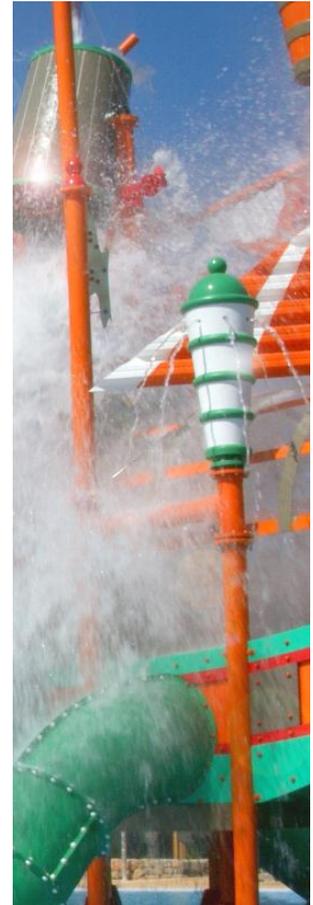


asofap

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA ■
DE PROFESIONALES ■
DEL SECTOR PISCINAS ■



Guía Técnica ASOFAP

PISCINAS DE USO PÚBLICO Y PARQUES ACUÁTICOS

Marzo 2020

© ASOFAP (Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas).

Edición 1. Abril 2020.

Reservados todos los derechos.

ASOFAP (Asociación Española de Profesionales del sector Piscinas).

NIF: G62047808

Nº nacional en el Registro Nacional de Asociaciones: 1655667.

www.asofap.es

Coordinado por SiSSWA Instituto de Certificación, SL para ASOFAP

PRÓLOGO DEL PRESIDENTE DE ASOFAP

ASOFAP, como patronal española del sector de la piscina, tiene en su fin social fomentar el progreso técnico y económico de este sector empresarial; y este documento responde a esta misión.

Nuestra asociación siempre ha promovido la tecnificación y la profesionalidad del sector, entendiendo que ello haría mejores profesionales, que contribuirían a tener empresas más competitivas, las cuales desarrollarían servicios y productos de vanguardia, haciendo de España un referente técnico mundial en el sector; más allá de su relevancia internacional a nivel del tamaño de su parque de piscinas. En otras palabras, calidad por encima de cantidad.

Así, es un placer dirigirme a usted desde este documento, que ilustra todo lo anterior. Y lo hace de manera pionera en España.

También me satisface gratamente ver como se ha realizado, dado que ilustra el modelo de funcionamiento de nuestra patronal. Un modelo caracterizado por disponer de una gestión profesional que asimismo facilita la participación igualitaria del asociado en el desarrollo de nuestras iniciativas, permitiendo con ello aprovechar todo el talento que reúne ASOFAP con sus miembros; que hacen suyas iniciativas como estas.

Por todo ello, desde aquí envío mi sincera felicitación y agradecimiento a todo el equipo ASOFAP y a los asociados que han contribuido a que esta guía técnica sea una realidad a disposición de todos los actores implicados en el sector de la piscina, sean o no asociados. Y es que ASOFAP se debe a sus asociados y trabaja para ellos, pero su impacto alcanza toda la sociedad.

Pedro Arrébola
Presidente de ASOFAP

PRÓLOGO DEL COORDINADOR DE LA GUÍA

No es sencillo acometer un proyecto de piscina de uso público debido a la ingente cantidad de reglamentación de referencia y normas técnicas aplicables, y más cuando se solapan leyes estatales, autonómicas y locales con dichas normas técnicas. Por ello, ASOFAP ha decidido elaborar esta Guía Técnica para intentar aportar un poco de luz y dar algunas pistas, de manera que desarrollar este tipo de proyectos no se convierta en un calvario.

Del mismo modo, la confección de esta guía, inédita hasta el momento en el sector de la piscina en España, no ha sido tarea fácil. Hemos intentado, de alguna manera, sintetizar en un documento una buena parte del conocimiento existente en el sector. Por ello la preparación de este documento se ha iniciado tras un llamamiento a todos los asociados para que aportaran sus documentos internos, compartiendo de este modo su conocimiento y poniéndolo al servicio de todo el sector. Esta ha sido la base de la guía y su punto de partida. Desde aquí, mi más profundo agradecimiento a todas las personas del sector que han colaborado desinteresadamente en la confección de esta guía.

Obviamente, según quien la lea, podrá encontrar aspectos más o menos aplicables a su trabajo concreto; por ello estamos convencidos de que, con el tiempo, entre todos se podrá mejorar y enriquecer, siendo un documento vivo que evolucionará con el sector y con las tecnologías y conocimiento aportados por todos los grupos de interés, sean o no miembros de ASOFAP.

Alfonso Ribarrocha

Coordinador de la Guía Técnica de Piscina de Uso Público y Parques Acuáticos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
Alcance	13
Organización de esta Guía Técnica	13
La problemática reglamentaria	14
El agua de la piscina. Riesgos	15
Sostenibilidad	16
Generalidades	16
Sostenibilidad medioambiental	17
Eficiencia energética	18
MARCO REGLAMENTARIO	21
Generalidades	21
Legislación generalista	21
Legislación específica	21
Normativas técnicas de ámbito europeo	22
Las piscinas: legislación y normas técnicas	24
Aspectos generales	24
La seguridad a través de la calidad del agua	24
La seguridad mediante el diseño y la construcción	25
La seguridad a través de la gestión de la instalación	26
Conclusiones	27
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	29
Generalidades	29
El proyecto de la piscina	29
Legislación y normativas aplicables	30
Emplazamiento	30
Dimensiones y profundidades	31
Acciones a considerar en el cálculo del vaso	32
Terminación o acabado interior	32

La construcción del vaso de piscina	33
Aspectos generales	33
Características del vaso de la piscina	33
El vaso de la piscina según el CTE	34
El vaso de piscina según las normas técnicas	35
Zonas generales para los bañistas	35
Zona de circulación, suelos	35
Escalones y rampas	35
Vías de emergencia	35
Paredes, pilares y estructuras salientes	35
Alumbrado, iluminación y prevención del deslumbramiento	36
Diseño acústico de la edificación en piscinas cubiertas	36
Calefacción y ventilación para el recinto de la piscina	36
Zonas específicas	36
Alrededores de la piscina (playas o andenes)	36
Borde del vaso de la piscina	37
Vaso de la piscina	37
Piscina de olas	37
Cubiertas de piscina	38
Salas de primeros auxilios	38
Puntos de control	38
Salas / Zonas de almacenaje para los productos químicos de tratamiento del agua	38
La sala técnica	40
Los depósitos de compensación	40
La puesta en marcha	41
Equipamientos de piscinas	42
Generalidades	42
Los toboganes acuáticos	43
Los juegos acuáticos	45
LA CALIDAD DEL AGUA EN UNA PISCINA	47
Introducción	47
Generalidades sobre el agua	47
Introducción	47
Propiedades del agua	48
El agua de baño	49
Origen y tipos de contaminación	50
Generalidades	50
Riesgos sanitarios por contaminación biológica	51

Riesgos sanitarios por contaminación química _____	54
Medidas preventivas. Condiciones para el buen estado sanitario _____	54
Principios del tratamiento de agua en piscinas _____	55
Aspectos generales _____	55
Calidad del agua de baño. Parámetros _____	55
Sistemas de recirculación del agua en piscinas _____	59
Filtración _____	62
Desinfección _____	77
Casos particulares _____	79
Limpieza de la piscina _____	82
Parámetros de calidad del agua a cumplir _____	82
El agua de aporte _____	83
Aprovechamiento del agua de lavado _____	84
INSTALACIONES ELÉCTRICAS _____	85
Generalidades _____	85
Acometida y líneas de alimentación _____	85
Cuadros eléctricos _____	86
Receptores a motor y aparellaje _____	86
Canalizaciones _____	86
Aparatos de calefacción _____	86
Instalaciones para piscinas _____	86
Iluminación y sonido subacuáticos _____	87
Iluminación complementaria _____	87
Instalaciones especiales _____	87
LA CALIDAD DEL AIRE EN PISCINAS CUBIERTAS _____	89
Generalidades _____	89
Contaminantes del aire interior _____	90
Contaminantes químicos _____	90
Contaminantes físicos _____	92
Biocontaminantes _____	94
Cálculo de las necesidades térmicas _____	95
Confort térmico _____	96
Parámetros a considerar _____	96

El ahorro energético _____	98
Plan de autocontrol del sistema de ventilación y calefacción _____	99
Introducción _____	99
Necesidad de una climatización correcta (humedad y temperatura) _____	103
Funcionamiento y mantenimiento de la bomba de calor des-humectadora _____	103
Conclusiones _____	105
REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN _____	107
Legislación y normativas aplicables _____	107
El titular de la instalación _____	107
Importancia de la actuación del titular de la instalación _____	107
Responsabilidades _____	108
Requisitos para la gestión de la seguridad _____	109
Introducción _____	109
Piscinas de uso público _____	109
Toboganes acuáticos _____	115
Protocolo general de mantenimiento _____	117
Piscinas de uso público _____	117
Toboganes acuáticos _____	119
El papel de la empresa mantenedora de la piscina _____	122
El Protocolo de autocontrol de piscinas _____	122
SILOÉ: Remisión de información _____	123
LA SEGURIDAD INTEGRAL _____	125
Generalidades _____	125
El concepto de “seguridad” _____	125
La seguridad física y la seguridad operativa _____	126
Los socorristas _____	126
La seguridad integral en una instalación acuática _____	127
La seguridad física _____	127
La seguridad operativa _____	128
La seguridad como camino, no como fin _____	128
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS _____	129
Normativas Técnicas _____	129
Piscinas de uso público _____	129
Equipamiento de piscinas _____	129

Legislación Nacional Aplicable	130
Legislación Autonómica Aplicable	131
Andalucía	131
Aragón	131
Canarias	131
Cantabria	132
Castilla-La Mancha	132
Castilla y León	132
Cataluña	132
Comunidad de Madrid	132
Comunidad Foral de Navarra	133
Comunidad Valenciana	133
Extremadura	133
Galicia	133
Islas Baleares	133
La Rioja	134
País Vasco	134
Principado de Asturias	134
Región de Murcia	134
Otras normas y documentos de referencia	135
ANEXO 1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VASOS DE PISCINA	137
Hormigón armado	137
Generalidades	137
Características del hormigón	138
Características de la armadura	139
Hormigón proyectado	139
Generalidades	139
Definiciones	140
Proyección vía seca	141
Proyección vía húmeda	142
Comparación de los procesos	142
Materiales	142
La proyección	143
Vasos prefabricados de poliéster	144
Generalidades	144
Instalación	145
Piscinas de acero	145

ANEXO 2. TRATAMIENTO FÍSICO DEL AGUA	147
Filtración a través de un lecho filtrante	147
Generalidades	147
Lavado	154
Filtros a presión	155
Filtros verticales lavables sólo con agua (brazos colectores)	155
Filtros verticales lavables por aire y agua	157
Filtros horizontales	158
Coagulación / Floculación	159
Necesidad de la coagulación	159
La coagulación / floculación en el tratamiento de la piscina	159
ANEXO 3. TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA	161
Procesos químicos en una piscina	161
Química inorgánica básica en una piscina	161
La biología del agua en sistemas clorados	165
Química orgánica básica en una piscina	169
Sistemas de desinfección habituales	172
Desinfección química	172
Derivados del cloro	172
Derivados de bromo y oxígeno	173
La cloración salina	174
Generalidades	174
Funcionamiento de la cloración salina	175
Química del agua y comportamiento con la cloración salina	177
Aspectos a controlar	179
Dimensionamiento teórico de la instalación	181
Esquema básico de la instalación	183
Conclusiones	188
El Ozono (O₃)	188
Introducción	188
Aplicaciones del ozono	188
Depuración del agua con ozono	189
Poder desinfectante del ozono	190
Ventajas	190
Inconvenientes	191
Las lámparas ultravioleta	191
Introducción	191

Desinfección mediante radiación UV _____	192
Eficacia del sistema: dosis radiación UV _____	192
Los equipos de desinfección UV _____	192
Ventajas _____	193
Inconvenientes _____	194
Combinación UV y electrolisis de sal _____	194
La Ionización cobre-plata _____	195
La electrólisis del agua _____	195
ANEXO 4. GLOSARIO DE LA QUÍMICA DEL AGUA _____	197
ANEXO 5. PRINCIPIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO _____	201
Introducción _____	201
Parámetros de filtración _____	201
Renovación _____	201
Funcionamiento de la filtración _____	202
Recirculaciones _____	202
La velocidad del agua en las tuberías _____	202
El canal desbordante _____	204
El depósito de compensación _____	204
Parámetros de bombeo _____	205
El circuito de aspiración _____	205
La cavitación _____	205
La pérdida de carga _____	206

INTRODUCCIÓN

Alcance

Antes de entrar en materia, conviene definir lo que se entiende por “piscina de uso público”. En este aspecto parece que, por el momento, existe consenso a nivel europeo, que coincide con la definición existente en el Real Decreto 742/2013 sobre criterios higiénico-sanitarios de las piscinas.

Así, se entiende por **piscinas de uso público** aquellas piscinas abiertas al público o a un grupo definido de usuarios, no destinada únicamente a la familia e invitados del propietario u ocupante, con independencia del pago de un precio de entrada. Estas piscinas podrán ser de dos tipos:

- **Tipo 1.** Piscinas donde la actividad relacionada con el agua es el objetivo principal, como en el caso de piscinas públicas, de ocio, parques acuáticos o spas.
- **Tipo 2.** Piscinas que actúan como servicio suplementario al objetivo principal, como en el caso de piscinas de hoteles, alojamientos turísticos, campings o terapéuticas en centros sanitarios, entre otras.

Por tanto, en lo que sigue de este documento, cuando hablemos de ‘piscinas’ o de ‘piscinas de uso público’, nos referiremos siempre a lo indicado en la definición anterior.

Queremos hacer hincapié en que, a los efectos de esta guía, consideramos las piscinas de **Comunidades de Propietarios** como “piscinas de uso público”.

Organización de esta Guía Técnica

La organización de esta guía se ha realizado teniendo en cuenta la cadena de valor completa para acometer un proyecto de piscina de uso público, dejando temas más de detalle en unos anexos referenciados en cada capítulo y que podrán ser ampliados y mejorados con el tiempo. Por ello se ha estructurado de la siguiente manera:

- 📖 **Marco Reglamentario**
- 📖 **Diseño y Construcción**
 - Anexo 1 “Sistemas constructivos de vasos de piscina”
- 📖 **La Calidad del Agua en una Piscina**
 - Anexo 2 “Tratamiento Físico del Agua”

- Anexo 3 “Tratamiento químico del agua”
- Anexo 4 “Glosario de la química del agua!”
- 📖 Instalaciones eléctricas
- 📖 La calidad del aire en piscinas cubiertas
- 📖 Requisitos de seguridad en la gestión
- 📖 La seguridad integral
- 📖 Bibliografía y referencias

Adicionalmente, además de los Anexos indicados anteriormente, se ha incluido un anexo genérico muy importante en las instalaciones de piscinas:

- 📖 Anexo 5 “Principios de diseño hidráulico”

Asimismo, en las siguientes páginas, cuando queramos destacar alguna buena práctica identificada por ASOFAP en el sector o queramos aportar criterios basados en la experiencia del sector y que no están necesariamente incluidos en las normas técnicas o en la legislación, utilizaremos un esquema sombreado como el de este mismo párrafo.

La problemática reglamentaria

Se entiende por piscina toda aquella instalación formada por un vaso o un conjunto de vasos destinados al baño, al uso recreativo, entrenamiento deportivo o terapéutico, así como las construcciones complementarias y servicios necesarios para garantizar su funcionamiento.

El estado español, constituido como una organización territorial, a través de las competencias asumidas en los correspondientes Estatutos Autonómicos, ha transferido a las distintas Comunidades Autónomas (CCAA) determinadas competencias en materia de piscinas. Los Ayuntamientos, conforme a lo establecido en la Ley Reguladora de Bases de Régimen Local, ejercen también su ámbito competencial en dicha materia, en los términos que la Ley determina.

La configuración del marco constitucional español y su organización territorial en un Estado de las Autonomías plantea problemas jurídicos respecto a las competencias relacionadas con el sector de la piscina y en la asunción de responsabilidades compartidas y concurrentes en materia ambiental.

La legislación estatal vigente aplicable a este campo es el **Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas.**

Ha de tenerse en cuenta que la legislación anterior a nivel nacional era del año 1960 y 1961, y se hacía conveniente actualizar los criterios sanitarios de la misma a los avances

científicos y técnicos y a los criterios actuales de la **Organización Mundial de la Salud**, con el objeto de tener controlados los riesgos emergentes derivados del uso de estas instalaciones. Además, de esta manera se armonizaban los criterios básicos sanitarios, tal y como venía solicitando tanto el sector, como los ciudadanos y las diversas administraciones.

De acuerdo con lo establecido en sus Estatutos, las CCAA son entidades de derecho público con personalidad jurídica propia y con plena autonomía funcional para regular en materia de las piscinas e instalaciones acuáticas.

Al amparo de esta fórmula constitucional, las Comunidades Autónomas han asumido la competencia para legislar sobre las piscinas e instalaciones acuáticas, lo cual hace que enfrentarse a un proyecto de piscina de uso público no sea nada fácil. No obstante, una vez en vigor este Real Decreto, los decretos autonómicos de piscinas son aplicables en todo lo que no se oponga a lo dispuesto en este Real Decreto.

Los criterios básicos que describe este Real Decreto, se aplicarán a **todas las piscinas excepto** a las que estén incluidas en el ámbito del Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño (éstas se refieren a las **piscinas naturales**, que son aquellas en las que el agua de alimentación del vaso es agua costera o continental, está ubicada junto a su medio natural, y la renovación del agua está asociada al movimiento natural de mareas o cursos de ríos).

De todos modos, este Real Decreto se centra únicamente en los **aspectos sanitarios** del agua y el aire de las piscinas, mientras que deja sin cubrir una gran multitud de aspectos imprescindibles para que las piscinas sean seguras desde todos los puntos de vista. El objetivo de esta Guía es precisamente recopilar toda la legislación, normas técnicas y buenas prácticas del sector para ayudar a organismos oficiales, profesionales y usuarios a tener una visión más completa de lo que estas instalaciones significan y qué criterios deben tenerse en cuenta para analizar su correcta ejecución desde un punto de vista más completo y global.

El agua de la piscina. Riesgos

En el Real Decreto mencionado en el apartado anterior se fijan parámetros y valores paramétricos a cumplir en el agua de los vasos de estas piscinas y su frecuencia mínima de muestreo. Estos valores se basan principalmente en motivos de salud pública y en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de los usuarios. Ante incumplimientos de los criterios de calidad que señala esta disposición, será necesaria la investigación de la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctoras y preventivas para la protección de la salud de los usuarios.

Pero no solo deberá ser adecuada la calidad del agua sino también la calidad del aire en aquellas piscinas cubiertas, incluidos centros de hidromasaje y piscinas terapéuticas, por lo que se fijan una serie de parámetros básicos operacionales que sirvan al titular de la piscina, para tener una correcta calidad del aire que no produzca riesgos para la salud.

