



# La calidad del aire interior en piscinas cubiertas



## Serie Salud Pública

Cada día surgen evidencias de la importancia del aire interior para nuestra salud en viviendas, espacios de trabajo, deporte y ocio.

Uno de los espacios de deporte y ocio más frecuentados son las piscinas. La entrada en vigor del Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas, ha introducido un cambio normativo al que deben adaptarse estas instalaciones. Concretamente, el anexo II de esta norma establece unos parámetros indicadores, de obligado cumplimiento, de la calidad del aire. Es necesario, pues, disponer de equipos de climatización y de planes de autocontrol que aseguren estas condiciones.

Este es un manual técnico que aborda la calidad del aire interior en piscinas cubiertas. Contiene información sobre los principales contaminantes: químicos, físicos y biológicos, y cómo mantenerlos bajo control con un adecuado sistema de ventilación y calefacción. Para ello incorpora elementos visuales, vídeos y flujogramas que facilitan las tareas del personal de mantenimiento e inspección.



# La calidad del aire interior en piscinas cubiertas

**Coordinación**

Servicio de Salud Pública  
Gerencia de Servicios de Salud Pública y Consumo  
Área de Atención a las Personas  
Diputación de Barcelona

1ª edición: julio de 2017

© de la edición: Diputación de Barcelona  
© de los textos: los autores

Producción y edición: Gabinete de Prensa y Comunicación  
de la Diputación de Barcelona

Composición: gama, sl

# Índice

<b>Prólogo</b>	<b>6</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
<b>2. Contaminantes principales del aire interior</b>	<b>8</b>
2.1. Contaminantes químicos en piscinas y sus efectos sobre la salud: monóxido de carbono, dióxido de carbono, cloro gas y derivados, compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión	8
2.2. Contaminantes físicos y sus efectos sobre la salud: humedad, temperatura y confort térmico	19
2.3. Biocontaminantes y sus efectos sobre la salud: olores	21
<b>3. Plan de autocontrol del sistema de ventilación y calefacción</b>	<b>24</b>
3.1. Necesidad de una climatización correcta (humedad y temperatura)	28
3.2. Funcionamiento y mantenimiento de la bomba de calor deshumectadora	28
<b>4. Conclusiones</b>	<b>31</b>
<b>5. Legislación, normativa sectorial y bibliografía</b>	<b>32</b>
<b>6. Direcciones web de interés</b>	<b>34</b>

## Prólogo

La aparición del Decreto 95/2000 sobre vigilancia sanitaria de las piscinas de uso público, estableció la obligatoriedad de elaborar una serie de planes de autocontrol para garantizar la salubridad de estos espacios públicos cada vez más concurridos.

El Servicio de Salud Pública de la Diputación de Barcelona redactó tres manuales para ayudar a los municipios a elaborar planes de autocontrol en sus propias instalaciones, y facilitar la inspección en el caso de instalaciones privadas. Así, en el año 2001 publicó el manual *Limpieza y desinfección de las instalaciones deportivas: planificación y control*; en el 2004, el de *Control y mantenimiento higiénico de los sistemas de ventilación y climatización en instalaciones deportivas*, y en el 2007, el de *Tratamiento del agua de las piscinas*.

Posteriormente, la entrada en vigor del Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas, ha introducido un cambio normativo al que deben adaptarse estas instalaciones. Concretamente, el anexo II de esta norma establece unos parámetros indicadores de la calidad del aire de obligado cumplimiento. Es necesario, pues, disponer de equipos de climatización y de planes de autocontrol del sistema de ventilación y calefacción que aseguren estas condiciones.

Con este objetivo, el Servicio de Salud Pública de la Diputación de Barcelona publica este manual en línea, con el fin de ayudar a comprender el funcionamiento de los equipos de climatización de las instalaciones deportivas públicas y privadas. Para ello incorpora elementos visuales, vídeos y flujogramas que ayudan a dicha comprensión y facilitan la tarea del personal de mantenimiento y también las tareas municipales de inspección.

La Diputación de Barcelona pretende contribuir de esta forma a mejorar la calidad ambiental de estas instalaciones deportivas y, sobre todo, procurar el bienestar de los ciudadanos y ciudadanas que hacen uso de estos espacios.

LAURA MARTÍNEZ PORTELL  
Diputada Delegada de Salud Pública  
y Consumo de la Diputación de Barcelona

# 1. Introducción

Tradicionalmente, la climatización se ha utilizado como medio para controlar las condiciones termohigrométricas. Se trata de asegurar una temperatura de confort, lo cual es especialmente importante en las piscinas por la falta de ropa de los usuarios, y de controlar la presencia excesiva de humedad relativa por el elevado aporte de vapor de agua al ambiente procedente del vaso de la piscina.

En los últimos años, cada vez se da más importancia al control de la contaminación del aire en los espacios cerrados, lo que se suele denominar *calidad ambiental en interiores* (CAI). Día a día, surgen evidencias de la importancia del aire limpio para nuestra salud en todos los espacios que ocupamos: nuestras viviendas, los espacios de trabajo, los medios de transporte, los centros comerciales, los centros de ocio o, en nuestro caso, los centros deportivos. Sumando las horas diarias en las que nos encontramos dentro de este tipo de entornos, alcanzamos un porcentaje superior al 85 %, especialmente en las áreas urbanas.

Los sistemas de climatización son una pieza clave en este sentido. Los equipos deben ser capaces de purificar el aire interior, bien diluyendo los contaminantes, los cuales se ventilan con aire del exterior más limpio, o bien retirando o inactivando los contaminantes en suspensión mediante equipos de filtración mecánica o tratamientos físico-químicos (radiación ultravioleta (UV), fotocatalisis, etc.).

Este manual describe algunos de los aspectos más relevantes relacionados con la calidad ambiental en interiores de piscinas cubiertas.

## 2. Contaminantes principales del aire interior

### 2.1. Contaminantes químicos en piscinas y sus efectos sobre la salud: monóxido de carbono, dióxido de carbono, cloro gas y derivados, compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión

La contaminación en los espacios cerrados está conformada por los contaminantes que se generan en el propio espacio y por los contaminantes que aporta el aire exterior de ventilación.

Los contaminantes que provienen del exterior son tanto de origen natural como artificial. Entre los naturales, encontramos principalmente polen, esporas de hongos o partículas naturales en suspensión derivadas de la erosión de los suelos. Todos estos suelen ser partículas relativamente grandes en términos de filtración y, por tanto, son fáciles de controlar mediante filtración mecánica y sistemas de inactivación, como radiación UV o fotocatalisis. Entre los de origen artificial, los más relevantes, a día de hoy, son los derivados de los escapes de los vehículos de combustión, que básicamente son monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas en suspensión, ozono y compuestos orgánicos volátiles.

Esta contaminación es retenida en parte por los sistemas de climatización, pero en los espacios interiores también hay elementos que contaminan, por ejemplo: las propias personas que aportan biofluentes, como el dióxido de carbono, los olores, las bacterias, etc.; los materiales de construcción y decoración, o las actividades que requieren el uso de productos químicos, como el mantenimiento general y el específico del agua de piscinas.

El aire contaminado, sea en el exterior o en un espacio interior, es un riesgo para la salud, así como un factor de malestar para las personas. El aire exterior se contamina por fuentes artificiales y naturales y poco se puede hacer desde el punto de vista individual para controlarlo, pero en los espacios cerrados con las tecnologías adecuadas y el conocimiento para mantenerlas podemos conseguir una correcta calidad de aire siempre, independientemente de las condiciones exteriores.

La climatización de los locales nos sirve para protegernos de las inclemencias del tiempo, manteniendo unas condiciones termohigrométricas confortables, pero actualmente estos sistemas también nos pueden proteger de la contaminación sea de origen interior o exterior, y asegurar una calidad de aire interior satisfactoria en todo momento.



Esto es especialmente importante si tenemos en cuenta que pasamos la mayor parte de nuestro tiempo en entornos cerrados.

