 16 de junio de 2022 de la Junta de Gobierno, los **sistemas de iluminación** no podrán comenzar su funcionamiento hasta como **máximo media hora** antes del inicio del turno o turnos de trabajo existentes en ese edificio. El **horario de apagado** será como **máximo media hora después** de la hora de finalización del turno o turnos de trabajo existentes en ese edificio. Esto se aplica a todos los sistemas de iluminación del centro independientemente de su uso.

## 2.5 OTROS CONSUMOS ENERGÉTICOS

En los Centros Deportivos Municipales existen otros equipos que tienen un impacto sobre el consumo eléctrico y sobre los que se pueden establecer una serie de pautas para evitar consumos innecesarios (equipos ofimáticos, secadores en aseos y vestuarios, cintas de correr y otras máquinas eléctricas existentes en gimnasios...).

### 2.5.1 EQUIPOS OFIMÁTICOS

Los equipos ofimáticos también son responsables, aunque en menor medida, del aumento del consumo eléctrico, dado el número de equipos de este tipo que normalmente existen en los centros y también debido a que permanecen encendidos muchas horas al día.

Los horarios de funcionamiento de los equipos ofimáticos presentan el mismo horario que los sistemas de iluminación según el Acuerdo Municipal del 16 de junio de 2022.

## Ordenadores y pantallas

Se recomienda apagar el ordenador cuando no se esté trabajando con él en períodos superiores a una hora e incluso desconectarlo totalmente de la corriente eléctrica para evitar un consumo innecesario.

### ¿Sabías que...?

Elegir una imagen con colores oscuros para el fondo de pantalla de nuestro ordenador consuma un 25 % de energía menos. La pantalla es el componente del ordenador donde se da el mayor consumo de energía (70-80%).

## Impresoras y fotocopiadoras

Encender la impresora y la fotocopiadora en el momento que se vaya a utilizarla: encender los equipos de forma sistemática al comenzar la jornada laboral y apagarlos cuando no se necesite. Apagar las fotocopiadoras si no se van a utilizar en períodos largos (noches y fines de semana).

Intenta imprimir solo lo imprescindible y a doble cara: imprimir un documento no solo gasta tinta y papel, también supone un consumo energético.

### 2.5.2 VESTUARIOS Y ASEOS

El uso de los secadores de pelo y de manos disponibles en los vestuarios conllevan un gran consumo de electricidad.

## Secadores de pelo y de manos

### ¿Sabías que...?

Un secador de pelo consume la misma energía que 16 bombillas LED estándar.



Para reducir el consumo de energía derivado de estos secadores se pueden llevar a cabo distintas actuaciones:

- Utilizar **toallas de papel** para secarse las manos.
- Adquirir **secadores de manos con sensores ópticos**, esto permite que el aparato solo se active cuando detecte la presencia de manos.

### 2.5.3 MÁQUINAS DE GIMNASIO

Las máquinas de gimnasio que funcionan conectadas a la red pueden tener un impacto en el consumo eléctrico debido a la cantidad de horas que se encuentran en funcionamiento. Para reducirlo, se puede considerar lo siguiente:

- Apagar los equipos **fuera de los horarios establecidos** para la sala de gimnasio.
- Instalar **regletas eliminadoras de stand-by** para evitar consumos innecesarios debidos al consumo de los equipos cuando no están funcionando pero siguen conectados a la corriente.

## ¡RECUERDA!

### Ahorra energía

**Podemos hacer lo mismo consumiendo menos**

**Emplea tecnologías más eficientes**

*Consumen menos dando el mismo servicio*



**Cambia tus hábitos**

*Apaga la luz, camina, desenchufa tus aparatos...*

### **Buenas prácticas de ahorro y eficiencia energética**



**Apaga la luz cuando no haya nadie**



**Aprovecha la luz natural**



**Utiliza bombillas LED**

**Cierra puertas y ventanas cuando la calefacción o el aire acondicionado está encendido**



**Respetá la temperatura para climatización (21º en invierno y 26º en verano)**



**Apaga los equipos que no necesites cuando hagas un descanso**



**iHaz un uso eficiente del agua caliente! No desperdicie el agua alargando la ducha innecesariamente**

## ***ANEXO: Simulación de pérdidas de calor en una piscina en función de si se mantiene o no la temperatura del agua y el recinto***

### **INTRODUCCIÓN**

Para establecer el tiempo máximo en que una piscina cerrada debería permanecer climatizada se lleva a cabo la siguiente metodología:

- Cálculo de las pérdidas por hora que supone mantener la temperatura
- Cálculo de las pérdidas por hora que se producen aunque no se mantenga la temperatura
- Cálculo del consumo que supone calentar el agua en el caso de que se deje de climatizar
- Una vez obtenidos estos dos valores, se obtiene el tiempo máximo en que compensa mantener el agua y el recinto de las piscina climatizados.