No obstante, antes de proceder a dar soluciones, vamos a intentar comprender por qué las piscinas pueden suponer un importante riesgo para la salud de las personas si no se diseñan, ejecutan y gestionan correctamente y siguiendo la reglamentación y normas técnicas vigentes.

Tengamos en cuenta que nuestro país es el segundo destino turístico del mundo y cada vez contamos con más parques acuáticos y piscinas de uso público en hoteles y campings. Por ello es esencial que ASOFAP ejerza su responsabilidad como Asociación profesional del sector, difundiendo estos conceptos (legislación, normas técnicas y buenas prácticas) para ayudar a aumentar la profesionalidad en toda la cadena de valor, minimizar el intrusismo y aumentar, en definitiva, de manera sustancial la calidad de este tipo de instalaciones en nuestro país.

Sostenibilidad

Generalidades

No cabe duda de que la sostenibilidad debe ser un factor central a la hora de llevar a cabo una instalación de piscina de uso público o parque acuático. Para ello, es muy importante que el proyectista tenga en cuenta las últimas tecnologías y avances del sector para que la instalación tenga un mínimo impacto en su entorno. Todo ello se deberá tener en cuenta considerando los siguientes aspectos:

- Reducción de la demanda, estableciendo sistemas y protocolos que directamente eviten los consumos innecesarios
- Sostenibilidad medioambiental
 - Consumos de agua
 - Vertidos de agua usada
 - Uso de productos químicos
- Eficiencia energética
 - Bombas de filtración y de otros equipos (toboganes, juegos acuáticos, etc.)
 - Climatización de piscinas cubiertas y renovación del aire

Hemos de empezar a concienciarnos seriamente de que nuestras instalaciones generan una serie de emisiones de gases de efecto invernadero (tanto la construcción como, especialmente, la posterior gestión) por lo que deberemos empezar a familiarizarnos con el concepto de **huella de carbono**, esto es, la “marca” que dejamos en el planeta. Por

eso, a la hora de diseñar una instalación, deben considerarse todos aquellos materiales y tecnologías que nos permitan reducirla al máximo. En este cálculo de la huella de carbono debemos tener en cuenta todo el ciclo de vida de la piscina en todos sus aspectos. A continuación, damos algunas pistas acerca de aspectos a tener en cuenta para diseñar y gestionar instalaciones cada vez más sostenibles.

Sostenibilidad medioambiental

Uso racional del agua

Durante el funcionamiento

Se recomienda utilizar sistemas y tecnología que minimicen el consumo de agua. El principal punto de consumo es el lavado de filtros, por lo que deben utilizarse mecanismos que reduzcan su frecuencia.

Asimismo, el aporte de agua debe evitarse si la calidad de agua de la piscina es la adecuada. Se vigilará en estos casos, sobre todo, el parámetro de conductividad.

Hibernación

Se recomienda que las piscinas estén llenas de agua en el invierno. De esta forma se mantendrán las presiones en las paredes y suelo, como también la humedad necesaria del cemento, del hormigón y de los recubrimientos interiores del vaso.

Deben tomarse precauciones ante las heladas (vaciado de las cañerías y colocación de elementos flotantes en la superficie).

Para mantener el agua limpia, los sistemas de filtración y de desinfección deberán funcionar al menos 24 horas después del cierre de la temporada de baños.

Se recomienda tratar el agua con un producto de invierno que impida una incrustación fuerte y evitar la proliferación de algas, bacterias y hongos.

Una cubierta opaca contribuirá a mantener el agua clara y facilitará la limpieza del vaso al comienzo de la nueva temporada, que se hará después del vaciado (en ocasiones obligatorio) y limpieza y desinfección completas.

Uso racional de productos químicos

Para mantener el agua de acuerdo con los parámetros requeridos por la ley, y deseables para su uso como agua de baño, será siempre recomendable priorizar el tratamiento físico de la misma y dejando para los tratamientos químicos todo aquello que con el tratamiento físico (filtración) no podemos resolver. Este principio se resume en el siguiente esquema:



De esta manera estaremos ahorrando en el uso de productos químicos, pero, sobre todo, estaremos minimizando la adición de productos químicos que pueden reaccionar entre sí y llevarnos a una situación no deseable. Para más detalles, ver el capítulo **Principios del tratamiento de agua en piscinas** y también el **Anexo 3. Tratamiento Químico del agua**.

Eficiencia energética

Las bombas y la eficiencia energética

Es importante tener en cuenta que las fuentes de ahorro potencial más importantes en una instalación hidráulica (y en particular en una piscina) se encuentra en los siguientes aspectos (ordenados de mayor a menor potencial de ahorro):

1. En el adecuado dimensionamiento de las tuberías (para ello, ver el **Anexo 5. Principios de Diseño Hidráulico**) para maximizar el rendimiento hidráulico del sistema.
2. En la configuración de la red de tuberías
3. En que el sistema esté funcionando de acuerdo con la demanda real
4. En la correcta selección de la bomba, considerando la curva presión / caudal de la misma y adecuándola a las necesidades de la instalación
5. En la optimización de la eficiencia de la bomba como conjunto (kW en el punto de trabajo diseñado)
6. En el uso de elementos de variación de velocidad de la bomba, adecuando el consumo energético a las necesidades puntuales (y variables) de la instalación
7. En la optimización de las eficiencias de los motores (IE2, IE3, etc...)

La energía más rentable es aquella que no se consume, por ello es importante el adecuado dimensionamiento de TODO el sistema, para no tener potencia disponible no utilizada.

Según la Directiva Europea **EU 2005/32/EC/ Ecodesign**, se establece un marco para los requisitos de ecodiseño en productos que utilicen energía eléctrica con el objetivo de asegurar su libre movimiento en el mercado europeo. En este sentido, se establece una

normativa europea (**IEC 60034-30**) que especifica los niveles de eficiencia energética para motores de inducción eléctricos trifásico, de velocidad única, de jaula de ardilla con 2, 4 o 6 polos. Clasifica tres niveles:

- IE1 (estándar)
- IE2 (high)
- IE3 (premium)
- IE4 (súper premium)

Para cada nivel la eficiencia se define para un rango de salida nominal desde 0,75 a 375 kW. En la Unión Europea el nivel IE2 fue obligatorio para todos los nuevos motores desde el 16 de junio de 2011. La clase IE3 fue obligatoria desde el 1 de enero de 2015 (desde 7,5 a 375 kW) y desde el 1 de enero de 2017 (desde 0,75 a 375 kW).

La regulación del caudal

Es muy importante calcular adecuadamente el punto de funcionamiento de la bomba para no tener la instalación ni **sobre-** ni **infra-** dimensionada. Como a veces esto es muy complicado, es muy importante poder variar dicho punto de funcionamiento en el momento de la puesta en marcha.

Para ello, habitualmente se dispone de una válvula en la impulsión para poder variar dicho caudal. No obstante, este sistema es muy ineficiente porque incrementa el consumo de la bomba, ya que se interviene a costa de aumentar la pérdida de carga de la instalación a través de un estrangulamiento de dicha válvula. Alternativamente, en la actualidad se utilizan variadores de frecuencia en la alimentación de la bomba que permiten intervenir sobre el punto de funcionamiento y hacer que la bomba se comporte de una manera más eficiente. Efectivamente, en este caso la curva de la instalación no varía, solamente se cambia la curva característica de la bomba y el punto de funcionamiento se hace desplazar a lo largo de la curva del sistema, optimizando así el consumo de la bomba.

Instalaciones de climatización

La instalación de climatización deber ser racional y responder a la preocupación de ahorro de energía en dos sentidos:

- Economía en el ámbito de inversión inicial.
- Economía en el ámbito de explotación.

Hay que señalar que **la normativa** actualmente en vigor no autoriza el consumo de energías convencionales para el calentamiento del agua de piscinas no cubiertas (**RITE, ITE 10.2 Acondicionamiento de piscinas**). La energía solar y la bomba de calor han sido consideradas como fuentes no convencionales por la Dirección General de la Energía desde la publicación del Reglamento en 1980.

En el apartado **LA CALIDAD DEL AIRE EN PISCINAS** trataremos más a fondo los requisitos para las instalaciones de climatización en piscinas cubiertas y se incidirá también en el necesario ahorro energético y la optimización de las instalaciones.

MARCO REGLAMENTARIO

Generalidades

La situación legal y normativa de las piscinas en España viene regulada por los siguientes bloques de documentos:

- Legislación generalista aplicable (ámbito nacional).
- Legislación nacional y autonómica específicas y ordenanzas municipales.
- Normativas técnicas de ámbito europeo (no obligatorias, aunque de uso altamente aconsejable).

A continuación, se desarrollan un poco más estos tres bloques de documentos aplicables al sector piscina. No obstante, todos los documentos reglamentarios y normativos se encuentran listados, junto con otros documentos complementarios de ayuda, en el capítulo **Bibliografía y Referencias**.

Legislación generalista

Aunque esta legislación es de carácter obligatorio por tratarse de leyes de ámbito nacional, hay aspectos específicos de las piscinas de uso público que no están adecuadamente resueltos y en numerosas ocasiones entran en conflicto con normativas técnicas específicas. La principal legislación general, aplicable también al ámbito específico de las piscinas, es la siguiente:

- 📖 Código Técnico de la Edificación (CTE).
- 📖 Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- 📖 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Legislación específica

En general, en cada comunidad autónoma existe un decreto que regula las piscinas de uso público y, en algunos casos, también los parques acuáticos. Ello es debido a la transferencia a las comunidades autónomas de las competencias en materia de Sanidad.

Incluso algunos ayuntamientos han publicado también sus propias ordenanzas municipales al respecto. Así, se tiene:

- 📖 Legislación nacional RD 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas.
- 📖 Legislación autonómica de piscinas y parques acuáticos. En el caso de Madrid, por ejemplo, es el Decreto 80/1998, de 14 de mayo, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias en piscinas de uso colectivo, y el Decreto 128/1989, de 20 de diciembre, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de los parques acuáticos.
- 📖 Ordenanzas municipales. En el caso del Ayuntamiento de Madrid, por ejemplo, está la Ordenanza Reguladora de las Condiciones higiénico-sanitarias, técnicas y de seguridad de las piscinas (aprobada por Acuerdo Plenario de 28 de enero de 1999, y modificaciones posteriores).
- 📖 Legislación nacional aplicable específicamente a piscinas de hidroterapia: Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

El primer documento, el RD 742/2013, surgió como respuesta al intento de armonizar toda la legislación autonómica existente. Sin embargo, la situación actual es que las comunidades ahora exigen aquellos criterios que sean los más restrictivos de las dos (el RD 742/2013 y la correspondiente legislación autonómica aplicable), lo cual a veces genera bastantes conflictos entre los profesionales del sector, sus clientes y los organismos que tienen que otorgar las aprobaciones pertinentes.

Normativas técnicas de ámbito europeo

Las normas técnicas son documentos que actualmente no son de obligado cumplimiento (para que lo fueran, deberían estar referenciados en una ley). Han sido desarrollados por un grupo de expertos de toda Europa dentro del Comité Europeo de Normalización (CEN) donde España está representada por expertos de ASOFAP, que es el único interlocutor español en el ámbito de piscinas en Europa y con AENOR/UNE. Por ello, aunque no sean de obligado cumplimiento, es altamente recomendable que se cumplan, puesto que son normas de seguridad y complementan en muchos aspectos a la legislación existente, siendo normalmente mucho más detalladas y específicas. Además, en muchos casos (sobre todo en hoteles y campings) son los propios tour-operadores los que exigen el cumplimiento de las normativas técnicas europeas. Por tanto, desde ASOFAP se recomienda que se **conozcan**, se **utilicen** y se **divulguen**.

Pensando desde el punto de un turista que se desplaza por toda Europa, ¿no tendría sentido que en toda la Unión Europea se trabajase con los mismos requisitos para las piscinas públicas, salvando las diferencias concretas relacionadas con la temperatura, la climatología, etc.? En el apartado **Bibliografía y Referencias** se muestran los listados

completos de las normativas existentes actualmente para el ámbito de piscina de uso público. Todas ellas se pueden consultar y descargar desde el área privada de la web de ASOFAP.

Por otro lado, es conveniente tener presente que el **Real Decreto 1801/2003 de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos**, deja muy claro en su artículo 3 lo siguiente:

Artículo 3. Evaluación de la seguridad de un producto.

1. *Se considerará que un producto que vaya a comercializarse en España es seguro cuando cumpla las disposiciones normativas de obligado cumplimiento en España que fijen los requisitos de salud y seguridad.*
2. *En los aspectos de dichas disposiciones normativas regulados por normas técnicas nacionales que sean trasposición de una norma europea armonizada, se presumirá que también un producto es seguro cuando se confirme a tales normas.*
3. ***Cuando no exista disposición normativa de obligado cumplimiento aplicable o ésta no cubra todos los riesgos o categorías de riesgos del producto, para evaluar su seguridad, garantizando siempre el nivel de seguridad que los consumidores pueden esperar razonablemente, se tendrán en cuenta los siguientes elementos:***
 - a. ***Normas técnicas nacionales que sean trasposición de normas europeas no armonizadas***
 - b. ***Normas UNE***
 - c. *Las recomendaciones de la Comisión Europea que establezcan directrices sobre la evaluación de la seguridad de los productos*
 - d. ***Los códigos de buenas prácticas en materia de seguridad de los productos que estén en vigor en el sector, especialmente cuando en su elaboración y aprobación hayan participado los consumidores y la Administración pública***
 - e. *El estado actual de los conocimientos y de la técnica*

Por todo lo anterior, creemos que no cabe ninguna duda que **TODAS las normas técnicas**, aunque no estén armonizadas (como ocurre con todas las del sector de la piscina, toboganes y juegos acuáticos) deben tenerse en cuenta, **junto con la legislación vigente y obligatoria**, a la hora de **diseñar, proyectar, construir, fabricar y explotar** una instalación de piscina de uso público y parque acuático.

Las piscinas: legislación y normas técnicas

Aspectos generales

Básicamente el Real Decreto 742/2013 y la legislación autonómica correspondiente definen los criterios de calidad para el agua y el aire en el entorno de una piscina, todo ello con la finalidad de que la instalación sea segura para el usuario desde el punto de vista sanitario. Pero ninguna de ellas define los requisitos que deben cumplir el diseño y la construcción de una piscina para que sea segura. Estos parámetros son fundamentales, puesto que son el origen de los principales accidentes en las piscinas: resbalones, ahogamientos, caídas, etc. Algunos de ellos son incluso mortales. Lo mismo puede decirse acerca de la gestión segura de la instalación por parte de los gestores. Por tanto, puede afirmarse que deberían contemplarse distintos aspectos para desarrollar un proyecto de piscina desde un punto de vista integral y de seguridad:

- ⇒ La seguridad mediante la calidad del agua: definida con la legislación existente (nacional y autonómica).
- ⇒ La seguridad mediante el diseño y la construcción: básicamente criterios constructivos definidos en la legislación y, sobre todo, en las normas técnicas.
- ⇒ La seguridad mediante una gestión adecuada de la instalación: algunos aspectos mínimamente definidos en la legislación, pero sobre todo especificado en las normas técnicas.

La seguridad a través de la calidad del agua

No existe una norma técnica de ámbito europeo que regule la calidad del agua de forma armonizada. La Tabla siguiente muestra, a modo de resumen (no exhaustivo), lo que se contempla en la legislación y en las normas técnicas.

Aspectos	Legislación nacional RD 742/2013	Legislación autonómica	Normas técnicas (UNE-EN)
Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento del agua • Productos químicos a utilizar • Laboratorios y métodos de análisis • Criterios de calidad de agua y aire • Control / Autocontrol • Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • El agua del vaso • Condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas 	No existen

La seguridad mediante el diseño y la construcción

Aquí es donde se ponen de manifiesto las principales discrepancias e incoherencias entre la legislación nacional, la autonómica y las normativas técnicas aplicables (estas últimas de obligado cumplimiento en algunos países europeos).

Los aspectos que se tratan más a fondo en las normas técnicas de piscinas, y que no están bien resueltos si se aplica el CTE o los decretos autonómicos (u ordenanzas municipales) son principalmente:

- Índice de antideslizamiento. Perfectamente descrito en la **UNE-EN 13451-1** (para pie descalzo, no como en el CTE que se refiere a pie calzado y, por tanto, no aplicable al área de actividad piscina).
- Riesgo de atrapamiento. Se definen las dimensiones de las aberturas aceptables desde el punto de vista de la seguridad en entornos acuáticos (**UNE-EN 13451-1**).
- Requisitos para pasamanos, barreras y barreras de seguridad (**UNE-EN 13451-1**).
- Requisitos para escalas, escaleras y barandillas (**UNE-EN 13451-2**).
- Requisitos para boquillas, drenajes, sumideros (**UNE-EN 13451-3**).
- Requisitos para toboganes acuáticos (**UNE-EN 1069-1 y 2**).

En cuanto al vaso y la piscina en sí, se tratan más aspectos de la seguridad desde el punto de vista del diseño y la construcción en la **UNE-EN 15288-1:2019**. Los más relevantes son:

- Zonas generales para los bañistas:
 - Zonas de circulación, suelos
 - Escalones y rampas
 - Vías de emergencia
 - Paredes, pilares y estructuras salientes
 - Alumbrado, iluminación y prevención de deslumbramiento
 - Diseño acústico de la edificación de las piscinas cubiertas
 - Calefacción y ventilación en el recinto de piscinas cubiertas
 - Superficies calentadas
- Zonas específicas:
 - Alrededores de las piscinas (playas o andenes)
 - Borde del vaso de la piscina
 - El vaso de la piscina: suelo, paredes y alumbrado.
 - Otros (ver última columna de la Tabla siguiente).

La tabla siguiente resume todo lo detallado anteriormente:

Aspectos	Legislación nacional RD 742/2013	Legislación autonómica	Normas técnicas (UNE-EN)
Construcción de la piscina	Especifica que se cumpla con: <ul style="list-style-type: none"> • CTE • RITE • Cualquier otra legislación o norma de aplicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones constructivas de los vasos • Desagües, escaleras, andén, duchas, pediluvios, trampolines y toboganes, barreras arquitectónicas 	EN 15288-1: Requisitos de seguridad para el diseño: <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos de diseño, trazado y materiales • Zonas generales • Zonas específicas • Piscinas de olas • Cubiertas de piscinas • Salas de primeros auxilios • Puntos de control • Locales técnicos y químicos Familia de normas EN 13451

La seguridad a través de la gestión de la instalación

Por último, la legislación dice muy poco respecto a la gestión eficiente de una piscina desde el punto de vista de la seguridad. La normativa más importante en este apartado es la UNE-EN 15228-2 (ver Tabla siguiente).

Aspectos	Legislación nacional RD 742/2013	Legislación autonómica	Normas técnicas (UNE-EN)
Gestión de la piscina	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidades del gestor de la instalación • Requisitos del personal de mantenimiento • Incumplimientos e incidencias • Información al público • Remisión de información • Régimen sancionador 	<ul style="list-style-type: none"> • Vestuarios y aseos • Instalaciones complementarias • Asistencia sanitaria • Socorristas • Usuarios. Normas de régimen interno / aforo • Infracciones 	EN 15288-2: Requisitos de seguridad para el funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos de organización: procedimientos de funcionamiento y de seguridad • Requisitos de funcionamiento: aspectos laborales, gestión del personal y procedimientos de emergencia • Instrucciones para los usuarios

En el caso de los parques acuáticos o las instalaciones de ocio acuático en piscinas de uso público (campings, hoteles y otras), es imprescindible conocer los requisitos de gestión contemplados en la **UNE-EN 1069-2**.