Hace falta también tener presente las ventajas de la ventilación natural que, en muchas épocas del año y en función del entorno urbano, puede convertirse en una opción muy útil.

El objetivo principal de la climatización es disponer de la mejor calidad de aire interior con la temperatura y la humedad adecuadas y con la menor concentración de contaminantes biológicos y químicos.

Para conseguir mantener una adecuada calidad del aire en interiores, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Aportar suficiente ventilación, sea natural o forzada mecánicamente. El RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) establece unos caudales mínimos de ventilación por persona, en función del tipo de uso de los edificios, que se deben respetar en todo momento.
- Aprovechar al máximo las posibilidades de ventilación natural de los equipamientos cuando la temperatura exterior sea la más adecuada, y prever sistemas de ventilación cruzada y chimeneas de ventilación en el diseño de los equipamientos.
- La ventilación natural adecuada requiere facilidad de manipulación de las aperturas por parte del personal que gestiona el equipamiento, mediante un mando a distancia.
- En el caso de instalaciones con ventilación forzada, se propone la formación inicial y continuada del personal de mantenimiento, que permitirá:
  - Un mejor control del aparato para corregir y mejorar los parámetros asociados a la calidad ambiental.
  - El conocimiento esmerado de cada una de las partes del aparato para facilitar las tareas de limpieza y mantenimiento preventivo que no necesiten la intervención especializada de una empresa externa.
  - La ventilación continuada en función del uso, preferentemente cuando la temperatura exterior sea más adecuada, para evitar pérdidas energéticas excesivas.
- Purificar el aire mediante filtros o sistemas físico-químicos adecuados, especialmente en entornos exteriores muy contaminados. Es importante tener en consideración que el aire interior se contamina por focos exteriores, pero también por la simple ocupación y la actividad humana; la purificación tanto del aire exterior como del recirculado puede ayudar a controlar los contaminantes.
- Mantener la higiene de los sistemas de climatización. Los equipos de ventilación forzada mueven grandes volúmenes de aire que transportan partículas contaminantes, artificiales y naturales, con una carga biológica que, si no se controla, puede ocasionar problemas respiratorios y reacciones alérgicas entre los usuarios. Estos sistemas pueden actuar como reservorios, amplificadores y diseminadores de contaminación, por lo que se debe cuidar la higiene para asegurar que cumplen su función correctamente y tener en consideración los siguientes puntos:

- Cumplir con el mantenimiento preceptivo recogido en el RITE en cuanto a las instalaciones de ventilación.
- Evitar la aparición de condensaciones o humedades en el interior que puedan generar hongos, debidas a los puentes térmicos originados en fachadas exteriores mal aisladas.
- Controlar los focos de contaminación en las instalaciones de la piscina.
- Establecer unos principios mínimos de gestión, tales como:
  - Nombrar un responsable de CAI en el edificio.
  - Formar al personal de mantenimiento, para asegurar que conoce el funcionamiento de los sistemas y los correctos protocolos de mantenimiento, tanto des del punto de vista higiénico como mecánico.
  - Realizar encuestas periódicas a los usuarios para conocer el grado de satisfacción en cuanto a confort y salubridad percibida del edificio.

## **Monóxido de carbono**

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en las zonas urbanas están estrechamente relacionadas con la densidad del tráfico y las condiciones meteorológicas. El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido que se produce en procesos de combustión como el tráfico (fuente principal de monóxido de carbono) o las calderas cuando los combustibles que contienen carbono se queman en condiciones donde el oxígeno es limitado.

Este es un compuesto extraordinariamente peligroso que todos los años causa varias muertes, ya que la inhalación pasa inadvertida por las personas expuestas, al ser un gas incoloro e inodoro. En ambientes interiores suele estar acompañado de otros productos de combustión que poseen olores característicos.

Sin llegar a niveles de riesgo tan extremos, algunos de los síntomas generados por la exposición a bajas concentraciones de monóxido de carbono son la sensación de falta de aire, las náuseas o los mareos ligeros.

La exposición continuada a monóxido de carbono crea dificultades para la realización del ejercicio, y aumenta la frecuencia de aparición de ataques cardíacos, por tanto, es muy importante su control en ambientes deportivos.

El principal efecto en la salud es que provoca la asfixia en las personas expuestas, ya que impide la oxigenación de la sangre. En el proceso natural fisiológico de la respiración, el aire es aspirado por los pulmones hasta los alvéolos, donde el oxígeno del aire se combina con la hemoglobina de la sangre formando oxihemoglobina, responsable del transporte de oxígeno a los tejidos. El CO presenta mayor afinidad por la hemoglobina, casi 250 veces mayor que el oxígeno, por lo que se combina fácilmente formando carboxihemoglobina, lo que impide la correcta oxigenación de la sangre que circula por los tejidos. Si en la sangre se encuentra más del 50 % de la hemoglobina en forma de carboxihemoglobina, se puede producir la muerte.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) cita los siguientes valores de concentración de referencia:

Concentraciones detectadas	De 1 a 1,5 mg/m <sup>3</sup>
Concentraciones de relevancia limitada o no relevantes	< 2 mg/m <sup>3</sup>
Concentraciones relevantes	> 5 mg/m <sup>3</sup>

La norma UNE 171330-2 establece los siguientes valores como referencia para ambientes interiores:

Parámetro	Método	Criterio de valoración		
		Criterio confort (Se acepta hasta un 25 % de superaciones)	Criterio valor límite máximo	Norma o reglamento de referencia
Monóxido de carbono	Célula electroquímica	< 5 ppm	Valor límite máximo: 9 ppm	Real Decreto 1073/2002 Valor límite 75 % VLA* del INSHT**

\* VLA: valor límite ambiente.

\*\* INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Para evitar confusiones, es importante tener en cuenta la relación entre las diferentes unidades: **ppm** y **mg/m<sup>3</sup>**.

En el caso de gases, esta relación depende del peso molecular del compuesto que se trate según la ecuación:

$$\text{Concentración en ppm} = \frac{24,45 \times \text{Concentración en } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}{\text{Peso molecular de la sustancia}}$$

Partes por millón (ppm) es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración.

Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto. El uso de ppm puede dar lugar a confusión según el medio.

En el caso del aire, si se quiere pasar de concentración en **ppm** a unidades de **peso/volumen**, debemos tener presente la ecuación anterior. Por ejemplo, en el caso del ben-

ceno, **1 ppm = 3,19 mg/m<sup>3</sup>**; en el caso del dióxido de carbono, **1 ppm = 1,80 mg/m<sup>3</sup>**, y en el caso del monóxido de carbono, **1 ppm = 1,14 mg/m<sup>3</sup>**.<sup>1</sup>

En el ámbito de las piscinas:

- 500 ppm de CO<sub>2</sub> equivalen a 900 mg/m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>
- 9,0 ppm de CO equivalen a 10,3 mg/m<sup>3</sup> de CO

## Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas muy estable, poco reactivo y no tóxico, es un subproducto natural emitido por los seres humanos y animales en el proceso de respiración. Es un gas inodoro, incoloro e insípido, más denso que el aire y ligeramente soluble en agua donde forma ácido carbónico.

En la naturaleza, el dióxido de carbono procede de erupciones volcánicas, de la descomposición de materia orgánica natural o de los fuegos forestales; la concentración de dióxido de carbono es relativamente constante y oscila en un rango de entre 350 y 450 ppm.

La concentración de dióxido de carbono ha aumentado alrededor de un 30% desde la revolución industrial, principalmente como resultado de la combustión de los combustibles fósiles. En las zonas urbanas se genera en todos aquellos procesos en los que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono, que se emiten a la atmósfera desde las chimeneas de las industrias y de los vehículos de motor. La principal preocupación ambiental por el dióxido de carbono es que desempeña el papel de gas de efecto invernadero que influye en el cambio climático.