#### **Consideraciones:**

- Piscina cubierta de 25 m x 12,5 m
- Recinto de 375 m<sup>2</sup> de superficie y 5 m de altura
- Piscina ubicada en Madrid
- Temperatura del agua de 28°C
- La temperatura del agua bajará hasta 15°C si se deja de calentar
- Temperatura del aire de 29,5°C (1,5° por encima de la temperatura del agua)
- Humedad relativa del aire de la piscina: 65%
- Pérdida de agua: 0,1% del volumen / día.
- Temperatura de red: 14°C
- Temperatura media exterior en los meses de invierno: 8°C
- Transmitancia media de los cerramientos del recinto de la piscina: 1,50 W / m<sup>2</sup>K

### **SITUACIÓN 1: SE MANTIENE LA TEMPERATURA DEL AGUA**

#### **Pérdidas por evaporación de agua**

Las pérdidas de calor por evaporación son muy importantes en una piscina climatizada, ya que el calor necesario para que el agua pase a vapor de agua (calor de evaporación) se obtiene a costa de la temperatura de la piscina.

El cálculo de las pérdidas de calor por evaporación en una piscina climatizada responde a la siguiente ecuación:

$$M_e = [S * (16) + 133 * n] * [W_e - G_a * W_{as}] + 0.1 * N \quad (\text{Kg/h})$$

$M_e$  = masa de agua evaporada [kg/h]

$S$  = superficie de piscina ( $\text{m}^2$ )

$W_e$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua ( $\text{kg}_{\text{ag}}/\text{kg}_{\text{a}}$ )

[Tabla: 0.0213  $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{aire}}$ ]

$W_{as}$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior ( $\text{kg}_{\text{ag}}/\text{kg}_{\text{a}}$ ) [Tabla: 0.024  $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{aire}}$ ]

$G_a$  = grado de saturación [65%]

$n$  = número de nadadores por  $\text{m}^2$  de superficie de lámina de agua.

$N$  = número total de ocupantes (espectadores).

En base a lo anterior y, en base a las consideraciones establecidas, se obtienen los siguientes resultados:

1.- PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN	Unidad	Valor inicial (28°C)
Calor de evaporación agua (26°C)	Wh / kg	677,8
Humedad relativa	%	65%
Temperatura agua	°C	28
Temperatura aire	°C	29,5
Humedad absoluta tª agua	g / kg	24,1
Humedad absoluta tª agua	kg / kg	0,0241
Humedad absoluta tª aire	g / kg	26,4
Humedad absoluta tª aire	kg / kg	0,0264
Superficie	$\text{m}^2$	312,5
<b>Pérdida de masa</b>	<b>kg / h</b>	<b>34,70</b>

Sabiendo que el calor de evaporación del agua es 677,8 Wh / kg, esta pérdida de masa supone una pérdida de calor del agua de la piscina de **23,52 kW**.

## Pérdidas de calor por pérdidas de agua

Las pérdidas de calor por pérdida de agua se van a producir en casi todos los casos, ya que el agua que se debe renovar debe ser calentada hasta la temperatura de la piscina.

El cálculo en este caso es sencillo. Solo debe multiplicarse la cantidad de agua que se renueva por la capacidad calorífica del agua y la diferencia de temperaturas. En base a esto se obtienen los siguientes resultados:

2.- PÉRDIDAS DE AGUA			
Pérdida diaria	litros	562,5	0,10%
Pérdida horaria	litros	23,44	
t <sup>a</sup> red	ºC	14	
Pérdida horaria	kJ / hora	1.372,88	
Pérdida	kW	0,38	

Se obtiene por tanto una pérdida de calor por renovación de agua de **0,38 kW**.

## Pérdidas de calor en el recinto (sólo en invierno)

En este caso, las pérdidas se dan por la conducción de calor a través de los cerramientos del recinto de la piscina. El calor se obtiene por el producto de la superficie, la diferencia de temperaturas (t<sup>a</sup> interior – t<sup>a</sup> exterior) y la transmitancia de los cerramientos.

Los resultados se muestran a continuación:

3.- PÉRDIDAS DE CALOR EN EL RECINTO (Sólo en invierno)		
Temperatura interior	ºC	29,50
Temperatura exterior	ºC	8
Superficie cerramientos	m <sup>2</sup>	825
Transmitancia media	W / m <sup>2</sup> K	1,50
Pérdidas de calor	W	26.606
<b>Pérdidas de calor</b>	<b>kW</b>	<b>26,61</b>

Se obtiene por tanto una pérdida de calor por pérdidas de calor en el recinto de **26,61 kW**. Es importante tener en cuenta que esta pérdida solo se produce en los meses de invierno.

## Consumo de la deshumectación

La evaporación de agua, además de la pérdida de calor en el agua, tiene otro efecto adverso. Toda esa humedad se debe eliminar del aire del recinto de la piscina, ya que la humedad relativa del recinto no debe ser mayor del 65% o 70%.