Conclusiones

Se recomienda, pues, a diseñadores, constructores y gestores de piscinas de uso público que traten de adoptar siempre las siguientes herramientas a la hora de acometer un proyecto de construcción nuevo o de ampliación, rehabilitación y reforma de piscinas existentes:

1. Legislación nacional aplicable, de obligado cumplimiento.
2. Legislación autonómica aplicable, de obligado cumplimiento. En caso de discrepancia con la nacional, aplicar siempre la más restrictiva.
3. Normativas técnicas vigentes en Europa (UNE-EN) específicas del mundo de las piscinas en todos aquellos aspectos no contemplados en la legislación española y también en aquellos aspectos que sean más restrictivos que la correspondiente legislación existente (en caso de solape de requisitos).
4. Sentido común, grandes dosis de sentido común.

Precisamente todo lo explicado y concluido en este apartado es uno de los motivos principales que han motivado la redacción de la presente Guía Técnica. Por tanto, en las siguientes páginas, se trata en detalle todo lo resumido anteriormente.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Generalidades

Una piscina, como cualquier otro inmueble, y por consideraciones técnicas, funcionales y legales, debe contar con un proyecto previo a su ejecución, redactado por técnico titulado competente en la materia y convenientemente aprobado por los organismos encargados de su tramitación.

Para la obtención de la correspondiente licencia de obra, se tendrán en cuenta las ordenanzas de edificación y planeamiento municipal vigente, así como la ley del suelo y reglamentos. Se prestará especial atención a: distancia de la piscina al vial, distancia del linde vecinal, elevación con respecto a la rasante del terreno natural u otros aspectos que pueden considerarse desde el órgano municipal a la hora de conceder la licencia de obra (espacio edificable, criterios estéticos, etc.).

En cuanto a las prescripciones técnicas, se ajustará a todo lo establecido en la legislación y normas técnicas vigentes, de las cuales ya hemos hablado en el capítulo anterior.

El proyecto de la piscina

El proyecto de una piscina debe contener, al menos, los siguientes documentos:

- **MEMORIA.** Contendrá todas las consideraciones que el proyectista estime conveniente sobre la solución adoptada, descripción de elementos e instalaciones y cualquier otra que se considere oportuna.
- **ANEXOS.** Existirá, al menos, un Anexo a la memoria donde se especifiquen las características del proyecto, cálculos estáticos y resistentes, cálculos y dimensionamiento de los equipos de tratamiento de agua, de la instalación eléctrica, de la instalación de calefacción, climatización y agua caliente, así como la documentación relativa al cumplimiento del planeamiento urbanístico vigente.
- **PLANOS.** Contendrá los planos necesarios para la descripción y dimensionamiento de todos los elementos e instalaciones descritos para su construcción, incluyendo equipamientos de ocio, toboganes, juegos, etc.

- **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.** Figurará todo lo concerniente a consideraciones generales, normas de aplicación, lista y calidad de materiales, forma de ejecución de las obras, descripción del montaje y puesta en marcha de las instalaciones y, asimismo, un capítulo acerca de las debidas recomendaciones para el buen uso, mantenimiento, funcionamiento y seguridad de la piscina.
- **PRESUPUESTO.** Contendrá mediciones, cuadro de precios unitarios y descompuestos, presupuestos parciales y, por último, el presupuesto general.

Todos los documentos que constituyen el proyecto deberán bastar para la ejecución y puesta en marcha de la piscina, incluso aunque la dirección de obra la realice un técnico diferente al redactor del proyecto.

Legislación y normativas aplicables

Ya hemos tratado anteriormente, de manera resumida, cuál es la legislación y las normas técnicas aplicables a las piscinas de uso público, incluidos los parques acuáticos. En este capítulo vamos a tratar con mayor profundidad todos aquellos aspectos a tener en cuenta cuando se diseña una piscina **nueva** o bien cuando se proyecta una **rehabilitación** o **mejora** de una piscina existente. Se hará referencia, en todo lo que sigue, a la documentación relacionada en el capítulo de **Bibliografía y Referencias**, al final de la presente guía.

Emplazamiento

Cuando se quiere construir una piscina se debe tener en cuenta su ubicación, que se encontrará condicionada por una serie de factores que determinarán cuál será la más adecuada. Uno de los factores que suelen preocupar más es su integración en el medio y evitar, si es posible, que en los alrededores se produzcan hojas o polvo que la pueda ensuciar. Un entorno de hierba, plantas y árboles confiere belleza a la piscina, pero al tiempo, contribuye a llevar materia orgánica, y caldo de cultivo para algas.

Actualmente la tendencia es que una piscina tenga una finalidad recreativa más que deportiva; por este motivo, deberá considerarse la disponibilidad de una amplia franja circundante que pueda ser utilizada como zona de recreo.

Asimismo, la insolación del paraje elegido es un aspecto muy importante a tener en cuenta. Así una piscina a pleno sol es siempre más agradable y ejerce una mayor atracción que cuando se encuentra como velada por la sombra.

Debe buscarse una orientación adecuada, generalmente mirando al sur o a oeste. Será conveniente controlar los efectos del viento, recurriendo para ello a la protección de

alguna edificación, y si no es posible por la distancia, tal función puede ser asumida por cualquier obstáculo natural o artificial, como un vallado de arbustos o similar.

Dimensiones y profundidades

En las piscinas de uso público no existen normas sobre el tamaño, salvo el caso de las deportivas, en cuyo caso deben seguirse las establecidas por los organismos de competición nacionales e internacionales de natación y de saltos (Federación, Consejo Superior de Deportes, Comité Olímpico Internacional, FINA).

Las dimensiones dependerán del aforo, del número máximo de usuarios potenciales de la misma, aunque nunca puedan coincidir todos ellos simultáneamente en el baño.

En la reglamentación vigente se regula el aforo de las piscinas. Más concretamente, en el **CTE**, dentro del capítulo **DB-SI** (Documento Básico – Seguridad en caso de Incendio), en la sección **SI-3** (Evacuación de ocupantes), párrafo 2 (cálculo de la ocupación), tenemos diferentes criterios de cálculo para distintos tipos de edificios. En concreto, para el caso de piscinas se define:

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Pública conurrencia	Piscinas públicas	
	- zonas de baño (superficie de los vasos de las piscinas)	2
	- zonas de estancia de público en piscinas descubiertas	4
	- vestuarios	3

No obstante, algunas reglamentaciones autonómicas también establecen criterios de cálculo, incluso para los parques acuáticos, en función de la superficie total accesible a los usuarios: solárium, piscinas, caminos, etc.

En cualquier caso, deberá exponerse siempre en lugar visible el aforo máximo de usuarios en la instalación.

Por otra parte, los usos de la instalación (deportivos, recreo) condicionan las dimensiones y volumen del vaso. Para usos deportivos, por ejemplo, se necesitarán piscinas de 25 o 50 m de longitud.

En cuanto a las profundidades, hay que indicar que para la práctica de la natación no es necesaria una excesiva profundidad. En las reglamentaciones y normas técnicas aplicables podemos encontrar referencias a las profundidades más adecuadas. Estos son algunos ejemplos:

- **UNE-EN 15288** – profundidades para nadadores (>1,35m) y no nadadores (≤ 1,35 m)

- **UNE-EN 1069** – profundidades en piscinas de recepción de toboganes en función de diversos parámetros
- **UNE-EN 13451-10** – profundidades para piscinas de saltos
- **FINA Facilities Rules** – para piscinas de competición organizadas por FINA (*Fédération Internationale de Natation*)

Acciones a considerar en el cálculo del vaso

A nivel estructural, hay que considerar las siguientes cargas a la hora de hacer el cálculo del vaso:

- Con el vaso vacío:
 - Empuje lateral del terreno circundante o rellenos, así como del agua freática, caso de existir
 - Peso propio, cargas permeables, variables y transmitidas por otros elementos o instalaciones
 - Depresión, caso de ser previsible
 - Efecto sísmico, donde corresponda
- Con el vaso lleno:
 - Empuje del agua, aliviado por el pasivo del terreno (caso de existir). De ser considerado este empuje pasivo, el proyectista tendrá muy en cuenta que, para que llegue a desarrollarse efectivamente, es fundamental una ejecución adecuada.
 - Peso propio, cargas permanentes, variables y transmitidas
 - Efecto sísmico

Terminación o acabado interior

El fondo y paredes del vaso se revestirán de materiales impermeables y resistentes a agentes químicos, de fácil limpieza y desinfección. Se evitarán materiales antihigiénicos o potencialmente peligrosos y se emplearán colores claros.

En las paredes se utilizarán materiales lisos y en los suelos (fondos) se emplearán materiales antideslizantes, tal y como se explica en la norma **UNE-EN 15288-1**, en función de la profundidad.

No queda clara en las referencias normativas qué se entiende por “color claro”. En el CTE se indica que “el revestimiento interior del vaso será de color claro con el fin de permitir la visión del fondo del vaso”. Recomendamos que, independientemente de la profundidad, siempre debe verse un objeto determinado (por ejemplo, una moneda).

La construcción del vaso de piscina

Aspectos generales

Hay multitud de sistemas constructivos para ejecutar el vaso de una piscina. En el **ANEXO 1. Sistemas constructivos de vasos de piscina** se puede encontrar una explicación de los más relevantes y sus características.

Características del vaso de la piscina

Existen unos requisitos comunes independientemente de los materiales a emplear y del sistema constructivo que se utilice. Éstos se resumen muy bien en la norma **UNE- EN 15288-1** y que resumimos también a continuación por su relevancia, ampliados con otros requisitos que añadimos desde ASOFAP para aportar mayor claridad:

1. Todos los materiales y los acabados utilizados deben ser adecuados para el uso previsto y para el entorno y condiciones respectivos, y deben poder resistir estados de alta humedad con posible saturación y/o corrosión, sin favorecer el desarrollo de bacterias
2. Los materiales y los acabados se deben poder limpiar con facilidad, usando productos químicos cuando proceda, con un nivel de higiene adecuado al lugar.
3. El diseño y los materiales de la estructura que forma el vaso deben ser conformes a las prácticas de construcción comúnmente aceptadas (CTE, Eurocódigos, etc.)
4. Cualquier combinación de materiales distintos en contacto directo debe ser compatible y no debe tener ningún efecto negativo sobre las propiedades o la integridad estructural de dichos materiales
5. Si el material entra en contacto con el agua de la piscina, dicho material no debe afectar a la calidad del agua
6. Los materiales de construcción se deben seleccionar teniendo en cuenta los factores externos que puedan influir en su integridad estructural, incluyendo, aunque sin limitarse a éstos: la temperatura, los rayos UVA, los productos químicos (en condiciones de uso normales), etc.
7. Las piscinas, así como todos sus sistemas de tuberías y canalizaciones, se deben construir de modo que sean estancas al agua, porque las fugas y otras pérdidas de agua pueden afectar a las instalaciones colindantes.

La vida útil de las piscinas de uso público supera los 25 años, por lo que debe tenerse esto en cuenta a la hora de acometer un diseño de una piscina nueva: selección de materiales, equipamiento, mantenimiento, etc.

El vaso de la piscina según el CTE

Por otro lado, el CTE se limita a definir de una manera muy limitada algunos requisitos del vaso de la piscina. Dado que el CTE es una ley y, por tanto, de obligado cumplimiento en todo el territorio español, vale la pena citarlos a continuación para que más adelante podamos ver la diferencia con lo que marcan las normativas técnicas de ámbito europeo.

Profundidad

La profundidad del vaso en piscinas infantiles será 50 cm, como máximo. En el resto de las piscinas la profundidad será de 3 m, como máximo, y contarán con zonas cuya profundidad será menor que 1,40 m.

Se señalarán los puntos en donde se supere la profundidad de 1,40 m, e igualmente se señalará el valor de la máxima y la mínima profundidad en sus puntos correspondientes mediante rótulos al menos en las paredes del vaso y en el andén, con el fin de facilitar su visibilidad, tanto desde dentro como desde fuera del vaso.

Pendiente

Los cambios de profundidad se resolverán mediante pendientes que serán, como máximo, las siguientes:

- a) En piscinas infantiles el 6%;
- b) En piscinas de recreo o polivalentes, el 10 % hasta una profundidad de 1,40 m y el 35% en el resto de las zonas.

Huecos

Los huecos practicados en el vaso estarán protegidos mediante rejas u otro dispositivo de seguridad que impidan el atrapamiento de los usuarios.

Materiales

En zonas cuya profundidad no exceda de 1,50 m, el material del fondo será de Clase 3 en función de su resbaladicidad, determinada de acuerdo con lo especificado en el apartado 1 de la Sección SUA 1.

El revestimiento interior del vaso será de color claro con el fin de permitir la visión del fondo.

El vaso de piscina según las normas técnicas

El vaso de piscina debe reunir una serie de requisitos según la norma técnica europea **UNE-EN 15288-1**. Debido a su mayor amplitud y profundidad en los temas tratados, en comparación con algunas legislaciones de nuestro país, vamos a tratar los contenidos de esta norma de manera ordenada en los apartados siguientes.

Zonas generales para los bañistas

Zona de circulación, suelos

Se describen todos los requerimientos en el apartado **5.7.2** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Escalones y rampas

Se describen todos los requerimientos en el apartado **5.7.3** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Vías de emergencia

Se describen todos los requerimientos en el apartado **5.7.4** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Paredes, pilares y estructuras salientes

Se especifican en el apartado **5.7.5** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** los requisitos para los salientes en las paredes, las zonas acristaladas y la exigencia de que en una altura de hasta 2 m sobre el suelo no debe haber ninguna protuberancia que pueda hacer daño al usuario y su acabado debe ser no abrasivo.

Alumbrado, iluminación y prevención del deslumbramiento

Se describen todos los requerimientos en el apartado 5.7.6 de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**, incluyendo valores mínimos de alumbrado para las distintas zonas (según su uso).

Diseño acústico de la edificación en piscinas cubiertas

Los requisitos para un cálculo acústico adecuado se describen en el apartado 5.7.7 de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Calefacción y ventilación para el recinto de la piscina

También para el caso de piscinas cubiertas, los requisitos de calefacción y ventilación se detallan en el apartado 5.7.8 de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Si hay superficies calentadas, los requisitos se detallan en el apartado 5.7.9 de la misma norma.

Zonas específicas

Alrededores de la piscina (playas o andenes)

El apartado 5.8.1 de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** es muy importante para diseñar las anchuras y dimensiones mínimas de los alrededores de los vasos, en función del tipo de vasos que tenemos en nuestra instalación y su ubicación relativa entre ellos. Un esquema y una tabla nos ayudan a identificar el tipo de piscinas y los requisitos de seguridad marcados por la norma.

Borde del vaso de la piscina

Todo el apartado **5.8.2** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** nos especifica los requisitos para los distintos tipos de bordes de los vasos de piscina:

- Piscinas desbordantes, en el apartado **5.8.2.1**
- Piscinas con borde libre elevado sobre el nivel del agua, en el apartado **5.8.2.2**

Vaso de la piscina

Es en el apartado **5.8.3** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** donde podemos ver todos los requisitos para los vasos de piscina, tanto para el suelo del vaso como para las paredes, así como los aspectos a tener en cuenta en el caso de existir alumbrado dentro del propio vaso. Hay varios aspectos muy relevantes a destacar:

1. A diferencia del CTE, aquí se considera que las zonas con **profundidad $\leq 1,35$ m** son zonas para **no nadadores**.
2. La pendiente del vaso debe ser inferior $\leq 10\%$, pero se recomienda en la propia norma que sea $\leq 6\%$ ($\leq 5\%$ en zonas de profundidad $< 0,8$ m)
3. También a diferencia de lo que marca el CTE (documento SUA 1, Seguridad frente al riesgo de caídas), la norma técnica **UNE-EN 15288-1** basa la medición de la resbaladricidad de los suelos en los entornos de piscina según lo previsto en la norma **UNE-EN 13451-1**, es decir, en el llamado "**ensayo de la rampa**", que mide el grado de antideslizamiento con pie desnudo, no con pie calzado (ensayo del péndulo) como indica el CTE. Por tanto, recomendamos la utilización de estas normas específicas de piscinas (más exigentes) a la hora de seleccionar un pavimento o un acabado del vaso.

En cualquier caso, recomendamos seguir todos los requisitos descritos en el mencionado apartado **5.8.3** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** y, en caso de solape con lo indicado en la legislación española (nacional, autonómica o municipal), tomar siempre la opción más restrictiva.

Piscina de olas

En el caso particular de una piscina de olas (muy habitual en los parques acuáticos), el apartado **5.9** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** especifica requisitos de seguridad muy concretos para este tipo de vasos.

Cubiertas de piscina

No existe por el momento una norma técnica europea para las cubiertas de piscinas. No obstante, en el apartado **5.10** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** se dan algunas indicaciones mínimas que se deben tener en cuenta. En la actualidad, muchos fabricantes de cubiertas toman como referencia la norma francesa **NF P90-308**.

Salas de primeros auxilios

Aunque suele considerarse una construcción auxiliar, es importante tener en cuenta la necesidad de ubicar una sala de primeros auxilios, todo ello en función de la instalación. Para ello, el apartado **5.11** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019** indica claramente la necesidad de su existencia, en función de los resultados de una evaluación preliminar de riesgos llevada a cabo ya en fase de diseño.

En cuanto a su contenido, todos los decretos autonómicos listan el material mínimo necesario con que deben equiparse estas Salas de Primeros Auxilios.

Puntos de control

También es importante tener en cuenta la necesidad de ubicar puntos de supervisión para permitir, al menos, el control de las atracciones acuáticas (caso de que existan). Los requisitos a tener en cuenta se especifican en el apartado **5.12** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**.

Salas / Zonas de almacenaje para los productos químicos de tratamiento del agua

Criterios generales

Son tradicionalmente las zonas más olvidadas y no se les da la suficiente importancia. En este sentido, la norma **UNE-EN 15288-1:2019** recopila una serie de requisitos a tener en cuenta cuando se diseñan estas zonas de almacenamiento. Aunque hay que revisar la norma completa cuando nos enfrentamos a un proyecto nuevo o de rehabilitación, merece la pena destacar aquí algunos puntos relevantes:

- Deben considerarse independientes de las salas de máquinas o salas técnicas. El almacén será inaccesible para personas no autorizadas

- Deben tenerse en cuenta las características de los productos químicos a almacenar y su transporte
- Es importante la incorporación de cubetos de contención que puedan albergar un 110% del volumen del producto químico líquido almacenado
- Se debe prestar especial atención a las necesidades de seguridad de cada producto según la ficha técnica del mismo

Todos los productos químicos deberán cumplir la normativa vigente en materia de etiquetaje y envasado. El almacenamiento incorrecto de estos productos puede provocar emanaciones corrosivas para el material eléctrico y metálico.

Adicionalmente, lo que nos marca exactamente los **requisitos legales** para el almacenamiento de productos químicos es el **Reglamento APQ (Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10)**. Es de obligado cumplimiento, por lo que debemos asegurarnos de su cumplimiento para todos aquellos productos químicos que se almacenen en cada instalación.