En los espacios cerrados, la concentración de dióxido de carbono aumenta hasta un rango que puede oscilar entre 600 y 2.000 ppm. Por encima de 1.500 ppm algunos usuarios pueden empezar a experimentar malestar, sensación de ambiente cargado.

El dióxido de carbono es un asfixiante simple por el desplazamiento del oxígeno, pero para que eso ocurra la concentración debe ser muy elevada. Los efectos más graves se producen a partir de 5.000 ppm, cuando pueden producirse incluso desvanecimientos. Aunque estos niveles no suelen alcanzarse en los edificios en condiciones normales, son propios de ambientes cerrados confinados. La concentración de dióxido de carbono está directamente relacionada con el índice de ventilación del ambiente.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) fija un valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) para el dióxido de carbono de 5.000 ppm, aplicable a una jornada laboral de 8 horas.

La norma UNE 171330-2 establece los siguientes valores como referencia para ambientes interiores:

<sup>1</sup> COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE SANIDAD. *Calidad del aire interior en edificios de uso público.*

Parámetro	Método	Criterio de valoración		
		Criterio confort (Se acepta hasta un 25 % de superaciones)	Criterio valor límite máximo	Norma o reglamento de referencia
Dióxido de carbono	Medición directa mediante sonda infrarroja	Interior-externo < 500 ppm	Valor límite máximo: 2.500 ppm	UNE-EN 13779:2005 Valor límite 50 % VLA del INSHT

\* VLA: valor límite ambiente.

\*\* INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas estipula lo siguiente:

Parámetro	Valor paramétrico
CO <sub>2</sub>	La concentración de CO <sub>2</sub> en el aire del recinto de los vasos cubiertos no superará más de 500 ppm (en volumen) del CO <sub>2</sub> del aire exterior.

El dióxido de carbono no es un contaminante que se pueda considerar tóxico en las concentraciones habituales de los ambientes interiores. Este, sin embargo, es un excelente indicador de la calidad de la ventilación de un edificio.<sup>2, 3</sup>

## Cloro gas y derivados

Con el fin de evitar el crecimiento de microorganismos en el agua de las piscinas, habitualmente se realizan tratamientos mediante desinfectantes, normalmente, hipoclorito sódico y un corrector de pH: ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. En presencia de materia orgánica y en determinados rangos de pH, el cloro se combina dando lugar a cloraminas que pueden pasar al ambiente y dan lugar al típico olor a cloro característico de algunas piscinas, afortunadamente cada vez menos común.

La adición de hipoclorito sódico, minorador de pH o cualquier otro producto químico añadido al agua de los vasos de las piscinas, y el régimen de ventilación-climatización del recinto se deben gestionar adecuadamente para evitar problemas asociados de contaminación ambiental por derivados clorados. Los sistemas de climatización deben estar dimensionados para resolver las diferentes situaciones posibles. Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

<sup>2</sup> COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE SANIDAD. *Calidad del aire interior en edificios de uso público.*

<sup>3</sup> INSTITUT D'ESTUDIS DE LA SEURETAT. *Estudio sobre el aire de las piscinas de uso público.*

- A mayor tamaño del vaso de la piscina y mayor número de nadadores, mayor concentración de cloro en el aire.
- Aún con el mismo número de nadadores en la piscina, los resultados obtenidos sobre la presencia de cloro en el aire al borde de esta son diferentes. Un entrenamiento del tipo mantenimiento (con escasa agitación del agua) genera una presencia de cloro en el aire muy inferior a la que se determina cuando se realiza una natación del tipo deportivo (con entrenamiento intenso y fuerte agitación del agua) o recreativo (con niños jugando).
- En las piscinas con surtidores puntuales de cloro, las mediciones de la concentración de cloro en el aire efectuadas en las proximidades de dichos surtidores resultan significativamente más elevadas que las mediciones efectuadas en puntos más alejados; no ocurre así en las piscinas con surtidores de cloro distribuidos uniformemente por todo el fondo de la piscina.
- La concentración ambiental de cloro aumenta claramente hacia el final de la jornada.
- Cuando no se cumple la exigencia normativa de dos grados de diferencia entre la temperatura ambiental y la del vaso de la piscina, por hallarse esta última demasiado alta, el desprendimiento de cloro al aire es mayor.<sup>4</sup>

A la luz de la experiencia acumulada en los estudios realizados en las diferentes piscinas, se han obtenido las siguientes conclusiones generales:

- Entre las posibles causas de la presencia de concentraciones elevadas de cloro en el aire de la piscina, están el mal funcionamiento del sistema de cloración automático y la ventilación inadecuada. En las piscinas que tienen una ventilación con renovación insuficiente, aumenta la concentración ambiental de cloro y derivados a lo largo del día.
- La ocupación y actividad de los nadadores presentes es muy variable, y está directamente relacionada con la presencia de cloro ambiental. Sería conveniente ajustar la renovación del aire a estas circunstancias para mantener la concentración de cloro ambiental lo más baja posible.

El cloro es un gas irritante que puede afectar a las mucosas y a las vías respiratorias. En concentraciones elevadas, el gas puede producir tos y, en caso extremo, incluso edema pulmonar.

No existen valores límite ambientales específicos para la presencia de cloro en ambientes interiores genéricos. Existe un valor aplicable en entornos laborales, que publica el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene; actualmente se cifra en 1,5 mg/m<sup>3</sup> para exposiciones de corta duración (máximo 15 minutos). No obstante, este valor solo sirve como referencia; no es directamente aplicable a piscinas.

---

<sup>4</sup> NTP 341: Exposición a cloro en piscinas cubiertas.

En diversos estudios<sup>5, 6</sup> se han detectado concentraciones de cloro en el aire de entre 2 y 6 mg/m<sup>3</sup>, bastante por encima del valor de referencia laboral en algunos casos.

### Compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son el nombre genérico de una serie de compuestos químicos que tienen en común su base química en carbono.

Algunos ejemplos de este tipo de compuestos más comunes en espacios cerrados son los alcoholes, la acetona, los hidrocarburos alifáticos, el xileno, el benceno, el tetracloruro de carbono, el percloroetileno, el estireno, el tricloroetileno, etc.

El uso de este tipo de compuestos es ubicuo. La mayoría de productos de construcción y decoración, así como los productos de limpieza y mantenimiento, los que sirven para el control de plagas, el humo de tabaco o los combustibles, incluyen estos compuestos en su composición y, por tanto, los emiten.

Los efectos de los compuestos orgánicos volátiles en la salud son muy diversos: algunos son prácticamente inocuos y otros pueden provocar desde irritaciones nasales, oculares o de garganta hasta efectos más acusados como dolores de cabeza o incluso náuseas.

En concentraciones elevadas pueden producir efectos como daños en órganos internos (en el hígado o el riñón), conjuntivitis, reacciones cutáneas alérgicas, sensación de fatiga, hemorragia nasal, mareo o incluso pérdida de coordinación motora. Entre los más dañinos, algunos está probado que son cancerígenos para las personas.