Para eliminar la humedad se duelen utilizar equipos que funcionan como una bomba de calor, enfriando el aire para eliminar el agua y, una vez seco, calentándolo de nuevo

A continuación, se muestra el cálculo del consumo de la deshumectación:

4.- CONSUMO POR DESHUMECTACIÓN		
Volumen de aire	<i>m<sup>3</sup></i>	1.875,0
densidad del aire a 29,5ºC	<i>kg / m<sup>3</sup></i>	1,08
Masa de aire	<i>kg</i>	2.025
Humedad relativa	<i>%</i>	65%
Humedad absoluta t <sup>a</sup> aire (65% humedad)	<i>g / kg</i>	16,9
Humedad absoluta t <sup>a</sup> aire (100% humedad)	<i>g / kg</i>	26,4
Masa de agua que se evapora	<i>g / hora</i>	34.700
Masa de agua que se evapora	<i>g / min</i>	578,33
Humedad absoluta tras la evaporación	<i>g / kg</i>	17,1856
Humedad relativa***	<i>%</i>	66%
Entalpia (66%)	<i>kJ / kg</i>	73,6
Entalpia (65%)	<i>kJ / kg</i>	72,9
Calor a retirar	<i>kJ / min</i>	1.417,50
Calor a retirar	<i>kW</i>	23,6
<b>Potencia eléctrica (Cop=3)</b>	<b><i>kW</i></b>	<b>7,9</b>

Se obtiene por tanto un consumo por deshumectación de **7,9 kW**.

## SITUACIÓN 2: NO SE MANTIENE LA TEMPERATURA DEL AGUA

### Pérdidas por evaporación de agua

Las pérdidas de calor por evaporación son las únicas que se producen una vez que dejamos de mantener la temperatura. Estas pérdidas se reducen, pero no desaparecen.

Se muestra a continuación el cálculo de pérdidas de calor por evaporación en ambos casos, manteniendo la t<sup>a</sup> y dejando que esta baje.

1.- PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN	Unidad	Valor inicial (28ºC)	Valor propuesto (15ºC)
Calor de evaporación agua (26ºC)	Wh / kg	677,8	677,8
Humedad relativa	%	65%	65%
Temperatura agua	ºC	28	15
Temperatura aire	ºC	29,5	16,5
Humedad absoluta t <sup>a</sup> agua	g / kg	24,1	11,5
Humedad absoluta t <sup>a</sup> agua	kg / kg	0,0241	0,0115
Humedad absoluta t <sup>a</sup> aire	g / kg	26,4	15,8
Humedad absoluta t <sup>a</sup> aire	kg / kg	0,0264	0,0158
Superficie	m <sup>2</sup>	312,5	312,5
<b>Pérdida de masa</b>	<b>kg / h</b>	<b>34,70</b>	<b>6,15</b>
Pérdida de calor	W	23.520	4.168
<b>Pérdida de calor</b>	<b>kW</b>	<b>23,52</b>	<b>4,17</b>

Como se ha comentado, las pérdidas son considerablemente menores, de **4,17kW**.

### Consumo para calentar el agua

Al igual que para obtener las pérdidas por la renovación del agua, el consumo depende de la cantidad de agua a calentar, la diferencia de temperatura y la capacidad calorífica del agua.

Se muestran a continuación los cálculos:

<b>CALOR PARA CALENTAR EL AGUA DE 15º A 28º</b>		
Capacidad calorífica agua	<i>kcal / kgK</i>	1
Capacidad calorífica agua	<i>kJ / kgK</i>	4,184
Profundidad piscina	<i>m</i>	1,8
Volumen	<i>m3</i>	562,5
Cantidad de agua	<i>kg</i>	562.500
Diferencia de temperatura	<i>ºC</i>	13
Calor necesario	<i>kJ</i>	30.595.500
Calor necesario	<i>kWh</i>	8.499

El calor necesario para calentar el agua hasta 28ºC es de **8.499 kWh**.

## RESULTADOS

Una vez obtenidas las diferentes pérdidas en ambas situaciones las sumamos tanto en invierno como en verano (en el caso de la evaporación se considera la diferencia de las pérdidas manteniendo en calor por las pérdidas cuando no se mantiene el calor: **19,35kW**).

<b>PÉRDIDAS TOTALES. INVIERNO</b>	<b>kW</b>	<b>54,2</b>
<b>PÉRDIDAS TOTALES. VERANO</b>	<b>kW</b>	<b>27,6</b>

Conociendo el consumo necesario para calentar de nuevo el agua, el número de horas en que compensa mantener el agua a 28ºC y el recinto climatizado se obtiene como un simple cociente.

	<b>INVIERNO</b>	<b>VERANO</b>
<b>HORAS MÁXIMAS</b>	<b>156,8</b>	<b>307,84</b>
<b>DÍAS MÁXIMOS</b>	<b>6,5</b>	<b>12,8</b>