Productos desinfectantes

Para evitar los riesgos que comporta la proximidad de personas alrededor de los productos químicos, éstos se conservarán cerrados dentro de su embalaje y en lugar fresco, seco y bien ventilado, con una cubeta de retención de líquidos. Su manipulación se hará siempre con un equipo de protección, guantes, gafas, etc., y si se trata de cloro-gas, con una máscara y filtros adecuados.

Estos productos son irritantes para el aparato respiratorio y delatan su presencia cuando su concentración todavía no es tóxica, a pesar de que pueden provocar náuseas y tos.

Ácidos y alcalinos

En forma líquida (ácido clorhídrico) o en forma sólida (bisulfato sódico, carbonato sódico), estos productos pueden atacar la piel y los ojos y provocar (en algunos casos) quemaduras graves, por simple contacto o proyección. Por lo tanto, es imprescindible consultar sus fichas técnicas y utilizar los EPI's (equipos de protección individual) correspondientes que recomiende el fabricante: gafas, guantes etc.

Al diluir estos productos en los contenedores para la mezcla, se ha de evitar tirar el agua sobre el ácido. Debe tirarse el ácido con precaución encima de mucha agua.

La sala técnica

Las salas técnicas son el corazón de una piscina. Sin embargo, lamentablemente, se las considera un “mal necesario” cuando se está planificando la construcción de una piscina o parque acuático. Desde aquí queremos reivindicar la importancia que tienen estas salas puesto que un deficiente diseño de estas puede tener una repercusión muy negativa en la explotación de la instalación en general.

Es casi imposible describir aquí todo lo que se debe tener en cuenta a la hora de diseñar y construir una sala técnica. No obstante, tal y como indica el apartado **5.14** de la norma **UNE-EN 15288-1:2019**, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos como mínimo:

- El espacio necesario para los equipos a instalar
- Las instalaciones auxiliares necesarias para su correcto funcionamiento
- Las posibles reparaciones y mantenimiento de los equipos
- La posible sustitución de los equipos

Estos cuatro puntos parecen una cosa muy básica, sin embargo, queremos resaltarlos aquí porque es sorprendente cómo se olvidan algunos de ellos a la hora de diseñar una adecuada sala técnica. Aspectos como ventilación, iluminación, protección contra incendios, ubicación clara de cada equipo o marcado de las tuberías con los sentidos de los flujos, son aspectos adicionales a tener en cuenta.

En el mencionado apartado de la norma se habla más específicamente de los requisitos a tener en cuenta para:

- La sala de filtración y equipos afines
- La sala de desinfección, control de pH y equipos afines
- Los equipos de floculación

Los depósitos de compensación

En las piscinas con rebosaderos se precisa un acumulador de agua, conocido por **depósito regulador o vaso de compensación**, que recoja y almacene el agua procedente de dichos rebosaderos. Su inclusión en el circuito general de circulación y tratamiento viene obligada por el carácter desbordante de la piscina, como órgano colector de aguas y para compensar el exceso de caudal de agua que se produce con la entrada de bañistas en la piscina.

Algunas de las reglamentaciones de las Comunidades Autónomas exigen una determinada aportación diaria de agua nueva a la piscina. Aprovechando esta obligatoriedad es recomendable instalar en el depósito de compensación la aportación de agua nueva, mediante una tubería dotada de una válvula de flotador o electroválvula

(comandada por sondas de nivel) para que el agua alimente el depósito de una forma automática.

Este depósito de compensación sirve también para alimentar los tubos de aspiración de las bombas. Su capacidad debe prever el volumen para lavado de los filtros y el desplazado por los bañistas. Cuando sea necesario, también debe prever el agua necesaria para el funcionamiento de las atracciones acuáticas (toboganes u otros juegos acuáticos).

A título orientativo, su capacidad puede ser, aproximadamente del 10% de la superficie de lámina de agua expresado en m³. Para más detalle, ver **Anexo 5. Principios de Diseño Hidráulico**

El vaso de compensación, las canaletas desbordantes y el sistema de conducción tienen que formar un circuito cerrado y armonizado.

Las características constructivas del vaso de compensación serán las siguientes:

- Recubrimiento no poroso.
- Material resistente a ácidos y alcalinos, para garantizar su limpieza.
- Pendientes y desagües que garanticen el vaciado total.
- Aspiración de bomba a filtros a una altura ≥ 20 cm del fondo.
- De fácil acceso.
- Con ventilación.

Se recomienda disponer en el depósito de compensación de un acceso (al menos mediante una “boca de hombre”) para que pueda acceder una persona para su limpieza y mantenimiento. Es recomendable ubicarlo en la parte superior, evitando así crear estos accesos en el interior de la sala técnica, para minimizar posibles accidentes por inundaciones.

La puesta en marcha

Es fundamental, para la puesta en marcha de una piscina de uso público, garantizar que el sistema de filtración y tratamiento del agua funciona adecuadamente y que el agua se recircula por completo y se trata de manera homogénea en cualquier punto del vaso, evitando “zonas oscuras” o con agua no recirculada.

Para ello, la propia norma **UNE-EN 15288-1:2019** establece en su apartado **6** que “*en el momento de la puesta en servicio, se debe efectuar un análisis de pigmentación del sistema de circulación del agua, de acuerdo con el Anexo A*” de dicha norma. Se recomienda, asimismo, “*repetir este ensayo de pigmentación cada 5 años para asegurarse de que todos los componentes siguen funcionando eficazmente*”.

Recomendamos revisar en detalle dicho **Anexo A (normativo)**, en el que se explica paso a paso dicho procedimiento de ensayo de pigmentación.

Equipamientos de piscinas

Generalidades

Existe un conjunto de normas técnicas que especifican los requisitos generales de seguridad y los métodos de ensayo para el equipamiento utilizado en las piscinas clasificadas tal como se especifica en las normas **UNE-EN 15288-1** y **UNE-EN 15288-2**.

Estos equipamientos son los instalados dentro y alrededor del vaso y que se han diseñado para:

- actuar sobre el vaso y sus zonas funcionales adyacentes
- utilizar el vaso y sus zonas funcionales adyacentes

Estos componentes pueden formar parte de la estructura del vaso (por ejemplo, las boquillas, las arquetas), pueden ser elementos adicionales para ayudar a los usuarios (por ejemplo, las escaleras), para su uso en competición y entrenamiento (por ejemplo, las plataformas de salida) o destinados al ocio (por ejemplo, las fuentes, los toboganes o los juegos acuáticos).

Mención especial merecen los toboganes y los juegos acuáticos, que, siendo también considerados equipamientos de piscinas, tienen sus normas técnicas específicas que se describen en los capítulos siguientes.

Las normas aplicables a los equipamientos de piscinas en general, y por tanto deben cumplirlas todos los utilizados en las piscinas de uso público, son las correspondientes a la familia **UNE-EN 13451**, listadas en el capítulo **Bibliografía y Referencias** y que se centran en los siguientes elementos:

- Parte 1, aplicable a todos los equipamientos de piscina
- Parte 2, específica para escalas, escaleras y barandillas
- Parte 3, específica para accesorios destinados al tratamiento del agua
- Parte 4, relativa a las plataformas de salida
- Parte 5, relativa a las líneas de calle (corcheras)
- Parte 6, relativa a las placas de giro
- Parte 7, relativa a las porterías de waterpolo
- Parte 10, para plataformas de salto, trampolines y equipamiento asociado
- Parte 11, que trata los suelos móviles de piscina y paneles móviles

Para la natación de competición puede haber requisitos adicionales y deben consultarse a los órganos de gobierno del deporte en cuestión. Son de obligada referencia las normas NIDE (Consejo Superior de Deportes) y las de FINA (la Federación internacional de natación) referenciadas en **Bibliografía y Referencias**.

Los toboganes acuáticos

Aspectos generales

Los toboganes acuáticos son un tipo particular de equipamiento que podemos encontrar en algunas piscinas. Dada su relevancia, existe una norma europea que los regula explícitamente. Son las normas **UNE-EN 1069**. Esta norma tiene 2 partes:

- 📖 **UNE-EN 1069-1:2017** Toboganes acuáticos. Parte 1: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo
- 📖 **UNE-EN 1069-2:2017** Toboganes acuáticos. Parte 2: Instrucciones

Por tanto, la parte 1 es de obligada vigilancia por parte de los diseñadores, fabricantes e instaladores de toboganes acuáticos. La parte 2 es de obligado conocimiento por parte de los gestores de instalaciones de ocio acuático.

Existen numerosos reglamentos autonómicos que también tratan los toboganes acuáticos, sin embargo, muchos de ellos han quedado obsoletos y recomendamos la obligada observancia de estas normas si nos enfrentamos a un proyecto o instalación que incorpore este tipo de equipamientos. No únicamente en parques acuáticos, sino también en cualquier piscina de uso público.

A modo de resumen, estos son los aspectos que se tratan en la norma **UNE-EN 1069-1**:

- Clasificación de los tipos de toboganes (tipos del 1 al 10)
- Materiales y construcción
 - Selección de materiales
 - Certificados
 - Fabricante e instalador
 - Durabilidad
 - Instalaciones eléctricas
- Diseño
 - Directrices
 - Análisis del diseño
 - Cálculos estáticos
- Requisitos de seguridad
 - Atrapamiento
 - Superficies. Esquinas y bordes
 - Acceso a los toboganes

- Zonas de llegada de los toboganes
- El cauce, los tubos y las secciones abiertas
- Zonas de llegada y recepción
- Accesorios
- Suministro de agua
- Interferencias entre usuarios
- Interferencias entre usuarios y no usuarios
- Requisitos de seguridad complementarios para cada tipo
 - Cauce de cada tobogán
 - Piscina de recepción
 - Zonas de influencia
- Comprobaciones y ensayos
 - Comprobaciones técnicas y físicas
 - Ensayo práctico
 - Informe del ensayo
- Denominación y marcado
- Anexo A (normativo): requisitos de las zonas de recepción
- Anexo B (normativo): el uso de aceros inoxidables para toboganes acuáticos
- Anexo C (normativo): cargas de diseño para los accesos y las plataformas
- Anexo D (informativo): mediciones de aceleración y velocidad

Por otro lado, la norma **UNE-EN 1069-2**, que trata más temas de gestión y funcionamiento, se describe con más detalle en el capítulo **Requisitos de seguridad en la gestión** de esta misma Guía Técnica.

Los ensayos normativos

Como hemos visto en el listado anterior, la norma **UNE-EN 1069-1** trata, entre otras cosas, los ensayos a los que deben someterse los toboganes. Vamos a resumir aquí los puntos más relevantes dada su importancia.

El **ensayo práctico de deslizamiento** del tobogán se debe realizar en la primera **puesta en marcha** y, posteriormente, a **intervalos no superiores a 3 años**. Este ensayo práctico lo puede realizar un organismo de inspección independiente, según indica el apartado 8.2.1 de la norma **UNE-EN 1069-2:2017**, o bien una persona apropiada de acuerdo con el **apartado 9.3.2** de la norma **UNE-EN 1069-1:2017**.

Esta persona “apropiada”, según la norma, debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Estar en buena forma física
- ✓ Tener un conocimiento teórico de los métodos de ensayo utilizados y de su evaluación, incluyendo los instrumentos de medición y experiencia práctica de deslizamiento en los principales tipos de toboganes

- ✓ Tener una experiencia práctica que le permita conseguir las condiciones más extremas de deslizamiento.

Este experto debe procurar simular las condiciones derivadas de la velocidad máxima y mínima y de las aceleraciones, variando las posiciones de deslizamiento, la superficie máxima y mínima del bañador, etc.

Recomendamos la lectura de ambas normas para obtener más detalles acerca de este tipo de ensayos y sus correspondientes informes de puesta en marcha, **que todo gestor debe exigir a su proveedor de toboganes acuáticos.**

Los juegos acuáticos

En los últimos años hemos asistido a una incursión importante de los tradicionales “juegos infantiles en seco” en piscinas de uso público, especialmente en hoteles y campings. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que la inclusión del agua en estas zonas de juegos añade unos riesgos que las normas aplicables a los mismos (las UNE EN1176 y UNE EN1177) no contemplan. Estos “juegos en seco” se encuentran dentro de la Directiva Europea de Seguridad de Productos, por tanto, estas normas aplicables están armonizadas y, en consecuencia, son normativas técnicas de obligado cumplimiento, a diferencia (como ya hemos comentado en capítulos anteriores) de las normas de piscinas y equipamientos de piscinas.

Por todo lo anterior, se está en estos momentos en proceso de elaboración de una nueva normativa específica de equipamientos de juego acuáticos. Se trata de la norma *prEN17232 Water play equipment and features - Safety requirements, test methods and operational requirements*. A la fecha de cierre de esta Guía Técnica, este proyecto de norma se encuentra en las fases finales de discusión y aprobación. Se espera que vea la luz en nuestro país, traducida al castellano, hacia mediados de 2020. No obstante, podemos anticipar que los puntos tratados en esta norma incluirán:

- ✓ Requisitos de Seguridad
 - Integridad estructural
 - Materiales
 - Escalabilidad
 - Espacios: zona de impacto y espacio de caída
 - Pasamanos, barandillas y barreras de seguridad
 - Superficies, salientes, bordes y esquinas
 - Atrapamiento
 - Resistencia al deslizamiento
 - Seguridad en zonas con usuarios descalzos
 - Alteración de equipos existentes
- ✓ Electricidad. Requisitos

- ✓ Calidad del agua. Requisitos
- ✓ Ensayos e informes
- ✓ Instrucciones de instalación y generales
- ✓ Instrucciones de uso y de seguridad. Señalización
- ✓ Inspección e instrucciones de mantenimiento
 - Inspecciones: puesta en marcha, visual, periódica,
 - Instrucciones de mantenimiento: puesta en servicio, reparaciones y modificaciones
- ✓ Marcaje
- ✓ Anexo A (informativo): señalética

LA CALIDAD DEL AGUA EN UNA PISCINA

Introducción

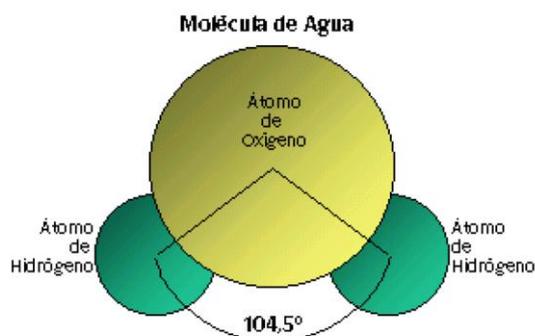
Un agua depurada "apta" para el baño, independientemente de todo lo que indiquen leyes y reales decretos de sanidad, debe ser **incolora**, **inodora** y sobre todo **inocua**, puesto que el objetivo principal para el uso en piscinas es refrigerarnos en épocas estivales, sin que su uso sea perjudicial para nuestra salud. Fundamentalmente es por este motivo por lo que usamos agua en las piscinas, y no otros productos que también podrían refrigerarnos. Además, el agua, aunque es un bien preciado, sigue siendo una opción barata.

No obstante, el agua es conocida por su propiedad de disolvente universal, esto es, que puede disolver casi todos los materiales que se encuentre a su paso a corto o largo plazo, por lo que esta propiedad ya nos está informando de la cantidad de procesos químicos que se pueden dar en una piscina, los cuales, como veremos más adelante, incluso tendremos que controlar para que nuestra agua nunca deje de ser incolora, inodora e indolora (transparente, sin olores y sin perjudicar a la salud del bañista).

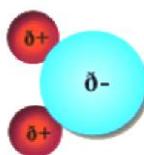
Generalidades sobre el agua

Introducción

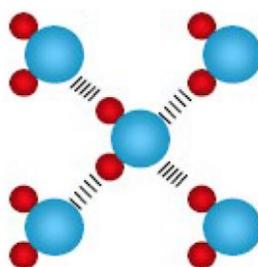
La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno por medio de dos enlaces covalentes (cada átomo aporta al enlace un electrón y comparte el electrón aportado por el otro átomo). La disposición tetraédrica de los orbitales del oxígeno determina un ángulo entre los enlaces. Se observa en el esquema siguiente:



El resultado es que la molécula de agua, aunque tiene una carga total neutra (igual número de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en una molécula polar, alrededor del oxígeno se concentra una densidad de carga negativa, mientras que los núcleos de hidrógeno quedan desnudos, desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan, por tanto, una densidad de carga positiva:



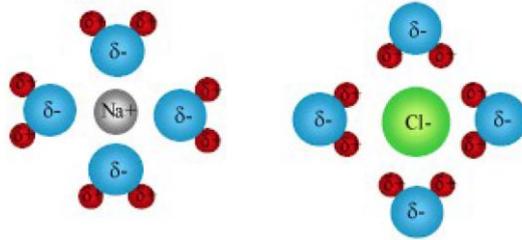
Así se establecen interacciones dipolo-dipolo entre las propias moléculas de agua, formándose enlaces o puentes de hidrógeno, la carga parcial negativa del oxígeno de una molécula ejerce atracción electrostática sobre las cargas parciales positivas de los átomos de hidrógeno de otras moléculas adyacentes:



Propiedades del agua

Acción disolvente

El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso se dice que es el disolvente universal. Esta propiedad se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares o con carga iónica. En el siguiente esquema se muestra la acción disolvente del agua sobre una molécula de sal.



Propiedades físicas del agua

- Presenta un punto de ebullición de 373 K (100 °C) al nivel del mar.
- Tiene un punto de fusión de 273 K (0 °C) al nivel del mar.
- El agua pura no conduce la electricidad. (Al referirnos a agua pura quiere decir agua destilada libre de sales y minerales.)
- Es un líquido inodoro, incoloro e insípido. Estas son las propiedades organolépticas, es decir, las que se perciben con los órganos de los sentidos del ser humano.
- Se presenta en la naturaleza de tres formas, que son sólido, líquido o gas.
- Tiene una densidad de 1 g/cm³. Esto quiere decir que por cada centímetro cúbico (cm³) hay 1g de agua.
- Presenta tensión superficial, es decir, que su superficie se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrece cierta resistencia al intentar romperla. Esta propiedad ayuda a que algunas cosas muy ligeras se detengan en la superficie del agua.
- Tiene capilaridad, que es tanto el ascenso o descenso de un líquido dentro de un tubo capilar.
- Su capacidad calorífica es mayor que la de otros líquidos

El agua de baño

Las piscinas públicas son instalaciones cuyo elemento central es el vaso, permanentemente lleno de agua y destinado al baño colectivo.

El agua de las piscinas sufre un proceso continuo de contaminación, por lo que para mantener el agua en las mejores condiciones sanitarias y estéticas se recurre a un tratamiento que combina los siguientes elementos:

- ⇒ Filtración
- ⇒ Tratamiento químico
- ⇒ Renovación diaria de una parte del agua.