La exposición prolongada a los compuestos orgánicos volátiles que se encuentran habitualmente en los ambientes interiores no está suficientemente estudiada en la actualidad, ni tampoco sus efectos sinérgicos. Como principio de precaución, la tendencia es limitar la exposición todo lo posible.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) cita los siguientes valores de referencia para algunos COV:

Compuestos	Concentraciones detectadas: mg/m <sup>3</sup>	Concentraciones relevantes: mg/m <sup>3</sup>
Cloruro de metileno	0,005-1	350
Triclorometano	0,0001-0,02	270
Tetracloroetano	0,002-0,05	335
1,4-diclorobenceno	0,005-0,1	450

*Continúa en la página siguiente*

<sup>5</sup> INSTITUT D'ESTUDIS DE LA SEGURETAT. *Estudio sobre el aire de las piscinas de uso público.*

<sup>6</sup> COL·LEGI D'ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS DE CATALUNYA (CETIB). *Estudi higienicosanitari de les piscines d'ús públic.*

*Continúa*

Compuestos	Concentraciones detectadas: mg/m <sup>3</sup>	Concentraciones relevantes: mg/m <sup>3</sup>
Tolueno	0,015-0,07	375
Xilenos	0,01-0,05	435
n-Nonano	0,001-0,003	1.050
Limoneno	0,01-0,1	560

La norma UNE 171330-2 establece los siguientes valores como referencia para ambientes interiores:

Parámetro	Método de ensayo		Referencia
	Criterio valor de confort	Criterio valor límite	
Total de COV	< 200 µg/m <sup>3</sup>	< 3 000 µg/m <sup>3</sup>	Criterios basados en estudios realizados por Mólhave: Rango de confort: < 200 µg/m <sup>3</sup> Rango de exposición multifactorial: de 200 a 3.000 µg/m <sup>3</sup> Rango de malestar: de 3.000 a 25.000 µg/m <sup>3</sup> Rango tóxico: > 25.000 µg/m <sup>3</sup>

Para minimizar el impacto ambiental de los COV en el interior de instalaciones, equipamientos y edificios, se recomienda:

- Establecer políticas de compras de productos de mantenimiento y limpieza de baja emisión. En cualquier caso, se deben comprobar las características de los productos mediante el análisis de las hojas de seguridad.
- Crear protocolos de utilización de químicos y ventilar después de su uso.
- Establecer protocolos de obras y reformas de edificios en uso que consideren medidas como:
  - Señalizar y separar las zonas de obras.
  - Sellar los sistemas de climatización centralizados para evitar la contaminación de los sistemas y las dispersiones indeseadas de químicos y partículas entre zonas.
  - Instalar equipos portátiles extractores para generar depresión en la zona de obras, si procede.
  - Establecer circuitos de movimiento de materiales y personal de obra que no afecten a los usuarios del edificio.



## Partículas en suspensión

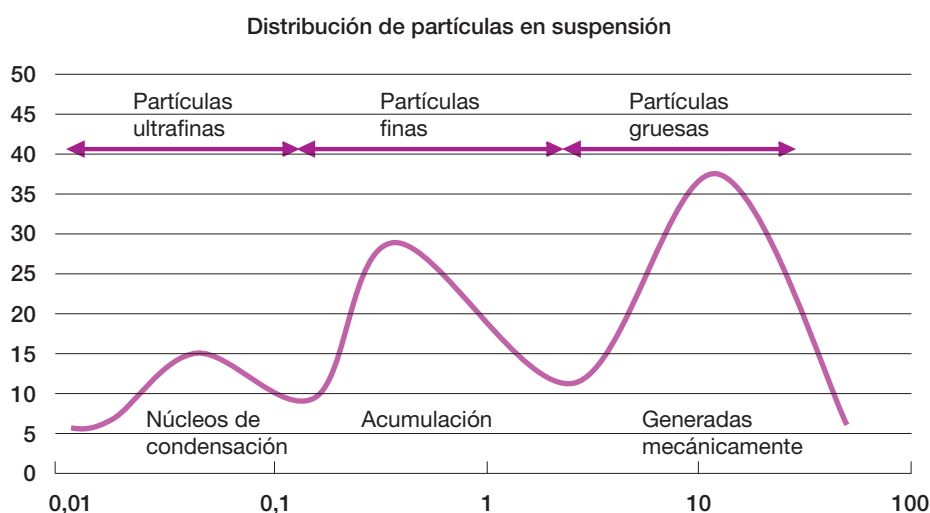
Las partículas en suspensión (aerosoles) son elementos sólidos o líquidos de origen natural o artificial dispersos en el aire. Las partículas son un contaminante diverso tanto en tamaño como en composición química.

Normalmente, se consideran dos tipos de partículas en suspensión:

- PM10: son las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10  $\mu\text{m}$  con una eficiencia de corte del 50 %.
- PM2,5: son las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 2,5  $\mu\text{m}$  con una eficiencia de corte del 50 %.

Las partículas se pueden medir por pesaje de un volumen de aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o pueden ser contadas distribuyéndolas por tamaños.

La curva bimodal típica de concentración de partículas por tamaños se muestra en la figura siguiente:



Generalmente, se observa un mínimo en el entorno de 1 a 3 micras y dos máximos en los entornos cercanos a 0,5 y 10 micras, que corresponden a las denominadas partículas finas y gruesas, respectivamente.

Algunos tipos de partículas más comunes y su rango de tamaño en micras son: polen (de 10 a 100 micras); esporas de hongos (de 3 a 40 micras); bacterias (de 0,3 a 30 micras); virus (de 0,01 a 0,05 micras); fibras de amianto (de 0,5 a 100 micras); fibras sintéticas (de 0,1 a 2 micras); arcillas (de 0,1 a 10 micras); arenas (de 10 a 100 micras); humo de tabaco (de 0,01 a 4 micras); diésel (de 0,01 a 1 micra); cenizas (de 1 a 100 micras), etc.

Las partículas de menos de 4 micras tienen relativa facilidad para ser aspiradas hasta los pulmones y pueden provocar síntomas como:

- Irritaciones de vías respiratorias.
- Mayor incidencia y agravamiento de episodios asmáticos.
- Mayor incidencia y agravamiento de enfermedades cardiovasculares.
- Aumento de la morbilidad a largo plazo.
- Aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo.

El efecto final de las partículas depositadas en el sistema respiratorio depende de su composición química, que puede dar lugar a efectos toxicológicos diversos, irritaciones, fibrosis (especialmente en partículas no biosolubles), alveolitis, bronquiolitis, etc.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) cita los siguientes valores:

Concentraciones detectadas	De 0,05 a 0,07 mg/m <sup>3</sup> (de 50 a 70 µg/m <sup>3</sup> )
Concentraciones de relevancia limitada o no relevantes	< 0,1 mg/m <sup>3</sup> (< 100 µg/m <sup>3</sup> )
Concentraciones relevantes	> 0,15 mg/m <sup>3</sup> (> 150 µg/m <sup>3</sup> )

La norma UNE 171330-2 establece los siguientes valores como referencia para ambientes interiores:

Parámetro	Método	Criterio de valoración		
		Criterio confort (Se acepta hasta un 25 % de superaciones)	Criterio valor límite máximo	Norma o reglamento de referencia
Partículas en suspensión (PM 2,5)	Gravimetría NIOSH Medición directa.	< 20 µg/m <sup>3</sup>	Valor límite máximo: 1.000 µg/m <sup>3</sup>	Real Decreto 1073/2002 Valor límite 10% VLA del INSHT
Conteo de partículas	Equipo de difracción de rayos láser	Clase ISO 9 < 35.200.000 partículas de 0,5 micras/m <sup>3</sup>	-----	UNE-EN ISO 14644-1:1999 Clasificación de la limpieza del aire

\* VLA: valor límite ambiente.

\*\* INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

## 2.2. Contaminantes físicos y sus efectos sobre la salud: humedad, temperatura y confort térmico

### Humedad, temperatura y confort térmico

El confort térmico se define por el equilibrio térmico del cuerpo con el entorno. Cuando el calor interno generado y las pérdidas por evaporación se compensen exactamente con las pérdidas o ganancias por calor, latente, sensible o radiante con respecto al entorno, una persona tendrá sensación de confort.

En ambientes cerrados convencionales se utiliza como método de determinación de la temperatura de confort el método de Fanger.<sup>7</sup> Esta metodología consistió en exponer a 1.296 personas durante tres horas a un ambiente determinado y preguntarles por su sensación térmica al finalizar el periodo, de acuerdo con una escala que iba de +3 (muy caliente) a -3 (muy frío), en que 0 era la neutralidad térmica.

El método tiene en cuenta diversos factores como:

<b>Ambiental</b>	temperatura seca	°C
	temperatura radiante	°C
	humedad relativa	%
	velocidad del aire	m/s
<b>Personal</b>	tasa metabólica	met
	aislamiento de la ropa	clo

En piscinas, los factores serían los mismos pero los cálculos no son aplicables, ya que los usuarios acceden al vaso de la piscina y su piel se moja, con lo cual se modifican radicalmente los intercambios por calor latente con el ambiente. Asimismo, la tasa de actividad metabólica al nadar puede ser elevada y sale de los rangos de aplicación del método.

El Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas, estipula lo siguiente:

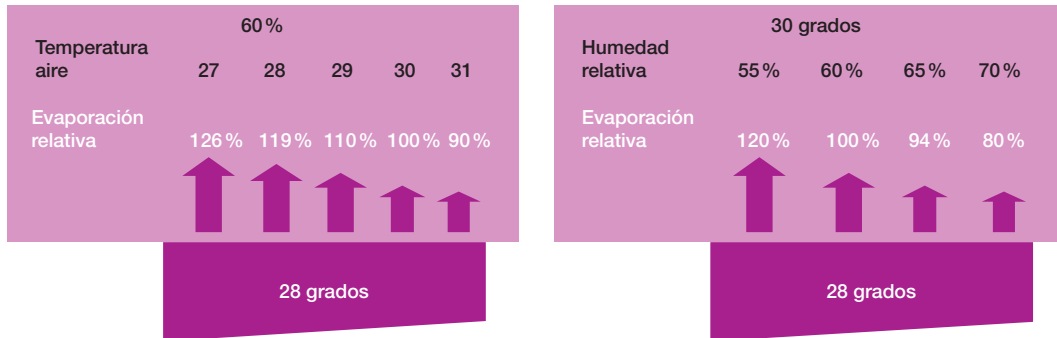
- La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1º y 2º por encima de la del agua del vaso, excepto vasos de hidromasaje y terapéuticos.
- Humedad relativa: < 65 %.

<sup>7</sup> NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.

Mantener los valores de temperatura y de humedad relativa es imprescindible para asegurar el confort de los usuarios. Si estos parámetros no son los adecuados, los bañistas tendrán sensación de frío.

La sensación térmica de frío se debe a una evaporación rápida y extensa de la superficie mojada del cuerpo, que no tiene relación con la temperatura del agua; aunque este sea el motivo de queja de los usuarios, la causa reside en las inadecuadas condiciones térmicas del aire.

Una forma gráfica de explicar este fenómeno es la siguiente:



Suponemos un vaso de piscina a 28 °C en dos supuestos diferentes:

- Un supuesto en el que se mantiene la humedad relativa del aire constante al 60% y se van variando las temperaturas del aire del recinto, desde 27 °C hasta 31 °C.
- Otro supuesto en el que se mantiene la temperatura del aire del recinto constante a 30 °C y va variando la humedad relativa, desde el 55% hasta el 70%.

En la figura de la izquierda, podemos observar que si la humedad relativa del aire es correcta, el 60%, pero la temperatura del aire es inferior o igual (27 °C o 28 °C) a la temperatura del agua del vaso (28 °C), la evaporación relativa de agua, tanto de la piscina como del agua superficial del cuerpo de los bañistas, será excesiva (126% o 119%) y se incrementará la sensación de frío.

En la figura de la derecha, podemos observar que si la temperatura del aire del recinto es correcta, 30 °C, pero la humedad relativa es inferior al 60% (55% en el ejemplo), la evaporación relativa de agua, tanto de la piscina como del agua superficial del cuerpo de los bañistas, también será excesiva (120%) y se incrementará la sensación de frío.

Por tanto, ante las quejas de temperaturas bajas en el agua de los vasos, es aconsejable comprobar que las condiciones térmicas del aire (la temperatura y la humedad relativa) sean las correctas, ya que en muchas ocasiones las quejas tienen su origen en el aire del recinto y no en el agua de los vasos.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores*.

## 2.3. Biocontaminantes y sus efectos sobre la salud: olores

A lo largo de millones de años los microorganismos han colonizado la totalidad de los espacios naturales de la Tierra y también los espacios artificiales creados por el ser humano para vivir.

Los microorganismos acompañan y ayudan al ser humano en el mantenimiento de algunas de nuestras funciones vitales. Sin embargo, es importante controlar la presencia de microorganismos dentro de unos niveles tolerables y normales para las personas, para evitar efectos adversos sobre nuestra salud.

Los microorganismos más comunes son virus, bacterias y hongos.

Los virus son las formas vivas más sencillas. Están constituidos simplemente por una membrana proteica y un material genético en su interior. Necesitan un hospedador animal o vegetal para reproducirse y transmitirse. Fuera del hospedador no sobreviven mucho tiempo.

Las bacterias son microorganismos cuyos órganos internos están libres en el citoplasma rodeados por una única membrana exterior. Son capaces de tomar los nutrientes de la materia orgánica circundante y por tanto pueden sobrevivir en el interior de los sistemas de climatización, en las superficies o en el agua.

Los hongos microscópicos disponen de núcleo diferenciado (eucariotas), incluyen levaduras y mohos.

Los efectos sobre la salud de los microorganismos en espacios interiores se suelen clasificar en dos grupos:

- a) Enfermedades infecciosas de transmisión aérea:
  - a.1 Inducidas por equipamientos o instalaciones (legionelosis).
  - a.2 Transmitidas por portadores vivos (tuberculosis, gripe, sarampión, etc.).
  
- b) Enfermedades de hipersensibilidad:
  - b.1 Asma alérgica (dificultad respiratoria e irritación en los bronquios y pulmones).
  - b.2 Rinitis alérgica (moqueo e irritación en las fosas nasales).
  - b.3 Pneumonitis por hipersensibilidad (afección pulmonar con síntomas gripales).
  - b.4 Irritaciones dérmicas.

La presencia y la multiplicación de microorganismos en el medio ambiente son atribuibles, en la mayoría de los casos, al exceso de humedad y la falta de ventilación, por lo que el control de estos parámetros tiene que ser prioritario. De acuerdo con el RITE, en toda instalación con potencia térmica de más de 70 kW (en frío o calor) se deben hacer mediciones microbiológicas al menos una vez por temporada (anual).

La norma UNE 171330-2 establece los siguientes valores como referencia para ambientes interiores:

Parámetro	Método	Criterio de valoración		
		Criterio confort (Se acepta hasta un 25 % de superaciones)	Criterio valor límite máximo	Norma o reglamento de referencia
Bacterias y hongos en suspensión <sup>9</sup>	SAS ( <i>Surface Air Sampler</i> , por impactación del aire ambiente)	Bacterias < 600 ufc/m <sup>3</sup> Hongos < 200 ufc/m <sup>3</sup>	-----	-----
		-----		
		Cuando se superen estos valores se debe tener en cuenta la relación interior o exterior		

## Olores

En los ambientes interiores, una de las primeras sensaciones más directamente percibidas por los usuarios u ocupantes de un recinto es el olor. El olor se define como la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo, y en algunas ocasiones se trata de una cuestión subjetiva, ya que aunque se deba a sustancias químicas disueltas en el aire, varios factores psicológicos pueden desempeñar cierto papel en la percepción de estos.

En cuanto a su origen, es importante distinguir entre las fuentes contaminantes de olores procedentes del exterior y los generados en el interior del propio edificio. En el caso de piscinas cubiertas, el olor a cloro es un problema mencionado por los usuarios. Este olor se asocia a la presencia de cloraminas. En el trabajo de campo, realizado por la Oficina de Equipamientos Deportivos de la Diputación de Barcelona, se ha puesto de manifiesto que en piscinas cubiertas que cumplen los requisitos de concentración de CO<sub>2</sub> en el recinto de los vasos, y que en principio se supone que estaban bien ventiladas, hay en el aire concentraciones de productos volátiles procedentes de la desinfección del agua (cloroaminas) en concentraciones mayores que los valores recomendados.