Los riesgos sanitarios asociados a las piscinas se producen por varias razones:

- La dificultad que entraña mantener la calidad del agua de la piscina, cuando se producen aportes constantes de contaminación.
- La necesidad de adicionar productos químicos al agua, que siempre tienen un grado de peligrosidad.
- La inadecuada construcción de alguna de las instalaciones.
- El uso incorrecto de las mismas por parte de los bañistas

Existen tres aspectos importantes a considerar:

1. **El usuario** tiene derecho a que se le ofrezca un margen de **seguridad** suficiente sobre la calidad sanitaria del agua y de las instalaciones. La Legislación establece las condiciones que deben cumplir estas instalaciones al respecto.
2. **Los encargados** tienen la obligación de efectuar las modificaciones necesarias para que el agua y las instalaciones no supongan riesgos. Es **responsabilidad del titular de la piscina** la realización de los controles analíticos necesarios para garantizar el mantenimiento de todos los parámetros dentro de los límites establecidos por la normativa vigente: Autocontrol de la calidad del agua.
3. **Los usuarios** deben estar **informados** de que son los principales responsables del deterioro bacteriológico y químico de la calidad del agua, debiendo **respetar las normas de higiene** establecidas por la normativa y los titulares de las instalaciones. Asimismo, deberán hacer **uso responsable** de las piscinas para evitar accidentes y el deterioro de las mismas.

Origen y tipos de contaminación

Generalidades

Una piscina se puede contaminar durante su utilización y, por tanto, comporta un riesgo sanitario para sus usuarios.

Esta contaminación procede de:

- Los bañistas: cada usuario, tanto si está sano, como enfermo o convaleciente, introduce en el agua gérmenes a través de su piel, mucosas y aparato genito-urinario. La mayoría de estos gérmenes llegan al agua envueltos en partículas de piel, de cosméticos y protectores solares, por lo cual se encuentran muy protegidos contra los desinfectantes habituales del agua, lo cual dificulta su eliminación.
- Estas partículas se concentran en la superficie del agua, la más cercana a los bañistas, donde los desinfectantes se debilitan a causa de las radiaciones solares. Los no bañistas introducen contaminación a través del calzado. Es necesario prohibir el acceso a la zona de playa.

- El agua. A la piscina se le ha de suministrar agua procedente de la red pública o de otra fuente autorizada ya que estas aguas están sometidas a controles sanitarios.
- La contaminación atmosférica: en las piscinas descubiertas, el viento deposita hojas y polvo que pueden transportar gérmenes patógenos.
- Los productos químicos para el tratamiento de las aguas: cuando son mal utilizados y/o las instalaciones depuradoras están mal diseñadas pueden ser una fuente de contaminación.

En una piscina se pueden producir dos tipos de contaminación: biológica y química.

Riesgos sanitarios por contaminación biológica

Se deben a la posible presencia de microorganismos patógenos en las piscinas y depende de:

- Los tipos y número de microorganismos.
- Las características del individuo que está expuesto (edad, estado de salud y estado inmunitario)

Los tipos de microorganismos pueden ser:

- ⇒ Protozoos, por ejemplo, algunas especies de amebas.
- ⇒ Hongos, por ejemplo, la Cándida.
- ⇒ Bacterias, por ejemplo, *Legionella*, *Pseudomonas*, *Cryptosporidium* o fecales como la *Escherichia Coli*
- ⇒ Virus, por ejemplo, el papilovirus y el virus de la hepatitis A.

Cada uno de estos microorganismos necesita para vivir unas determinadas condiciones de temperatura, oxígeno, humedad, acidez, etc., que a veces se pueden encontrar en las piscinas si no se presta el cuidado suficiente. Si se conocen sus necesidades, se facilita su eliminación.

Protozoos

Se pueden distinguir dos tipos:

- Los saprofitos, que se nutren de vegetales y de animales en descomposición (por ejemplo, los paramecios).
- Los parásitos, que viven en organismos vivos (por ejemplo, las amebas)

Hongos

Su hábitat normal son las zonas húmedas y se encuentran, principalmente, en las playas y en los suelos de los vestuarios, así como en la ropa, el calzado, etc., que haya estado en contacto con hongos.

Las infecciones que provocan se denominan ***micosis*** y pueden ser profundas o cutáneas. La mayoría son causadas por hongos del género *Dermatofito*.

Bacterias

Durante la natación o el baño, la flora microbiana de la boca y faringe pueden pasar al agua. En una piscina en malas condiciones, el riesgo de infección bacteriana es muy elevado. Las causas pueden ser diversas:

- Según las condiciones ambientales, las bacterias se pueden multiplicar rápidamente y sobrevivir varias semanas en forma de esporas que, a la vez, se pueden volver a multiplicar.
- Algunas personas que hayan sufrido enfermedades infecciosas, que ya están clínicamente curadas o que las hayan pasado y no lo hayan advertido, pueden aportar gérmenes patógenos a la piscina e infectar a los otros bañistas.
- El ser humano es portador de numerosas bacterias inofensivas, no patógenas, pero que pueden infectar a personas con pocas defensas inmunitarias.
- También las bacterias fecales (*Escherichia Coli*) pueden contaminar el agua de baño.

Virus

Estos gérmenes se desarrollan en células vivas, a las cuales pueden llegar a destruir. Se pueden encontrar en el agua, como el virus de la poliomielitis y de la hepatitis. Y también en los suelos húmedos.

Las piscinas pueden ser una fuente de contagio de verrugas cutáneas, como por ejemplo verrugas plantares, pero no inciden en la transmisión de la hepatitis B o del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA).

Factores que favorecen la contaminación microbiológica

- La promiscuidad. La concentración humana en el agua, el intercambio de toallas y otros objetos que acentúan el riesgo.

- La falta de renovación de aire. Las piscinas cubiertas no se benefician de los efectos depuradores de los rayos solares; lo que, junto a la falta de ventilación, aumenta los riesgos sanitarios.
- La atmósfera húmeda y tibia. Las piscinas mantienen una temperatura y humedad elevadas, condiciones favorables para que se desarrollen los gérmenes.
- Los revestimientos antideslizantes. Las superficies que no son lisas pueden agredir la piel mojada y blanda, lo cual favorece la penetración de algunos microorganismos.
- La piel húmeda. Después del baño conviene eliminar a fondo la humedad; ningún hongo sobrevive en la piel seca.
- El estado inmunitario del organismo humano. Si hay una disminución de las defensas, por convalecencia, estrés, fatiga, etc., y al mismo tiempo una presencia importante de gérmenes puede aparecer una enfermedad infecciosa.

El hecho de conocer todos los factores enumerados contribuye a mejorar las medidas de prevención.

Vías de entrada de los microorganismos

La piel

Es una barrera contra las infecciones, pero cabe advertir que:

- Está sometida a maceración a causa del baño.
- Puede tener heridas.
- Puede tener microorganismos diversos.

A través de la piel pueden penetrar hongos dermatofitos, causantes de las enfermedades como el pie de atleta, virus que provocan la verruga plantar y estafilococos que son el origen de los forúnculos.

Las mucosas

Una cantidad importante de las infecciones causadas por el agua de las piscinas se localizan en la rinofaringe, los ojos y oídos, por los motivos siguientes:

- Irritación de las mucosas (salinidad y cloro). La vasodilatación del tejido conjuntivo facilita la entrada de los gérmenes.
- Debilitación de la mucosa nasal.
- Cambios bruscos de presión (otitis, sinusitis, etc.)

La vía gástrica

Otras infecciones causadas por el baño son de carácter gastroenteritis.

La vía aérea

Microorganismos como la *Legionella* entran en el cuerpo humano a través de la vía aérea, en forma de gotitas lo suficientemente pequeñas para que las personas las inhalen. En este caso las personas pueden contraer la enfermedad del legionario o la fiebre de Pontiac. También puede suceder cuando entra agua con *Legionella* en los pulmones accidentalmente al tragar agua.

Aunque no son microorganismos, lo mismo sucede con las tri-cloraminas (consecuencia de la reacción del cloro con el amonio derivado de la orina y el sudor de los bañistas). Estos subproductos de la desinfección se volatilizan en mayor o menor medida y pasan a la atmósfera de las instalaciones cubiertas en forma de gas o como pequeñas gotitas, provocando irritaciones oculares y de las mucosas para los bañistas, pero también para el personal en general.

Riesgos sanitarios por contaminación química

Intoxicaciones agudas

Son causadas por la ingestión o inhalación masiva de productos utilizados para el tratamiento del agua. Estos accidentes se suelen producir entre los manipuladores y cuidadores de piscinas.

Intoxicaciones leves

Son posibles irritaciones causadas por la acción de desinfectantes, principalmente el cloro.

Medidas preventivas. Condiciones para el buen estado sanitario

El objetivo de las normas sanitarias es proteger la salud de los usuarios de las piscinas y evitar riesgos y accidentes. El estado sanitario de estas instalaciones va ligado a su diseño, construcción, funcionamiento y vigilancia sanitaria.

Principios del tratamiento de agua en piscinas

Aspectos generales

Las aguas de piscinas se regeneran, generalmente, en circuito cerrado, es decir, el agua progresivamente contaminada por los bañistas se somete a un tratamiento adecuado y se vuelve a introducir a la piscina. Esta regeneración es mucho más económica que una renovación continua del agua, cuyo efecto es provocar una refrigeración que debe corregirse mediante un calentamiento complementario, evidentemente costoso. Por otra parte, con este sistema se consigue una notable economía de agua, lo que constituye un factor importante en casi todos los casos.

Es necesario, no obstante, aportar diariamente agua nueva para compensar las diversas pérdidas de agua y para reducir la concentración en el agua de compuestos orgánicos y amoniacales o minerales, que aumentarían de forma continua si no se procediera a esta renovación progresiva del agua de la piscina.

Como hemos dicho en capítulos anteriores, la legislación existente sobre piscinas de uso público determina, especialmente, los requisitos bacteriológicos e higiénico-sanitarios de dicha agua, las disposiciones generales y la circulación en los anejos de la piscina, así como un cierto número de cuestiones técnicas relacionadas con el tratamiento del agua.

A continuación, se examinan dichos aspectos técnicos.

Calidad del agua de baño. Parámetros

El agua pura está compuesta exclusivamente de hidrógeno y oxígeno, sin embargo, en la naturaleza se presenta en combinación con diversos componentes. En el ciclo hidrológico, el agua de lluvia disuelve el oxígeno, nitrógeno y CO_2 y otros compuestos presentes en la atmósfera y arrastra los elementos sólidos dispersos en el aire, tanto bióticos como abióticos. Además, en contacto con el suelo disuelve e incorpora distintas sales, entre las que destacan:

- ⇒ Bicarbonato cálcico $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ y magnésico $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$
- ⇒ Sulfato cálcico (CaSO_4) y magnésico (MgSO_4)
- ⇒ Cloruro cálcico (CaCl_2), magnésico (MgCl_2), sódico (NaCl)
- ⇒ Silicatos
- ⇒ Nitratos.
- ⇒ Sales de hierro y/o manganeso.

Todo ello hace que la calidad del agua sea muy distinta en función de diversas variables, como su origen (aguas superficiales o subterráneas), la proximidad a centros urbanos, la naturaleza del suelo, el tiempo de contacto con el mismo, temperatura, nichos ecológicos, etc.

En el agua pueden hallarse casi todos los compuestos químicos naturales o artificiales disueltos, en suspensión o en forma coloidal, por ello, en la práctica, para definir sus características y/o su calidad, se establecen una serie de parámetros analíticos representativos, como son:

pH

El pH es un valor que indica si una sustancia es ácida o básica y su grado. Podemos poner como ejemplos de sustancias ácidas el vinagre o el limón y básicas el bicarbonato, el amoníaco o la sosa cáustica.

El agua pura es una sustancia neutra, pero el valor del pH en las piscinas está sometida a numerosos factores que pueden modificarlo:

- El agua de llenado.
- El tipo de producto clorado utilizado
- La formación de algas
- La lluvia ácida
- La polución
- La adición de determinados floclulantes
- Las sales disueltas en el agua
- La orina y el sudor de los bañistas.

El pH ideal del agua de una piscina oscila entre 7,2 y 7,6.

Cuando dicho valor se desvía de este intervalo se pueden producir problemas como el enturbiamiento del agua, la disminución de la efectividad del desinfectante del agua, etc.

PROBLEMAS		SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Irritación en los ojos, piel y mucosas • Turbiedad • Incrustación o escamas • Disminución de la efectividad de los desinfectantes clorados • Reducción de la velocidad de filtración 	<p>AGUA CÁUSTICA E INCRUSTANTE (pH > 7,8)</p>	<p>Añadir un ácido (minorador de pH)</p>
pH ÓPTIMO 7,2-7,6		

PROBLEMAS		SOLUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Irritación en los ojos, piel y mucosas • Corrosión de las partes metálicas de las instalaciones • Deterioro del vaso • Inestabilidad de los productos clorados. • Coloración del agua • Ligero olor a cloro 	<p>AGUA CORROSIVA Y AGRESIVA (pH < 7)</p>	<p>Añadir una base (incrementador de pH)</p>

La corrección de pH ha de hacerse con la filtración en marcha. Los productos tienen que ponerse directamente en el vaso y la filtración debe funcionar, por lo menos, 2 horas después del tratamiento. En el caso de utilizarse equipos de medición y regulación automáticos es necesario ajustar el electrodo en relación al valor de temperatura del agua; generalmente, el valor de sensibilidad de 59'7 mV/pH corresponde a una temperatura del agua de 28°C. En relación a la regulación, dependerá de la cantidad de impulsos que sean necesarios para regular el pH.

Dureza total

Mide el contenido global de sales alcalinotérreas, principalmente calcio y magnesio. Se corresponde con la suma de la Dureza Temporal (sales alcalinotérreas bicarbonatadas que precipitan por ebullición) y Dureza Permanente (sales alcalinotérreas no carbonatadas y que no precipitan por ebullición, como los cloruros o sulfatos). Si la dureza es inferior a 60 mg/l de CaCO₃ el agua se considera "blanda", si es superior a 270 mg/l se considera agua dura.

La dureza ideal del agua de la piscina oscila entre 150 y 250 ppm. Una dureza muy baja puede producir daños en el vaso de la piscina y corrosión de las partes metálicas en contacto con el agua (escaleras, focos, ...). Por el contrario, una dureza excesiva puede producir turbiedad en el agua, incrustaciones, obturación de los filtros y las tuberías o rugosidades y manchas en la superficie de la piscina. Para evitarlo, se pueden utilizar productos anti incrustantes.

La dureza puede controlarse mediante la utilización de reactivos apropiados, pero para obtener valores totalmente fiables es recomendable un análisis en el laboratorio.

Tipos de agua	Contenido de CaCO ₃
Agua blanda	Menos de 17 mg/l
Agua levemente dura	Entre 17 y 60 mg/l
Agua moderadamente dura	Entre 60 y 120 mg/l
Agua dura	Entre 120 y 180 mg/l
Agua muy dura	Más de 180 mg/l

Alcalinidad

Se distingue entre **Alcalinidad Simple** como contenido total del agua en hidróxidos alcalinos y la mitad del contenido en carbonatos y **Alcalinidad Completa** el contenido total del agua en hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.

Los valores ideales de alcalinidad en piscinas deben encontrarse entre los **80** y los **120 ppm**.

Si la alcalinidad es muy baja resulta difícil la regulación del pH, ya que el agua es muy sensible a ligeras variaciones y puede favorecer la corrosión y la aparición de manchas en las partes metálicas.

Por el contrario, una alcalinidad muy alta produce incrustaciones, agua turbia, pH elevado e irritación de las mucosas en los bañistas.

Para aumentar la alcalinidad se puede añadir al agua carbonato o bicarbonato sódico (sustancias alcalinas) y disminuir diluyendo bisulfato sódico o ácido clorhídrico (sustancias ácidas).

Al igual que la dureza, el análisis debe realizarse en laboratorios.

Índice Langelier

Es un parámetro MUY importante en el mantenimiento de la calidad del agua en una piscina. Mide el carácter incrustante o de corrosividad del agua. Ver **Anexo 3. Tratamiento Químico del agua**, apartado **Química inorgánica básica en una piscina**, para más detalle.

Turbidez

Está causada por las partículas en suspensión. Es un indicador general de la calidad del agua: a mayor turbidez menor calidad.

Conductividad

Es la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica. Generalmente, indica la cantidad de sales disueltas en forma iónica. A mayor conductividad menor calidad.

Sólidos en suspensión totales (TDS)

Comprenden todas las sustancias suspendidas en un agua que no decantan de forma natural, pueden ser tanto de carácter mineral como orgánico, de diversa naturaleza (sales minerales, productos químicos añadidos, polvo, tierra, orina, sudor...)

Un agua potable puede tener aproximadamente entre 200 y 400 gramos sólidos disueltos por cada m³ de agua (ppm), el agua salobre entre 3.000 y 5.000 ppm y el agua de mar 35.000 ppm por la gran cantidad de sales que tiene disueltas.

En el caso de las piscinas de agua dulce el TDS no debe superar los 1.000 ppm, aunque es recomendable no superar los 500 ppm.

Cuando un agua tiene un nivel excesivo de TDS se le denomina “agua cansada” y puede provocar problemas como la reducción de la efectividad del desinfectante, el aumento de la turbiedad, las incrustaciones y la corrosión de las partes metálicas.

La reducción del TDS se realiza mediante la introducción de agua nueva.

Cloruros

Expresa el contenido en iones cloruro de un agua. Pueden ser sales de origen natural o de procedencia industrial y humana.

Iones hierro (Fe²⁺ y Fe³⁺)

Es un ion importante para el desarrollo de la Legionella. En un circuito es el indicador del nivel de corrosión.

Sistemas de recirculación del agua en piscinas

Generalidades

La recirculación consiste en hacer pasar el agua de la piscina por un circuito cerrado para su tratamiento de filtrado y desinfección. Este proceso se efectúa de forma rápida y continua, con el fin de eliminar adecuadamente la contaminación aportada por los bañistas. La recirculación de todo el volumen del agua del vaso se ha de efectuar en el tiempo fijado por la reglamentación para cada tipo de vaso (si la hubiere) y es fundamental para:

- Obtener un agua más clara y transparente.
- Efectuar su desinfección.

- No realizar continuas renovaciones de agua, ya que generan problemas de desinfección y consumos elevados, con la consiguiente pérdida económica.
- Eliminar la contaminación aportada por los bañistas y el medio ambiente al agua de baño.
- Recoger adecuada y totalmente el agua contaminada para proceder a su tratamiento.
- Renovar correctamente la totalidad del agua del vaso, evitando que existan zonas muertas en el mismo que impidan la renovación de parte del agua de baño.
- Realizar una dispersión homogénea del desinfectante en el vaso.

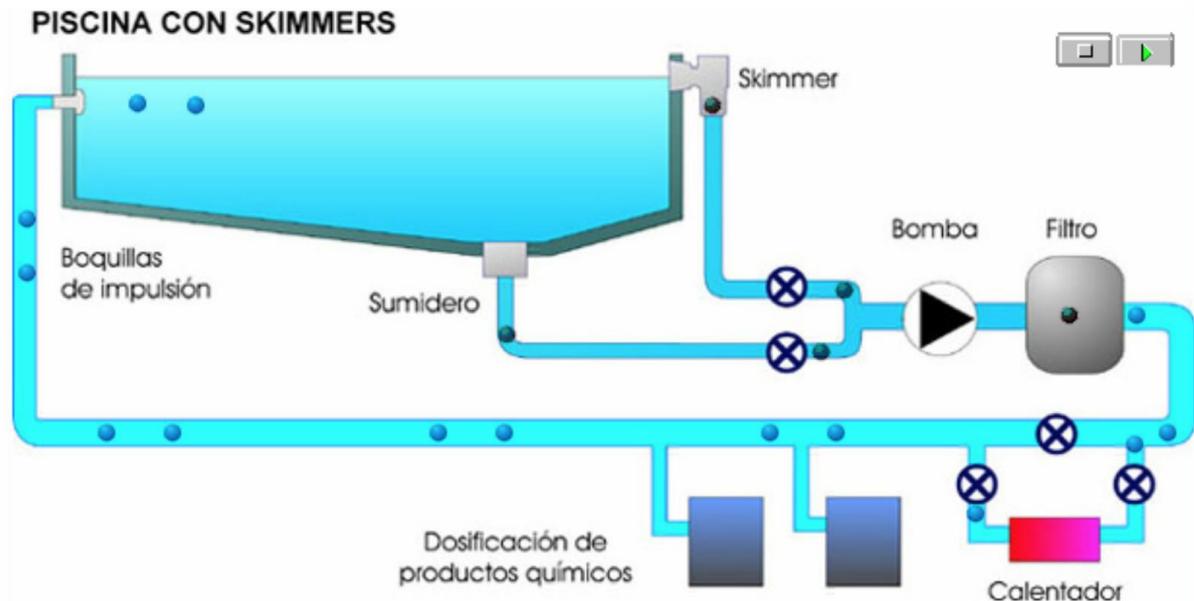
En la circulación del agua podemos considerar las siguientes etapas:

1. Recogida del agua de la superficie de lámina por **rebosaderos continuos** o por los *skimmers*¹
2. Retención de sustancias grandes (hojas, cabellos...) en los filtros de gruesos (cestillos de los *skimmers*...) o en las rejillas de rebosaderos
3. Paso del agua al vaso de compensación en las piscinas con rebosaderos continuos perimetrales
4. Prefiltrado para retener partículas grandes
5. Bombeo, para impulsar el agua a través de los filtros y devolverla a la piscina
6. Sistema de coagulación/floculación automático que inyecta el producto coagulante en forma continua
7. Filtración del agua para retener las partículas finas
8. Calentamiento del agua en piscinas climatizadas
9. Dosificación de desinfectante y ajuste del pH
10. Retorno del agua tratada al vaso de la piscina

Recirculación por *skimmers*

La recirculación en este tipo de piscinas se basa en la colocación de unas piezas en las paredes de los vasos, a nivel de la lámina de agua, y que, conectados al equipo de bombeo, permiten una limpieza permanente y automática de la superficie del agua. La aspiración se realiza tanto por la superficie como fondo, generalmente al 65%, y la impulsión del agua tratada, por las boquillas situadas frente a la zona de *skimmers*.

¹ Más adelante en el texto veremos que los *skimmers* no son adecuados para una piscina de uso público



Este sistema **no es adecuado para las piscinas de uso público** por los inconvenientes que presenta:

- ☒ Creación de zonas muertas en los vasos
- ☒ Mala distribución de los productos químicos
- ☒ Limpieza defectuosa de la lámina de agua, especialmente en piscinas de grandes superficies (tengamos en cuenta que el 95% de la suciedad en una piscina entra por la lámina de agua, por lo que hay que evacuar esa lámina de agua con la mayor velocidad posible)

Estos aspectos impiden que la puesta en marcha de la piscina se pueda realizar con total garantía, tal y como se especifica en la propia norma técnica **UNE-EN 15288-1**. Pero, además, el propio **CTE** impide su uso, tal y como se indica en el apartado correspondiente del **DB SU-6** denominado **Huecos**.

Por todo lo anterior, el sistema de *skimmers* no se debe utilizar en piscinas de uso público y parques acuáticos.

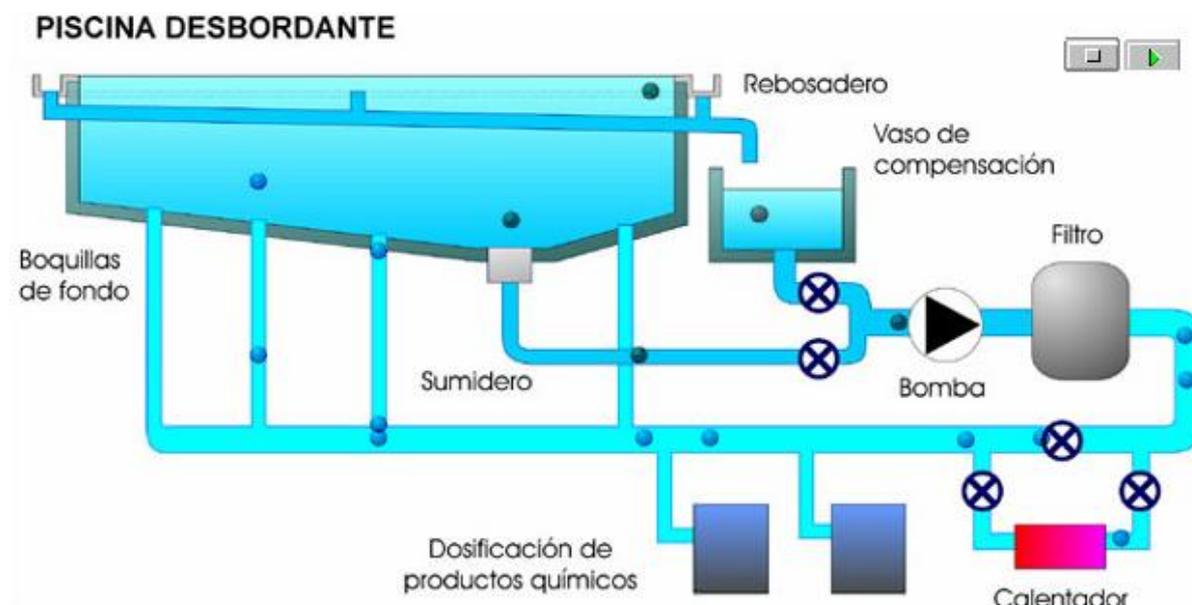
Recirculación mediante desborde o rebosadero perimetral

Es el mejor sistema de los actuales para los fines que se pretenden. Con el paso de los años y la proliferación de las piscinas, se llega a la conclusión de que, si la mayor parte de la contaminación era introducida en un vaso por la superficie, sería necesario

evacuarla igualmente por la superficie de una manera inmediata, para que estuviera el menor tiempo posible con la masa de agua. Así nació el sistema denominado **por desborde**, que se le ha denominado según la pieza cerámica que la remata como **finlandés**, **munich** o **weissbaden**. El volumen de agua que recoge por el desborde se estima en 80%. La impulsión se realiza por el fondo o las paredes del vaso, dependiendo del sistema constructivo, aunque la combinación de ambas permite mejorar la eficacia del sistema de recirculación.

- **Hidráulica inversa:** Se desborda el 100 % del caudal bombeado y las tomas de los sumideros se usan exclusivamente para el vaciado del vaso.
- **Hidráulica inversa mixta:** En este sistema el caudal bombeado es recogido a través de los rebosaderos perimetrales (50 - 75%) y de las tomas de fondo (sumideros), consiguiendo de esta forma, no solo captar la suciedad de la lámina de agua, sino también la del fondo. Este sistema es el más apropiado para piscinas climatizadas.

El sistema desbordante, basado en el principio hidráulico de vasos comunicantes, requiere un vaso de compensación que sirve de enlace entre el vaso y el equipo de bombeo y compensa además el agua desalojada por los bañistas.



Filtración

Bombas

Las bombas utilizadas en las instalaciones para la circulación del agua de las piscinas son normalmente centrífugas. El agua penetra por el eje a través de aspiración y es recogida por la turbina, cuyos álabes en la rotación originada por el motor la dotan de un efecto centrífugo y la lanzan por la impulsión.



Filtros

Un filtro es, esencialmente, un depósito, en cuyo interior se aloja un lecho poroso (lecho filtrante) que permite separar las partículas que un líquido lleva en suspensión. La capacidad de retención de esas partículas está en función del tamaño de esos poros o malla filtrante.

Un filtro está compuesto por:

- Un **depósito** que contiene un material filtrante (arena, cristal, hidro-antracita, diatomeas, celulosa, papel, poliéster, antracita, carbón activo...)
- Una **red de tuberías** de entrada y de salida del agua
- **Distribuidores internos** compuestos por elementos (placas, colectores, etc.) que permiten la circulación dentro del filtro, dando un sentido a la circulación interna del agua.
- **Purga de aire.** Los filtros a presión, en ocasiones, pueden coger aire, esto hace que su capacidad de filtración se reduzca considerablemente, impidiendo incluso el paso del agua. Las causas de que exista aire en el filtro son diversas.
- La **toma de vaciado del agua** se utiliza para vaciar el filtro de agua por gravedad, durante el invierno o para realizar una eventual reparación.
- La **toma de vaciado del material filtrante** está situada en un lateral de la parte baja de los filtros. Permiten vaciar el elemento filtrante por gravedad.
- **Valvulería** de maniobra que se sitúa en el exterior del filtro y es la encargada de dirigir el flujo del agua en un sentido o en otro en función de las maniobras que deseemos realizar.

Filtros de arena o similares

Son los más utilizados en piscinas. Consisten en cilindros cerrados de poliéster o acero a presión, que llevan en su interior una columna de arena de sílice o material vítreo denominado **lecho filtrante**.

El sentido del agua es descendente, el agua entra por su parte superior, a través de un **difusor**, pasa a través del lecho filtrante y es impulsada al exterior a través de un

distribuidor interno (placa de crepinas o brazos colectores). El distribuidor garantiza un reparto uniforme del agua sobre la superficie filtrante.

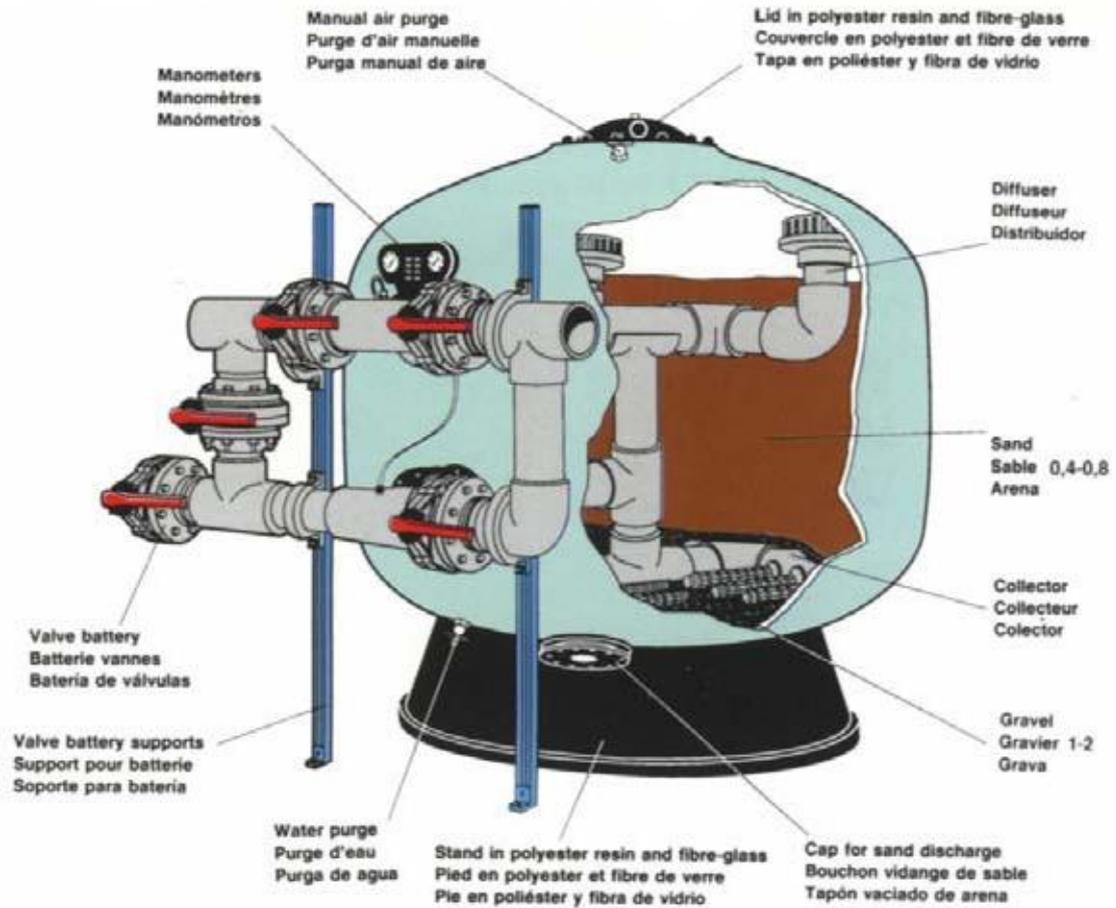
Los filtros trabajan a velocidades de filtración comprendidas entre 15 – 30 m/h y utilizan arena de fina granulometría. Para su lavado se utiliza agua recirculada en sentido inverso.

Puede resultar interesante el utilizar filtros a presión lavables por retorno de agua e inyección de aire, procedimiento más rápido y que sólo requiere un pequeño diámetro. En efecto, el caudal instantáneo de agua de lavado, por m² de filtro, es aproximadamente la mitad del de los filtros lavables únicamente con agua. En este caso, sólo puede utilizarse filtros con placas de crepinas.

Para aumentar el rendimiento de la filtración, se utilizará un proceso de coagulación y floculación para retener en el filtro las materias en suspensión coloidal.

Debe tenerse en cuenta, al mismo tiempo, que la ausencia de empleo de coagulante da lugar a un aumento del consumo de cloro (o, de forma general, de desinfectante), como consecuencia de la combinación de éste con las materias no retenidas, debido a la ausencia de coagulación. Este consumo elevado de desinfectante es nefasto por el aumento de concentración en cloruro que produce, y porque se crean al mismo tiempo compuestos orgánicos, siempre indeseables.

El coagulante/floculante se inyecta normalmente por medio de bomba dosificadora, siempre antes del filtro.



Filtros de diatomeas

Las Diatomeas son un material insoluble formado por restos fosilizados de plantas marinas que, al poseer una elevada porosidad, hacen de ellos un material indicado para la filtración, dado su gran poder de retención. No obstante, debido al origen de este medio filtrante, están en desuso y por sostenibilidad no se recomienda su utilización.

Los filtros de diatomeas son depósitos cilíndricos o esféricos que en su interior disponen de discos, velas y placas verticales, a los cuales se adhieren las diatomeas formando una capa que es encargada de retener las partículas en suspensión que lleva el agua.

El filtro suele disponer de una boca de carga. Cuando se pone en marcha, el flujo ascendente hará que las diatomeas formen una capa sobre los elementos de retención interiores. Cuando se para el equipo, las diatomeas se van al fondo. Cuando las cargas de diatomeas se saturan, se cambia por otras nuevas. Se sabe que la carga ha llegado al punto de saturación por la diferencia de presión entre los manómetros de entrada y salida.

La velocidad de filtración en estos filtros no debe sobrepasar los $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ (5 m/h). En estos tipos de filtros no se pueden añadir floculantes porque se bloquearía el lecho de diatomeas.



Filtros de cartuchos

Son depósitos que contienen en su interior un cartucho o filtro de celulosa o de fibra. El agua, al pasar a presión a través de la tela, deja las partículas que lleva en suspensión.

Cuando el cartucho se satura de suciedad, se saca del contenedor y se limpia con agua a presión. La velocidad de filtración no suele ser superior a 2 m/h . Al igual que los de diatomeas, no se pueden utilizar floculantes.



Filtros regenerativos (perlita)

Los sistemas de filtración regenerativa consisten en mantener el medio filtrante activo, sin necesidad de procesos como el contra-lavado. Estos sistemas de filtración son muy sostenibles y aptos en cualquier instalación, sobre todo si se trata de piscinas climatizadas, ya que el ahorro de agua por este sistema puede llegar hasta el 99%, frente a los sistemas que utilizan el agua para el contralado de regeneración del medio filtrante.

La regeneración consiste en mantener el medio filtrante activo y con capacidad de retención. Normalmente los sistemas regenerativos utilizan *perlita* como medio filtrante. La perlita es un mineral de origen volcánico que es sometido a una temperatura de unos 1.800°C. Este proceso provoca la expansión de la perlita a 10 veces su tamaño original.

La velocidad de filtración de estos sistemas está entorno los 7 m³/(h m²), consiguiendo la retención de partículas de hasta 1micra con solo 3mm de pre-capa filtrante, llamada en el argot de la filtración “torta”.

Las regeneraciones del medio filtrante (perlita) se realizan automáticamente en el interior del filtro sin necesidad de asistencia manual. La regeneración consiste en hacer caer la torta y volverla a crear de manera que la perlita se posiciona nuevamente por el lado libre, para absorber más materia, hasta la saturación total de la perlita. Esta saturación se detecta por la pérdida de carga como cualquier otro filtro convencional. La saturación de la perlita, de media, se produce a las 4 semanas, por lo que hasta que no llega este punto no es necesario realizar ninguna actuación en el filtro.

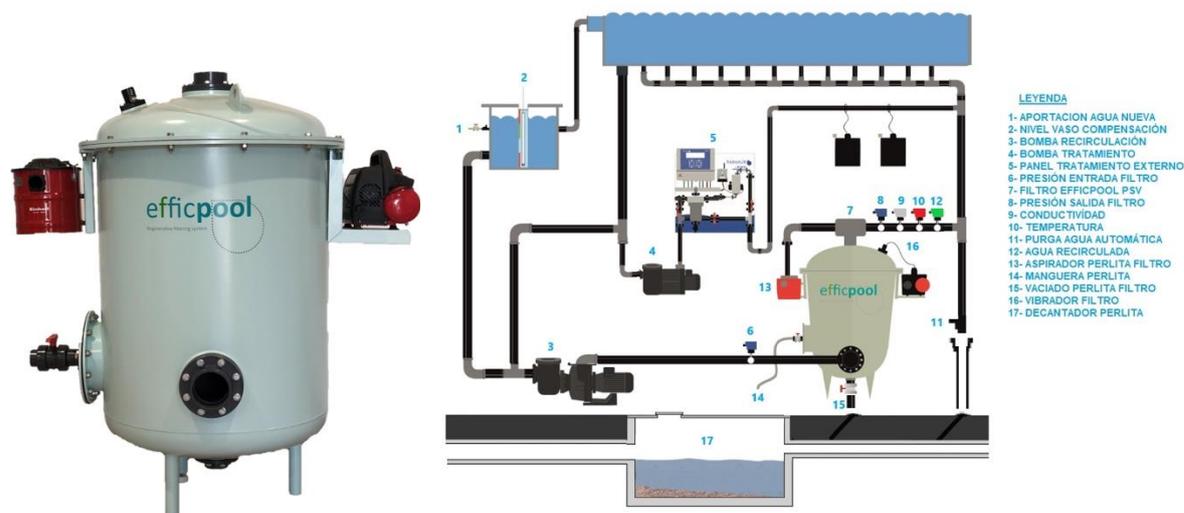
Una vez llegado al punto de saturación, es cuando ha finalizado la autonomía del medio filtrante y éste tiene que ser substituido. La operativa del cambio del medio filtrante (perlita) se realiza en pocos minutos de tiempo. Consiste en vaciar el filtro a través de su purga inferior, y hacer la nueva carga de perlita a través del sistema de aspiración incorporado en el propio filtro directamente del saco.