Por tanto, en piscinas cubiertas una correcta concentración de CO<sub>2</sub> no es garantía siempre de un aire de buena calidad. El inconveniente es que no están claros los parámetros químicos más adecuados para utilizar como indicadores de la contaminación ambiental derivada de la evaporación del agua de los vasos. El olfato es una herramienta que nos puede ayudar; cuando se detecta el olor característico de cloro en el ambiente

<sup>9</sup> COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE SANIDAD. *Calidad del aire interior en edificios de uso público*.

es una señal que la concentración de algunos compuestos volátiles (en concreto, las cloraminas) es excesiva y se deben tomar medidas correctoras, como ventilar más la sala o reducir el cloro combinado del agua de los vasos. También se ha comprobado la eficacia de ciertos tratamientos como la radiación UV para reducir la concentración de cloraminas y mejorar la calidad ambiental interior en piscinas.<sup>10, 11</sup>

---

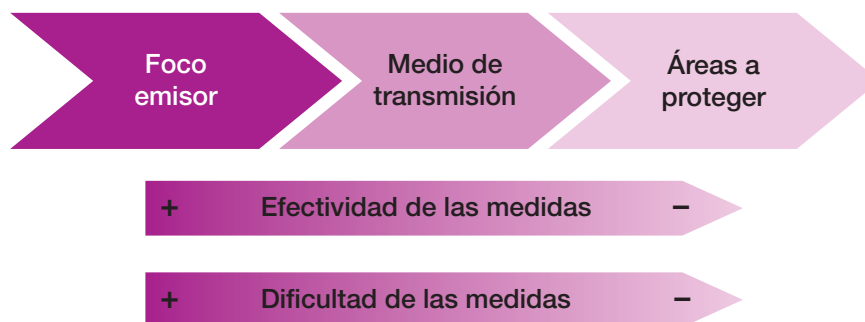
<sup>10</sup> COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE SANIDAD. *Calidad del aire interior en edificios de uso público.*

<sup>11</sup> COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores.*

### 3. Plan de autocontrol del sistema de ventilación y calefacción

Los espacios cerrados, por la simple presencia y actividad humana, tienen tendencia a incrementar la concentración de contaminantes. Para evitar la excesiva acumulación y proliferación de contaminantes, se pueden adoptar diversas estrategias, que en gran medida se han desarrollado a lo largo de los años de experiencia en otros campos afines, como la prevención de riesgos laborales.

La lógica general de actuación y el orden de prioridad es el siguiente:



#### Focos emisores

Los usuarios, los materiales o las actividades de limpieza y mantenimiento en general, generan contaminación, y lógicamente no se pueden evitar. La estrategia en este caso pasa por el uso de productos y materiales mínimamente contaminantes. Asimismo, se pueden controlar los focos contaminantes aislándolos siempre que sea posible, por ejemplo, en salas de almacenamiento de químicos independientes, dotadas de extracción específica.

#### Medio de transmisión

En el caso que nos ocupa de piscinas cubiertas, los medios de transmisión son las propias personas, el aire, las superficies y el agua. Respecto a las personas, se puede concienciar a los usuarios que se abstengan de usar las instalaciones en caso de enfermedad infecciosa. Otra medida importante es el cumplimiento de las normas de régimen interno: ducharse antes de bañarse, etc.



El aire se controla mediante los sistemas de climatización y en este caso las posibilidades son muy variadas, por ejemplo, el control de focos mediante sistemas de extracción o la ventilación generalizada aportada por los sistemas de climatización.

Las superficies requieren higiene periódica, que debe abarcar no solo las áreas visibles, sino también los espacios ocultos que transportan el aire como conductos o plenos.

Como resumen, las estrategias más importantes a aplicar para controlar los medios de transmisión de la contaminación son:

### ***Ventilación***

Se trata de aportar aire de mejor calidad que el interior con el fin de diluir los contaminantes. Lógicamente, esta estrategia puede resultar costosa, especialmente en invierno al ser necesario calentar, hasta temperaturas de confort, caudales de aire exterior importantes; por ello es preciso disponer de sistemas capaces de recuperar la energía del aire interior viciado antes de enviarlo al exterior. Esto se consigue con ruedas recuperadoras o unidades de flujos cruzados.

### ***Filtración o purificación del aire***

El aire puede transportar partículas en suspensión que deben ser eliminadas mediante filtración mecánica, filtros de fibras que recogen las partículas.

La filtración es la operación de separar física o mecánicamente sólidos o líquidos que se encuentran suspendidos en un fluido (a efectos de este documento, aire). Cuando se habla de purificación, se trata de la separación de gases o vapores no deseados, o incluso de desactivar o destruir partículas biológicamente activas que se pudieran encontrar en dicho fluido.

En la IT 1.1.4.2.4. Filtración del aire exterior mínimo de ventilación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios aprobado en 2013, se especifica que el aire exterior debe ser filtrado según su calidad (ver tabla a continuación).

#### **Clases de filtración**

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + 57	F5 + F6
ODA 3	F7 + GF* + F9	F7 + GF + F9	F5 + F7	F5 + F6

\* GF = Filtro de gas (filtro de carbono) y/o filtro químico o físico-químico (fotocatalítico) y solo serán necesarios en caso de que la ODA 3 se alcance por exceso de gases.

ODA: Aire exterior

IDA: Aire interior

Las clases de ODA se refieren a los diversos niveles de calidad del aire exterior que, según el mismo documento, se clasifican de acuerdo con los siguientes niveles:

ODA 1: aire puro que se ensucia solo temporalmente (por ejemplo, polen).

ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas o de gases contaminantes.

ODA 3: aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) o de partículas (ODA 3P).

Un buen sistema de filtración minimiza el ensuciamiento y, por tanto, alarga los plazos de operaciones de mantenimiento higiénico.

Hay varios tipos de filtros. Los más comunes son los siguientes:

#### **Filtros planos**

Medios filtrantes de baja densidad, de baja eficacia de retención, especialmente para las partículas más finas; su uso, normalmente se limita a actuar como prefiltro.

#### **Filtros de panel plisado**

Para incrementar la capacidad de filtración, ocasionalmente se opta por aumentar la superficie de contacto plisando el medio filtrante.

#### **Filtros de bolsa y filtros en V**

Son filtros con medios filtrantes elaborados con fibras más finas que ofrecen una elevada superficie de contacto en un espacio reducido.

### ***Higiene de sistemas***

Tradicionalmente, el mantenimiento de los sistemas se ha focalizado en asegurar el funcionamiento mecánico, es decir, asegurar su capacidad de aportar el frío o el calor requerido al aire. Sin embargo, en las últimas décadas se ha puesto de manifiesto la importancia capital de asegurar que los sistemas además se encuentren limpios para evitar la proliferación y la transmisión de contaminantes de tipo microbiológico, hongos y bacterias, y sus subproductos (mico y endotoxinas).

La limpieza debe llevarse a cabo de forma preventiva en las UTA (unidades de tratamiento de aire), con especial cuidado en la limpieza y desinfección de baterías, y en las redes de conductos cuando una inspección realizada así lo determine, de acuerdo con los criterios de la norma UNE 100012.

La limpieza de baterías puede hacerse de forma manual periódicamente, mediante agua a presión y, posteriormente, aplicando un desinfectante. O bien se pueden instalar sistemas de irradiación UV, lo cual permite un efecto desinfectante permanente sobre las baterías.

La limpieza de conductos es un proceso laborioso que requiere personal muy especializado. Se puede llevar a cabo de diversas maneras, pero en general se trata de levantar el polvo depositado y aspirarlo mediante equipos de alta potencia dotados de filtros de alta eficacia para evitar la redispersión del polvo.

## Áreas a proteger

Se refiere, principalmente, a los espacios ocupados por los usuarios en los que se puede producir exposición a contaminación. La capacidad de actuar localmente en las áreas ocupadas es muy limitada; la calidad del aire interior debe ser garantizada en los niveles anteriormente indicados (control de focos y medios de transmisión).

Para mantener una buena calidad ambiental en las piscinas cubiertas, es preciso incorporar un conjunto de acciones dentro del conjunto de actuaciones generales de mantenimiento.