La perlita es un de medio filtrante de muy poco peso (sacos de entre 10-15kg) y mucho volumen, de manera que los filtros regenerativos que son utilizados en piscinas olímpicas o semi-olímpicas se rellenan con 1 ó 2 sacos por filtro.

La autonomía media de la perlita en un filtro regenerativo es de 4 semanas, pudiendo llegar a pocos meses según el tipo de piscina. Este tiempo limitado es ideal para la prevención de *biofilm* y evitar las combinaciones orgánicas como las cloraminas.

Los filtros con perlita no admiten floculantes, pero sí coagulantes cada vez más utilizados por su versatilidad y eficiencia.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de filtro regenerativo y un esquema ejemplo de instalación.



Pérdida de carga de los filtros

Tanto en el colector de entrada como en el de salida, debe haber dos tomas conectadas a sendos manómetros que, en todo momento, indicaran la presión existente en la parte superior e inferior del interior del filtro.

Lógicamente, es fácil deducir que en un filtro completamente limpio siempre existirá una diferencia de presión entre la parte superior y la inferior, ya que el propio lecho crea una barrera para el paso del agua, lo que se traduce en una presión más elevada en la zona superior del lecho y menor en la parte inferior donde no hay obstáculos para la salida del fluido. Esta diferencia de presión se denomina "pérdida de carga (o presión) del filtro".

También resulta lógico entender que, conforme la presión va aumentando en la parte superior, por atascamiento del lecho, en la inferior irá disminuyendo al reducirse la cantidad de agua que sale.

Cada fabricante tiene que facilitar los valores límite de la pérdida de carga a "filtro limpio", y la pérdida máxima permisible a partir de la cual el agua empezará a salir turbia. Antes de alcanzar los valores máximos admisibles de pérdida de carga deberá realizarse el lavado de filtro.

La pérdida de carga tolerable entre el filtro limpio y el filtro atascado suele ser de 0,4 kg/cm², pero como medida de seguridad deberá lavarse cuando la pérdida de carga alcance los 0'35 kg/cm². Estos manómetros permiten conocer visualmente las diferencias de presión y deducir el grado aproximado de atascamiento que se está produciendo en el lecho filtrante.

Velocidad de filtración

Se define como la relación existente entre el caudal de agua (m³/h) que pasa por el filtro y la superficie filtrante (m²). La expresión matemática es la siguiente:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} / S \text{ (m}^2\text{)} = V \text{ (m}^3\text{ / (h m}^2\text{))} = V \text{ (m/h)}$$

Como hemos visto, la velocidad de filtración depende del tipo de filtro (arena, diatomeas o cartucho) y de su estructura (filtros de velocidad lenta o rápida).

Este parámetro nos permite calcular el tamaño de filtro que habría que instalar.

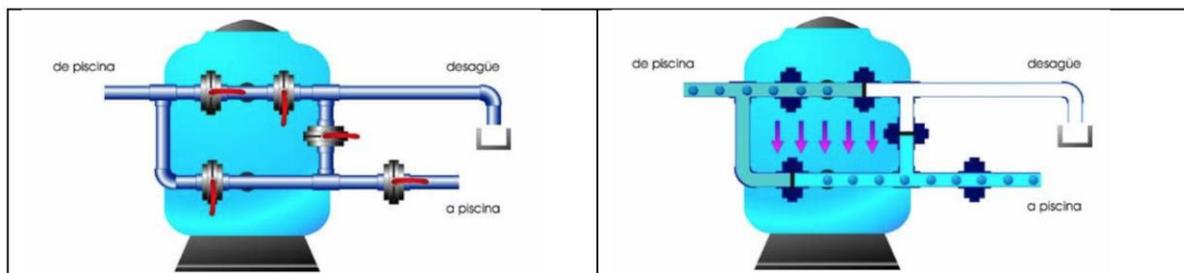
Maniobras de Filtrado

IMPORTANTE: Todas las manipulaciones de válvulas se harán siempre con las bombas de filtración paradas.

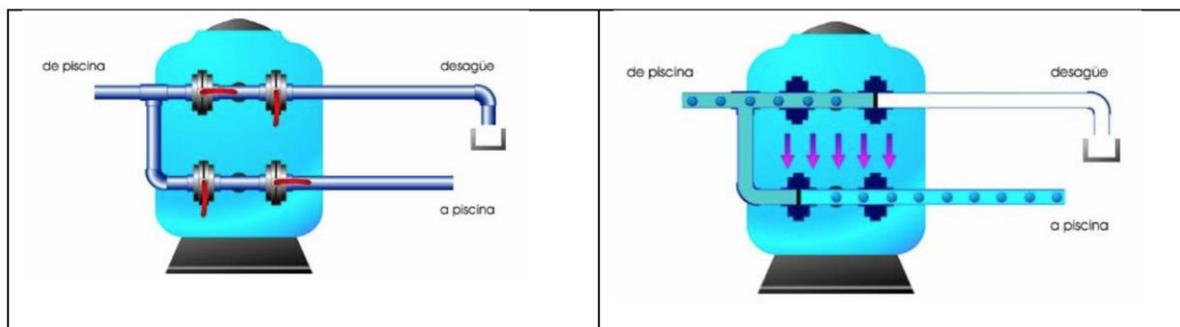
Se recomienda siempre abrir primero las válvulas y luego cerrarlas.

Filtración

Es el proceso responsable de mantener el agua de la piscina libre de impurezas. Con la bomba parada, se ponen las válvulas en las siguientes posiciones:



Nº1 Cerrada - Nº2 Abierta - Nº3 Abierta - Nº4 Cerrada - Nº5 Cerrada

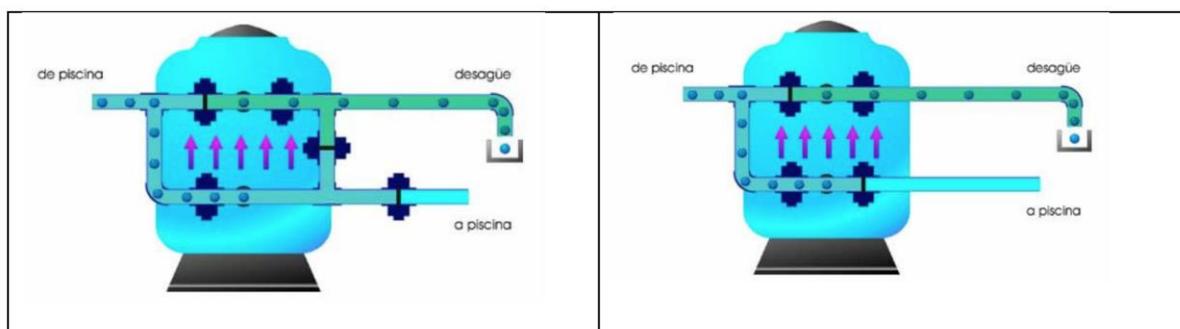


N°1 Cerrada - N°2 Abierta - N°3 Abierta – No4 Cerrada

Lavado

La carga de arena (lecho filtrante) forma miles de canales de paso del agua que lógicamente recogen las impurezas y residuos sólidos que acompañan al agua al filtrar.

Con el tiempo, estos residuos bloquean los canales de paso, por lo que periódicamente es necesario limpiar el filtro para dejarlo en condiciones óptimas de trabajo y verter al desagüe la suciedad que había en el lecho filtrante.



Es aconsejable disponer de un visor en la tubería de desagüe y en el filtro, de forma que, cuando se realice un lavado, se pueda observar la suciedad del agua procedente del filtro y así poder determinar la duración del lavado. De este modo, podemos ajustar más el tiempo de lavado y ahorrar en consumo de agua.

Es recomendable que la velocidad de filtrado sea lenta, pero la velocidad de lavado debe ser la apropiada al medio filtrante utilizado. Suele ser del orden del doble de la velocidad de filtración

Vaciado

Como al efectuarse el vaciado, el nivel del vaso descende, deben cerrarse las válvulas, colocadas en la instalación antes de los filtros que permiten el paso del agua por las aberturas que van quedando al aire, como rebozaderos, limpiafondos, etc.

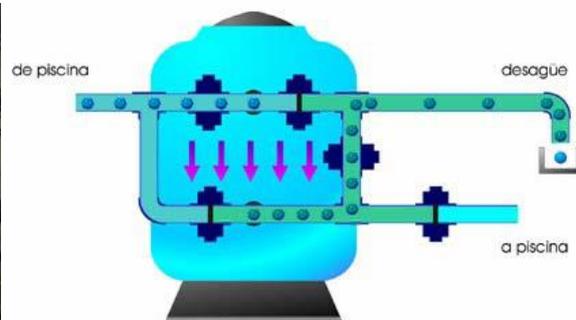
Para vaciar el vaso utilizando las motobombas. La posición de las válvulas ha de ser la siguiente.



Enjuague

Esta operación debe realizarse inmediatamente después del lavado y su finalidad es enviar al desagüe los residuos que hayan quedado retenidos en la operación de lavado. La operación de enjuague sólo puede realizarse si existen 5 válvulas.

La posición de las válvulas será:



En los filtros de 4 llaves no se puede realizar la función de enjuague.

Para optimizar la calidad del agua, se recomienda que las maniobras de lavado/enjuague sean:

Lavado + Enjuague + 2º lavado

Recirculación

Esta operación permite utilizar toda la presión de la motobomba para hacer circular el agua del vaso retornando al mismo, sin pasar por los filtros.



Coagulación / Floculación

En la piscina de uso público es importante remarcar el proceso de la floculación. Esta fase del procedimiento precede inmediatamente a la filtración. Con la filtración únicamente puede eliminarse del agua una parte de las impurezas que han llegado a ella, y ciertamente sólo las impurezas dispersas visibles con un tamaño de partícula de 1 mm hasta 10^{-4} mm. Partículas más pequeñas de 1 diezmilésima a 1 millonésima de mm se denominan **partículas dispersas coloidalmente** y las partículas que todavía son más pequeñas, de 10^{-6} a 10^{-7} mm se denominan **partículas dispersas molecularmente** o auténticas partículas disueltas.

Las partículas dispersas coloidalmente y las partículas disueltas no quedan retenidas en el filtro de arena y por consiguiente permanecen en el agua después de la filtración. El objetivo de la preparación del agua de la piscina es volver a sacar del agua las impurezas que entran en la piscina para lograr que la calidad del agua permanezca buena. De modo que es necesario eliminar correctamente del agua incluso las impurezas no filtrables directamente.

Este tratamiento sanitario del agua consiste en clarificarla y aumentar la eficacia de los filtros de arena. Los productos floculantes aumentan la medida de las partículas que es necesario filtrar, lo cual comporta los beneficios siguientes:

- a) Un agua limpia y brillante.
- b) Un trabajo más eficaz del filtro.

- c) A la larga, un ahorro de tiempo y de energía eléctrica.

Los productos floculantes se inyectan en el circuito de recirculación mediante bomba dosificadora. Más detalles en el **ANEXO 2. Tratamiento Físico del Agua**.

Prefiltro

El agua recogida en la superficie, mediante unas canaletas dispuestas a lo largo de los bordes de las piscinas, debe hacerse pasar a un depósito, especialmente previsto, que sirve para la aspiración de las bombas de circulación del circuito de regeneración.

Una vez que el agua llega a la sala de máquinas o cuarto de depuración, deben instalarse uno o varios prefiltros inmediatamente a la entrada de las bombas, para protegerlas mecánicamente de los diversos residuos que puedan llegar con el agua de las piscinas. El prefiltro consiste simplemente en un cestillo o tamiz dispuesto como cesto extraíble, de acceso y limpieza fáciles. Consiste, por tanto, en un sistema de retención de gruesos. Las partes más importantes son el cuerpo del prefiltro que tiene los orificios de llegada y salida del agua y una tapa para acceder al interior. El cestillo hay que vigilarlo frecuentemente y limpiarlo. Esta operación de limpieza siempre irá precedida del paro de la bomba y cierre de las válvulas que aíslan el prefiltro.

Es importante que cuando la tapa está colocada el conjunto sea estanco. Si no se cierra bien se pueden producir inundaciones o aspirar aire. No obstante, es muy recomendable, en la medida de lo posible, la utilización de tapas transparentes en los prefiltros.

El número de bombas y prefiltros depende de la importancia de los caudales de recirculación y de las combinaciones posibles de estos caudales, para adaptarse eventualmente a los diferentes casos de frecuentación de las piscinas. La elección de las características y la instalación de las bombas deben hacerse en función de las condiciones de cada piscina.

Válvulas. Funciones y funcionamiento

Las llaves o válvulas son las encargadas de interrumpir total o parcialmente el paso de un fluido por una tubería.

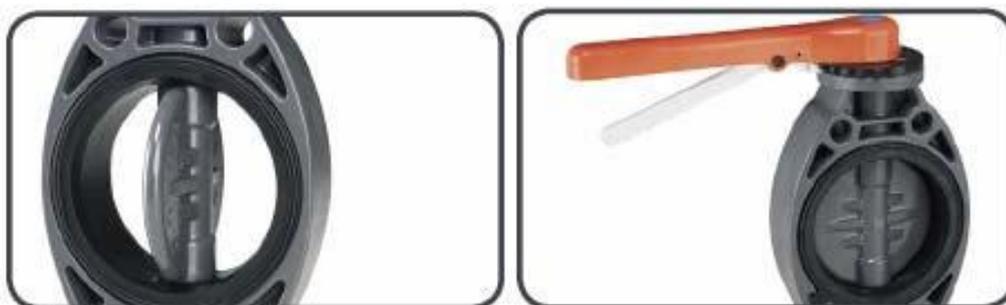
Esta obstrucción del paso del fluido se produce o no dependiendo de la posición que ocupe el obturador en relación al asiento de la válvula. Dependiendo de cómo se produzca el cierre tenemos las diferentes clases de válvulas:

- a. **Asiento o globo**, el elemento obturador (órgano que produce el cierre) es un disco que puede adoptar diferentes formas (asiento cónico y asiento plano), junto con el asiento de la válvula. Este tipo de válvulas se utilizan en llaves de escuadra de los radiadores. Se pueden utilizar generalmente cuando nos interesa regular el caudal, así como cuando deben ser frecuentemente accionadas.

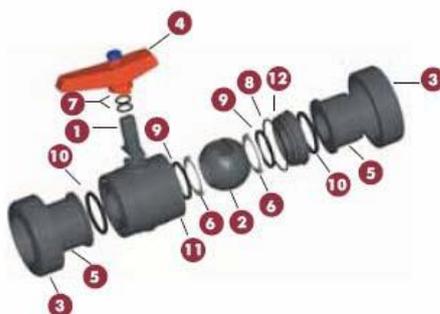
- b. **Válvulas de compuerta**, En este caso el elemento de cierre es una cuña que se desplaza verticalmente, bajando como un atajadero. Se utilizan como reguladores de caudal.



- c. **Válvulas de mariposa**. El cierre se produce a través de un disco o mariposa que gira con el eje. Al paso frontalmente le impide el paso del fluido. Deja pasar el fluido en su posición contraria. Su uso habitual se da en piscinas.

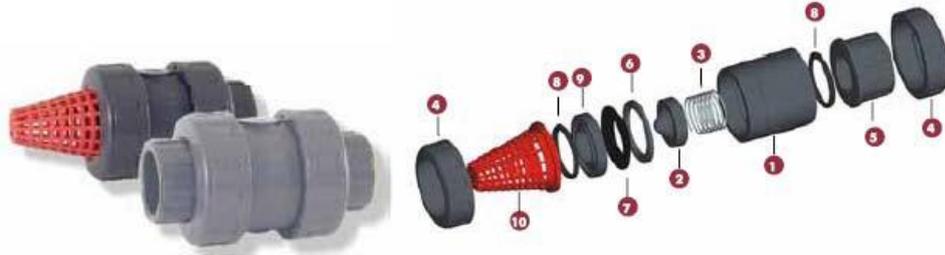


- d. **Válvulas de bola o esfera**. Estas válvulas presentan un paso integral de agua, es decir, el paso es una continuación de la propia tubería y por lo tanto no hay prácticamente pérdidas de carga. El elemento obturador es una bola o esfera, de acero inoxidable o PVC, al que se le ha practicado un orificio del mismo diámetro que la tubería. El accionamiento es de 90°, con un mecanismo de cierre igual que el de las válvulas de mariposa.



- e. **Válvulas de retención**. Son aquellas que sólo permiten el paso del líquido en

un sentido. El cierre se produce de forma automática por la propia acción del líquido al intentar circular en sentido contrario. Podemos encontrar dos tipos: de clapeta y de bola.



Caudalímetro

Deben ser instalados antes de la entrada al filtro y nos permiten medir que todos los procesos de filtración se están realizando correctamente.

Son indispensables cuando estamos trabajando con una bomba de filtración de velocidad variable, para asegurarnos del punto de funcionamiento de la bomba.

La normativa actual sobre piscinas (básicamente el RD 742/2913) no exige **específicamente** la instalación de caudalímetros, aunque sí lo exigen algunos decretos autonómicos. No obstante, es muy importante la instalación de un contador de entrada y un contador de salida, los cuales medirán respectivamente el volumen de agua renovada y el volumen correspondiente al tiempo de recirculación.

Asimismo, con un único caudalímetro y con un contador de tiempo de funcionamiento de la bomba de filtración, podríamos conocer también el volumen de agua depurada

Tiempos de recirculación

Es el tiempo que tarda la bomba en mover toda la masa de agua de la piscina (incluyendo siempre también el volumen de agua en el depósito de compensación correspondiente). La normativa nacional actual no exige unos determinados tiempos de recirculación dependiendo del tipo de vaso, como ocurría antes. No obstante, en el apartado siguiente se mencionan unos parámetros guía en función del tipo de vaso. Asimismo, hay que revisar los decretos de la comunidad autónoma donde se instale la piscina, puesto que algunos de ellos sí exigen unos tiempos máximos de recirculación.

Para calcular el caudal que debería mover la bomba para que cumpliera con dichos valores guía, dividiríamos el **volumen total de la piscina** entre los **tiempos de recirculación recomendados** (o los **exigidos**, según de qué Comunidad Autónoma se trate).



Caudal de recirculación y renovación del agua (valores guía)

El caudal de recirculación se calcula sobre las siguientes bases:

- ⇒ 0,4 m³/h por m² de superficie de lámina de agua cuando el aforo máximo instantáneo sea inferior a 1 persona por 2 m² de superficie del agua. La duración del ciclo de renovación, sin embargo, no deberá exceder, en ningún caso, de 4 horas.
- ⇒ 0,5 m³/h por m² de superficie de lámina de agua cuando el aforo máximo instantáneo sea superior o igual a 1 persona por cada 2 m² de superficie del agua e inferior o igual a 1 persona por m². El ciclo, sin embargo, no deberá exceder, en ningún caso, de 4 horas.
- ⇒ 0,6 m³/h por m² de superficie de lámina de agua cuando el aforo máximo instantáneo sea superior a 1 persona por m² o cuando la profundidad del vaso no exceda de 1,30 m. El ciclo, sin embargo, no deberá exceder, en ningún caso, de 4 horas.