### **La norma UNE 171330-3, Calidad ambiental en interiores (CAI). Parte 3: Sistemas de gestión de los ambientes interiores**

Una posible guía, muy completa, del tipo de actuaciones que se deberían llevar a cabo se encuentra en la norma UNE 171330-3, Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistemas de gestión de los ambientes interiores. Lógicamente, no todas las piscinas serán suficientemente complejas como para adoptar la totalidad de los aspectos recogidos en la norma, pero al menos siempre se podrán tener en cuenta los aspectos más relevantes, que son:

- **Nombrar un responsable de calidad ambiental en interiores**, que debe velar por el mantenimiento de las correctas condiciones higiénico-sanitarias del ambiente.
- **Realizar un diagnóstico inicial**, que debe incluir una revisión exhaustiva de los aspectos que pueden afectar a la calidad ambiental en la piscina, considerando, al menos, lo siguiente:
  - La ubicación del edificio.
  - La distribución del edificio, los usos y las actividades.
  - Los materiales de construcción.
  - Las instalaciones del edificio: acondicionamiento de aire, agua, equipos de salubridad (desagües y extractores), depósitos de combustibles, zonas de aparcamiento, almacenes y salas de usos especiales.
  - El mantenimiento del edificio.
  - Posibles operaciones de remodelación del edificio.
- **Disponer de documentación, que debe incluir, al menos, lo siguiente:**
  - Esquemas, planos, memorias descriptivas, especificaciones técnicas de las instalaciones, etc.
  - Planes de formación y sensibilización del personal, especialmente de mantenimiento, en materia de CAI.
  - Procedimientos escritos y formatos de registros de las actuaciones.
  - Procedimientos de limpieza y desinfección de instalaciones de climatización.

- Procedimientos de inspección periódica de aspectos relativos a la CAI.
- Procedimientos de control analítico periódico de la CAI.
- Procedimientos de control del impacto sobre la CAI de emergencias, como incendios o inundaciones.
- Procedimientos de recogida, análisis y respuesta de quejas sobre la CAI por parte de los usuarios.
- Procedimientos de contingencia del impacto de actividades potencialmente contaminantes del ambiente interior, como la gestión de plagas, determinadas operaciones de limpieza y desinfección, tratamientos del agua, etc.
- Lista de materiales y productos con la menor toxicidad posible.
- Copias de la legislación y la normativa aplicables, y un sistema de actualización periódica de estas.

### **3.1. Necesidad de una climatización correcta (humedad y temperatura)**

La temperatura del agua de los vasos de las piscinas cubiertas genera, de manera natural, una evaporación de agua que se incrementa significativamente con la agitación del agua por parte de los usuarios. Esta evaporación genera un aumento de la humedad del aire del recinto de los vasos, y de no mantenerse en unos límites y evitar su aumento sin control, se crearían unas condiciones que favorecerían un malestar térmico importante para los usuarios, así como la proliferación de microorganismos, que supondría un riesgo para la salud y ocasionaría daños en los materiales de construcción a causa de las condensaciones que se formarían sobre los cerramientos. Por estos motivos es necesario<sup>12</sup> mantener el nivel de humedad relativa del recinto de los vasos de las piscinas cubiertas por debajo del 65 %.

### **3.2. Funcionamiento y mantenimiento de la bomba de calor deshumectadora**

La bomba de calor deshumectadora es una máquina frigorífica que deshumidifica el aire cargado de humedad del recinto de los vasos. Permite la ventilación con la incorporación de un caudal de aire exterior (aire de renovación) y calienta el aire del recinto; también puede calentar el agua de algún vaso.

El aire cargado de humedad (y caliente) se evacua del recinto de los vasos con la ayuda del ventilador o ventiladores de la bomba de calor deshumectadora, y se retorna a través de los conductos de aire de esta unidad. La distribución del aire seco y caliente que se impulsa por conductos desde la bomba de calor deshumectadora es de una gran impor-

---

<sup>12</sup> COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores*.

tancia. El aire se impulsará de manera que se eviten temperaturas superficiales inferiores al punto de rocío en los cerramientos, lo que provocaría condensaciones. Por ejemplo, un cerramiento a unos 20 °C en su lado interior, por las condiciones de humedad y temperatura del recinto, ya puede presentar condensación.

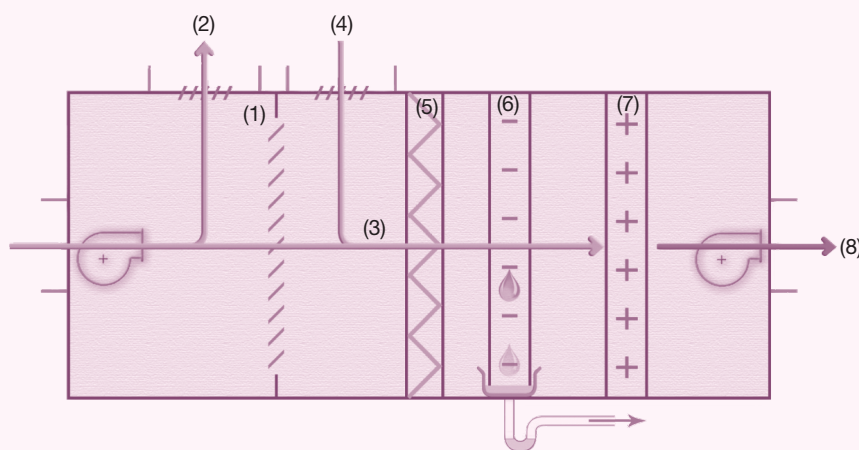
Las superficies más susceptibles a este fenómeno son los cerramientos vidriados; en este caso, se aconseja impulsar el aire de la deshumectadora de abajo a arriba del cerramiento. A menudo, este es el motivo por el cual se colocan en el suelo de la zona de playa conductos de aire que siguen el perímetro del cerramiento acristalado y por los cuales se impulsa aire caliente que barrerá interiormente las superficies acristaladas de las piscinas. En estos casos deben evitarse corrientes de aire por encima de la lámina de agua, ya que favorecerían la evaporación y aumentarían la sensación de frío de los bañistas. El resto de conductos de impulsión y extracción del aire deben diseñarse de forma que no se facilite la formación de bolsas de aire estancado, que se acabarían enfriando y condensando. Para minimizar este problema se aconseja, además, recircular cada hora, de 4 a 8 veces, todo el volumen del recinto de los vasos.

También se deben proteger los conductos de posibles entradas de aire contaminado de actividades externas a la piscina y de la evaporación de productos químicos utilizados en el tratamiento del agua de los vasos, ubicados en la sala de máquinas o en el almacén.

Existen, al menos, dos posibles métodos de climatizar y deshumectar el aire interior de las piscinas cubiertas:

La primera opción se basa en un sistema de compuertas (1) que se pueden modular para que el aire sea expulsado (2) o recirculado (3), aportando una cierta cantidad de aire exterior (4). El aire de mezcla (aire recirculado más aire fresco) se filtra (5), se enfría para deshumectar por condensación (6) y, finalmente, se recalienta (7) hasta alcanzar una temperatura de confort y poder ser impulsado de nuevo a los locales (8).

#### Opción 1

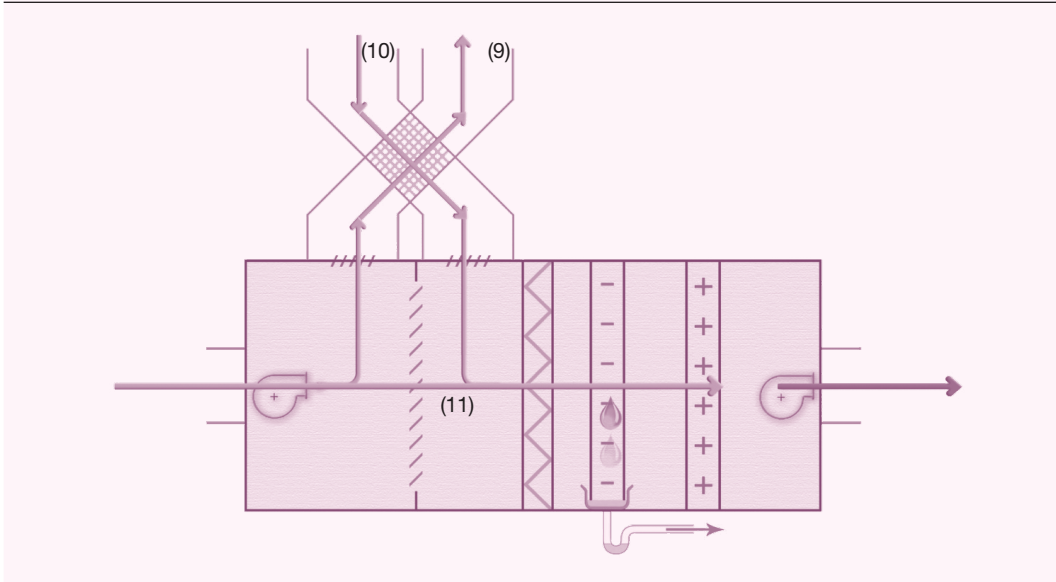


Ver flujograma del movimiento de aire en una bomba de calor deshumectadora con recirculación del aire interior.

La segunda opción posible se basa en la expulsión de la totalidad del aire viciado (9) y el reemplazo de dicho aire por aire exterior (10) fresco en su totalidad. El resto de las etapas es equivalente a la primera opción.

No obstante, se puede dejar la opción de recircular en caso de condiciones exteriores muy desfavorables (11).

### Opción 2



Ver flujograma del movimiento de aire en una bomba de calor deshumectadora sin recirculación del aire interior.

Ver vídeos:

Descripción de instalaciones de climatización.

Acciones de mantenimiento e inspección de los sistemas de climatización.

## 4. Conclusiones

- La natación está considerada uno de los deportes más completos que se pueden practicar, por ello es importante que las administraciones faciliten instalaciones capaces de permitir la práctica de dicho deporte en las mejores condiciones posibles. En las últimas décadas, la problemática asociada a la contaminación del aire interior ha ido ganando relevancia y conocimiento tanto en el ámbito profesional como en el público en general. Mediante la instalación de sistemas adecuados y con el mantenimiento y el control correctos, se puede minimizar cualquier posible efecto adverso para la salud de los usuarios derivado de una mala calidad ambiental en interiores.<sup>13, 14, 15</sup>
- El aire en piscinas es una realidad compleja y el personal de mantenimiento necesita actividades formativas para conocer el funcionamiento básico de las diferentes etapas por las que pasa el aire en la bomba de calor deshumectadora. Es preciso potenciar las supervisiones diarias por parte del personal de las piscinas y explicitar de forma clara las tareas de la empresa homologada que hará el mantenimiento preventivo, indicando las frecuencias de revisión.
- El agua de los vasos está en el origen del problema. Cuanto mayor sea la calidad de esta agua, menos subproductos de desinfección habrá que después pasarán al aire. Estos subproductos aumentan su concentración por la aportación de materia orgánica de los bañistas y de los productos desinfectantes añadidos al agua. Por estos motivos, es importante el cumplimiento de las normas de régimen interno ( ducharse antes de entrar en la piscina, usar adecuadamente cremas, etc.), el control diario del cloro combinado y la posibilidad de incorporar nuevos métodos coadyuvantes en la desinfección (por ejemplo, desinfección con lámparas de luz ultravioleta).
- Se debe ir hacia una cultura de mantenimiento preventivo. Según sea el resultado de la inspección anual del estado higiénico, habrá que limpiar y desinfectar adecuadamente, registrar las operaciones y establecer nuevas actividades preventivas.

---

<sup>13</sup> INSTITUT D'ESTUDIS DE LA SEGURETAT. *Estudio sobre el aire de las piscinas de uso público.*

<sup>14</sup> COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores.*

<sup>15</sup> COL·LEGI D'ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS DE CATALUNYA (CETIB). *Estudi higienicosanitari de les piscines d'ús públic.*

## 5. Legislación, normativa sectorial y bibliografía

- Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE.
- Decreto 95/2000, de 22 de febrero, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a las piscinas de uso público.
- Serie de normas UNE 171330 – Partes de 1 a 3. Calidad ambiental en interiores.
- Norma UNE-100012 - Higienización de sistemas de climatización.
- Norma UNE-EN 13779 - Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- Norma UNE-EN 779 - Filtros de aire utilizados en ventilación general para la eliminación de partículas. Requisitos, ensayos y marcado.
- VDI 6022: Hygienic Standards for Ventilation and air conditioning systems.
- NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.
- NTP 341: Exposición a cloro en piscinas cubiertas.
- NTP 689: Piscinas de uso público (I). Riesgos y prevención.
- NTP 690: Piscinas de uso público (II). Peligrosidad de los productos químicos.
- NTP 788: Piscinas de uso público (III). Riesgos asociados a los reductores del pH y subproductos de desinfección.
- ASHRAE Standard 62: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ASHRAE Standard 52.2: Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size.
- COL·LEGI D'ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS DE CATALUNYA (CETIB). *Estudi higienicosanitari de les piscines d'ús públic*. Barcelona: CETIB, 2006.
- COMUNIDAD DE MADRID. CONSEJERÍA DE SANIDAD. *Calidad del aire interior en edificios de uso público*. Madrid: Dirección General de Ordenación e Inspección. Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid, 2010.
- COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores* [en línea] (Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei d'Esports, 2009). <<http://www.diba.cat/documents/41289/6629960/El+manteniment+dels+equips+de+climatitzaci%>



[C3%B3%20de+piscines+co%E2%80%A6.pdf/92428f04-651c-42cf-ab9d-be728bbcd5ae](#)> [Consulta: 28 de abril de 2017].

INSTITUT D'ESTUDIS DE LA SEGURETAT. *Estudio sobre el aire de las piscinas de uso público: Bases teóricas y herramientas de actuación*. Barcelona: Institut d'Estudis de la Seguretat, 2009.

## 6. Direcciones web de interés

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene

<http://www.insht.es/>

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

<https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/medioAmbiente/home.htm>

Asociación Española de Profesionales del Sector de Piscinas

<http://www.asofap.es/>

European Union of Swimming Pool and Spa Associations

<http://www.eusaswim.eu/>

Eurospa Pool News

<http://www.eurospapoolnews.com/home-es/>

National Swimming Pool Foundation

<https://www.nspf.org/es>

The Association of Pool and Spa Professionals

<http://apsp.org/>

Center for Disease Control and Prevention (Swimming Pool Hygiene)

<http://www.cdc.gov/healthywater/hygiene/swimming/>

Swimming Pools Code of Practice

[http://www.edlc.co.uk/pdf/PWTAG%20CodeofPractice1.13v5\\_000.pdf](http://www.edlc.co.uk/pdf/PWTAG%20CodeofPractice1.13v5_000.pdf)

Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para aire y agua en piscinas

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/bathing/srwe2chap5.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2chap5.pdf)

Diputació de Barcelona. Servei de Salut Pública. Control sanitari de piscines d'ús públic i de poliesportius

[http://www.diba.cat/web/salutpublica/piscines\\_us\\_public\\_i\\_poliesportius](http://www.diba.cat/web/salutpublica/piscines_us_public_i_poliesportius)

Diputació de Barcelona. Servei d'Esports

<http://www.diba.cat/web/esports/descarregues>

Generalitat de Catalunya. Departament de Salut. Instal·lació i manteniment de piscines

[http://salutweb.gencat.cat/ca/ambits\\_tematics/per\\_perfiles/empreses\\_i\\_establiments/empreses\\_dinstalacio\\_i\\_manteniment\\_piscines/](http://salutweb.gencat.cat/ca/ambits_tematics/per_perfiles/empreses_i_establiments/empreses_dinstalacio_i_manteniment_piscines/)