En piscinas al aire libre, cuya superficie sea superior o igual a 2.000 m², se recomienda un caudal correspondiente a la renovación total de la piscina en un máximo de 4 horas.

En las piscinas infantiles, se propone un caudal correspondiente a una renovación del agua cada 0,5-1 h, en función del impacto del aforo con respecto al volumen de agua.

Es necesaria una aportación de agua nueva para mantener los parámetros que definen la calidad del agua. Ese volumen dependerá de la calidad del equipo de filtración y de la afluencia de usuarios.

En piscinas de **agua de mar**, la renovación diaria debe hacerse con agua dulce, por lo menos en parte, para compensar el aumento de salinidad debida a la evaporación.

La aportación de agua nueva debe hacerse por medio de un dispositivo que evite toda comunicación entre el agua de circulación de la piscina y el agua de la red de

alimentación. Es obligatoria la medida por contador del caudal de renovación del agua (aportación diaria de agua nueva).

Desinfección

La desinfección constituye una fase muy importante del tratamiento, que tiene una finalidad higiénica y otra estética. La primera consiste en evitar la transmisión de enfermedades contagiosas entre los bañistas; la segunda, en evitar el desarrollo de algas microscópicas y otros microorganismos que pueden dar turbidez o coloración al agua, comunicándole una coloración verde.

Las enfermedades transmisibles por el agua de baño mal o insuficientemente tratada son muy numerosas, pero las más frecuentes son:

- Las conjuntivitis, producidas por un virus;
- Las sinusitis, anginas y otitis, debidas a los estreptococos y estafilococos propagados por las mucosidades nasales;
- Algunas enteritis debidas a los mismos microbios o a ciertos virus, como consecuencia de haber tragado agua;
- Algunas afecciones de la piel (eczemas), de las que a veces es responsable el bacilo de Koch;
- También se puede producir otitis por la presencia de la bacteria *pseudomona aeruginosa*

Se han atribuido a veces casos de meningoencefalitis, algunos de los cuales han sido mortales, a la ameba *Naegleria gruberi* (que es destruida por el cloro siempre que se trate de cloro realmente libre, y por el ozono);

Por otra parte, los bañistas pueden contraer ciertas afecciones cutáneas (epidermofitias debidas a un hongo que se fija en la piel entre los dedos de los pies, verrugas en las plantas debidas al papilomavirus) al caminar por las zonas que rodean a la piscina: Es indispensable limpiar y desinfectar frecuentemente estas zonas.

Para evitar el contagio, es preciso que el agua de la piscina posea un poder desinfectante remanente bien definido.

Aunque en el **Anexo 3. Tratamiento Químico del agua** se tratan con mucho más detalle, vamos a resumir aquí las principales características de los tratamientos más utilizados.

Cloro y derivados

El cloro es el desinfectante más empleado y no es desagradable cuando se utiliza, incluso en fuerte dosis, en un agua de pH conveniente, comprendido entre 7,2 y 7,6. Dentro de

esta zona de pH, existe un máximo de acción y un mínimo de trastornos (irritación) si se aplica en la dosis correspondiente al punto crítico, lo que puede corresponder a veces a dosis relativamente muy fuertes.

Derivados bromados

El más habitual es la bromoclorodimetilhidantoina (BCDMH).

Cuando se procede a una desinfección con bromo, éste tiene un mejor comportamiento frente a pH elevados que el cloro. No obstante, para poder cumplir con el RD 742/2013, el pH debe mantenerse entre 7,2 y 7,6.

Ozono

El ozono es una variedad alotrópica del oxígeno, de fórmula O_3 . Es el desinfectante más potente que se conoce, por lo que se recomienda especialmente en casos difíciles (presencia de amebas, etc....) y da al agua una bonita coloración azul.

El ozono no provoca fermentación de productos que puedan irritar las mucosas, ni comunica sabor ni olor al agua, siempre que ésta no contenga ozono libre a su entrada a la piscina; debido a esto, un agua de piscina tratada solamente con ozono es más sensible a las contaminaciones posteriores que pueden aportar los bañistas, por falta de un poder desinfectante residual del agua: es indispensable proceder, después de la ozonización, a una desinfección complementaria, por medio, por ejemplo, de una pequeña dosis de cloro.

El ozono es un gas inestable, que se obtiene por la acción ionizante, sobre el oxígeno, de un campo eléctrico creado por un potencial elevado. El fenómeno se manifiesta por un efluvio violeta.

Es imprescindible neutralizar el ozono en exceso que contiene el agua que ha de distribuirse.

La dosis residual mínima de ozono, después de al menos 3 minutos de contacto entre el aire ozonizado y el agua a tratar, debe ser de 0,4 mg/l, con el fin de que no se produzcan por completo este ozono residual, antes de la reintroducción del agua en las piscinas.

Otros procedimientos

A veces se recurre a otros desinfectantes, como dióxido de cloro, yodo (buen desinfectante, pero que no se usa en la piscina porque tiñe el agua de rojo), derivados de amonio cuaternario, plata producida por electrólisis, cloro-cianuratos (que son derivados clorados) ... Estos productos, algunos de los cuales se adaptan perfectamente a otros empleos del agua, son dudosos en el campo de las piscinas públicas, por lo cual

rara vez se recomiendan. En todo caso, antes de aplicar cualquiera de ellos, es preciso comprobar si está aceptado por la legislación del territorio considerado.

Como decíamos anteriormente, en el **Anexo 3. Tratamiento Químico del agua**, encontraremos más métodos de desinfección con una explicación más detallada.

Casos particulares

Dstrucción de algas

No debe haber proliferación de algas en el agua de una piscina alimentada con una instalación de tratamiento de agua bien concebida y explotada.

Una coloración verdosa delata la presencia de algas a causa, a menudo, de una desinfección insuficiente o de alto contenido en fosfatos. Las algas pueden estar en suspensión o estar adheridas a superficies rugosas del vaso, y se alimentan de la luz solar y de sustancias nitrogenadas.

En lugares sombríos sobreviven en forma de esporas que crecen rápidamente a la luz del sol. Son sensibles a la temperatura y dan menos problemas en invierno.

En presencia de revestimiento muy lisos se reduce la formación de algas por no disponer de rugosidades a las que anclarse.

Corrección del pH

El pH es la medida de acidez o alcalinidad; su escala varía de 0 a 14 y el pH neutro tiene valor 7. Así, si el pH es inferior a 7 se dice que el agua es ácida y si el pH es superior a 7 se dice que el agua es básica. El pH idóneo para el agua de la piscina se encuentra entre 7,2 y 7,8.

El pH se puede medir mediante un *test* colorimétrico o con un pH-metro.

Por otro lado, un pH incorrecto puede llevar consecuencias negativas:

pH inferior a 7

- Corrosión de las partes metálicas en contacto con el agua
- Irritación de la piel, mucosa y ojos

pH superior a 7,8

- Precipitación de sales cálcicas
- Entubamiento
- Bloqueo de filtros
- Irritación de la piel, mucosas y ojos

- Consumo elevado de desinfectante

Corrección del pH

Para aumentarlo suele añadirse un compuesto alcalino (o una base):

- ⇒ Carbonato de sodio
- ⇒ Bicarbonato de sodio
- ⇒ Hidróxido sódico

Para disminuirlo, suele añadirse un ácido:

- ⇒ Acido clorhídrico
- ⇒ Ácido sulfúrico

Puntos importantes a tener en cuenta:

- No añadir nunca el agua encima del ácido; el ácido debe diluirse en un gran volumen de agua.
- Evitar, sobretodo, el contacto entre el ácido clorhídrico y el hipoclorito de sodio, ya que se desprende cloro gas, provocado una nube tóxica.
- La adición de correctores se efectúa mediante bombas dosificadoras conectadas al circuito de recirculación, después del filtro.

Dureza

Es la cantidad de compuestos de calcio, hierro, aluminio, cinc o manganeso disueltos en el agua. Se mide en ppm (partes por millón) de carbonato cálcico o en "°F" (Grados Franceses).

La dureza ideal es de 150 a 250 ppm. Una dureza superior hará precipitar las sales cálcicas y bloquear el filtro.

Se controla mediante un test colorimétrico o técnicas de laboratorio.

Eliminación de hierro y manganeso

El agua de alimentación de las piscinas puede contener, a veces, una cierta dosis de hierro o de manganeso. Es indispensable eliminar estos elementos, puesto que, de otro modo, provocarían depósitos rojizos o negruzcos en las paredes de la piscina.

Piscinas de agua de mar

Algunas piscinas se alimentan con agua de mar en lugar de agua dulce. El principio del tratamiento sigue siendo el mismo, pero deben tomarse precauciones de orden

tecnológico para proteger los aparatos contra la corrosión. Habrá de preverse, igualmente, una renovación parcial del agua con agua dulce, con el fin de evitar el incremento progresivo de la concentración de sal.

Lucha contra las incrustaciones.

En general son causadas por la precipitación de sales cálcicas, principalmente de carbonato cálcico, que se pueden depositar:

- Sobre la arena del filtro, acelerando la saturación y reduciendo la eficacia.
- Sobre las paredes de la piscina, proporcionando un soporte a los microorganismos y algas.
- Sobre el del sistema de calentamiento.
- Dentro de las cañerías, disminuyendo el caudal.
- Dentro de las bombas dosificadoras y bocas de inyección, obligando a desmontarlas y limpiarlas con más frecuencia.

Frente a un agua incrustante no se aconseja utilizar productos básicos o con calcio, es preferible usar cloro gas o cloroisocianúricos que tienen una acción ligeramente ácida.

Es interesante escoger materiales lisos, ya que son menos vulnerables a las incrustaciones.

En los filtros de arena conviene desincrustar regularmente la masa filtrante.

En las aguas duras lo ideal es la utilización de productos anti incrustantes.

Lucha contra la corrosión.

La agresividad del agua ($\text{pH} < 7$) no es la única responsable de este fenómeno, sino que hay muchas otras que las favorecen, como pueden ser:

- Una concentración baja de iones cálcicos.
- La mineralización. Una concentración en iones cloruros superior a 200 mg/l.
- Variaciones de temperaturas importantes.
- Velocidad elevada del agua en las cañerías (erosión).
- En la instalación, materiales incompatibles entre sí (por ejemplo, cobre/acero galvanizado). El agua agresiva suele oxidar los metales del circuito hidráulico y ataca los revestimientos (juntas) hechas con cemento.

Con el fin de evitar la corrosión, es necesario que los materiales sean inoxidables o protegidos con revestimientos inatacables.

Limpieza de la piscina

Durante la noche, las materias en suspensión se depositan en el fondo de la piscina y deben eliminarse antes de la llegada de los bañistas, para evitar que aparezcan de nuevo en suspensión. Esta operación se efectúa por medio de una barredera de piscina que funciona como un aspirador doméstico, en el que el aire se sustituye por la misma agua de la piscina.

El procedimiento más tradicional consiste en instalar en las paredes de la piscina tomas rápidas a las que se conecta la tubería flexible, auto flotante, unida al aspirador. Estas tomas están unidas a una tubería que rodea la piscina, la cual, a su vez, está conectada a la aspiración.

Existen barrederas de piscina con bomba sumergida alimentadas con corriente en baja tensión y muy baja tensión; el agua se extrae de la piscina por medio de una tubería auto flotante, o se envía de nuevo a la piscina después de pasar a una bolsa o un filtro de cartucho que va unido a la barredera.

Sin embargo, hoy en día lo más habitual es la utilización de equipos de limpieza automáticos (robots) que sólo precisan de una toma a la corriente eléctrica, o los sistemas integrados de limpieza.

Parámetros de calidad del agua a cumplir

El **Anexo I del RD 742/2013** especifica claramente las características que debe tener el agua de la piscina en todo momento. Lo incluimos a continuación:

PARÁMETROS INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetro	Valor paramétrico	Unidades	Notas	Condiciones para el cierre del vaso
pH	7,2 – 8,0		Cuando los valores estén fuera del rango se determinará el Índice de Langelier que deberá estar entre — 0,5 y + 0,5	Cuando los valores estén por debajo de 6,0 o por encima de 9,0 se cerrará el vaso hasta normalización del valor.
Temperatura	24.30°C ≤ 36°C en hidromasaje	°C	Solo en el caso de vasos climatizados	Cuando en vasos climatizados los valores superen 40°C se cerrará el vaso hasta normalización del valor.
Transparencia	Que sea bien visible el desagüe de fondo			Cuando no se pueda distinguir el desagüe de fondo o el disco de Secchi
Potencial REDOX	Entre 250 y 900 mV.		Se medirá cuando los desinfectantes sean distintos del cloro o del bromo y sus derivados	
Tiempo de recirculación	Tiempos según las especificaciones y necesidades de la piscina para cumplir con los parámetros de calidad.	(horas)		
Turbidez	≤ 5	UNF		Cuando los valores superen 20 UNF se cerrará el vaso hasta normalización del valor
Desinfectante residual:				
Cloro libre residual	0,5 – 2,0 Cl ₂	mg/L	Se controlará cuando se utilice cloro o derivados del cloro como desinfectante.	En caso de ausencia o superación de 5 mg/L se cerrará el vaso hasta normalización del valor; en caso de piscinas cubiertas además se intensificará la renovación del aire.
Cloro combinado residual	< 0,6 Cl ₂	mg/L	Se controlará cuando se utilice cloro o derivados del cloro como desinfectante.	En caso de superación de 3 mg/L se cerrará el vaso hasta normalización del valor; en caso de piscinas cubiertas además se intensificará la renovación del aire.
Bromo total	2 - 5 mg/L Br ₂	mg/L	Se controlará cuando se utilice bromo como desinfectante.	En caso de superación de 10 mg/L se cerrará el vaso hasta normalización del valor; en caso de piscinas cubiertas además se intensificará la renovación del aire.
Ácido Isocianúrico	≤ 75	mg/L	Se controlará cuando se utilicen derivados del Ac. Tricloroisocianúrico.	En caso superación de 150 mg/L se cerrará el vaso hasta normalización del valor.
Otros desinfectantes			Según lo dispuesto por la autoridad competente	Según lo dispuesto por la autoridad competente
Indicadores microbiológicos				
Escherichia coli	0	UFC o NMP en 100 ml		En caso de sospecha o constatación de incumplimiento del valor paramétrico, se cerrará el vaso y se pondrán las medidas correctoras oportunas para que no exista un riesgo para la salud de los bañistas.
Pseudomonas aeruginosa	0	UFC o NMP en 100 ml		
Legionella spp	<100	UFC / L	Solo en caso de vasos con aerosolización y climatizados.	

El agua no sólo deberá ser desinfectada sino ligeramente desinfectante, sin ser irritante para las mucosas.

En el caso de piscinas cubiertas, se recomienda que el agua se caliente entre 25 y 27º C, y la temperatura recomendada para las piscinas al aire libre es de 23º C.

El control de la calidad del agua de las piscinas, y sus correspondientes análisis, efectuados por un laboratorio acreditado, deben ser objeto de **informes mensuales a la autoridad sanitaria correspondiente.**

Existen equipos que comprenden los aparatos y reactivos necesarios para todos los controles normales de calidad del agua de las piscinas.

El agua de aporte

El agua utilizada tanto para el llenado inicial del vaso o vasos, como para la reposición durante el funcionamiento de los mismos debe provenir preferentemente de la red de

distribución pública. Caso de no ser así, el **RD 742/2013** exige claramente en su Artículo 11, apartado a), que se deberá realizar, durante la quincena anterior a la apertura de la piscina, un **control inicial** (análisis) de los parámetros contemplados en los Anexos I y II de dicho documento.

Aprovechamiento del agua de lavado

El consumo de agua en las piscinas se da en dos puntos principalmente (aparte de la evaporación y el agua desalojada por los propios usuarios):

1. Con el aporte de agua necesario para mantener los parámetros de calidad del agua (tanto menor cuanto mejor es el sistema de filtración)
2. Con el contralavado de los filtros

Es responsabilidad de todos minimizar el consumo de agua en las piscinas. Al agua consumida le podemos dar muchos usos: riego, inodoros, baldeos, etc. Algunas ideas para el reaprovechamiento del agua de lavados podrían ser:

- El agua procedente del lavado de filtros es un agua “contaminada”. Puede almacenarse en un depósito y hacerle un tratamiento posterior para otros usos, mediante vasos de decantación, utilización de plantas macrófitas para la eliminación de materia orgánica y de algunas sustancias tóxicas, etc.
- Por otro lado, en el caso de piscinas climatizadas, podemos utilizar el agua caliente del vaso para, a través de un intercambiador de calor, atemperar el agua aportada desde la red y, por otro lado, hacer el contralavado del filtro (agua que irá al desagüe o a otros usos) con agua más fría. De esta manera, además, mejoramos la eficiencia energética de la instalación.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Generalidades

Las instalaciones eléctricas en piscinas y anexos a las mismas se atenderán a lo dispuesto en el vigente reglamento de baja tensión e instrucciones complementarias.

Según se especifica en el artículo 24 del referido reglamento *“sin perjuicio de las atribuciones específicas concedidas a los titulados de grado superior y medio, las instalaciones eléctricas de baja tensión se proyectarán, realizarán y dirigirán por personas o entidades que tengan el título de instalador autorizado”*.

Cuando los locales sean considerados como húmedos o mojados las normas a seguir son las especificaciones en la MI BT 027.

Acometida y líneas de alimentación

La acometida podrá ser directa de la red pública o derivada de la acometida general para otros fines (MI BT 011).

Se recomienda colocar los contadores de fuerza y alumbrado y dispositivos de mando y protección en local seco a 5 m como mínimo de los vasos de piscina.

La caja de protección se instalará de acuerdo con la MI BT 012.

Líneas para fuerza y alumbrado podrán ser aéreas o empotradas.

En caso de que su trazado discurra por locales mojados o húmedos se tendrá en cuenta la MI BT 027.

Cuadros eléctricos

El cuadro de maniobra con los dispositivos de protección se colocará de acuerdo con la MI BT 016.

Cuando el cuadro vaya colocado en la sala de depuración, se instalará un interruptor omnipolar automático con sistema de corte electromagnético en el origen del circuito para protección contra cortocircuitos, según indica la MI BT 020.

En caso de que el cuadro sea colocado en local de clasificación mojado o húmedo se seguirá la MI BT 027.

Receptores a motor y aparellaje

Las condiciones generales de instalación se recogen en la MI BT 034.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y todo el equipo deberán ofrecer protección correspondiente a la proyección de agua.

Los motores deberán estar protegidos contra sobreintensidades y falta de tensión.

Canalizaciones

Las canalizaciones serán estancas según se establece en la MI BT 027.

Para los conductores se emplearán tubos estancos, en montaje superficial según MI BT 019.

Aparatos de calefacción

Las instalaciones que afectan a este apartado se adaptarán a la MI BT 033, teniendo en cuenta la Instrucción IT IC 04 del M. de Industria y Energía.

Instalaciones para piscinas

Las condiciones específicas a cumplir se recogen en la Instrucción MI BT 028.

Como resumen a destacar esta Instrucción dicta las normas para los siguientes conceptos:

- Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 1.000 voltios.
- Alumbrado subacuático.
- Alimentación mediante transformadores (MI BT 035)
- Los transformadores se colocarán siempre por encima del nivel del agua máximo a alcanzar y a las distancias mínimas indicadas.
- No se instalarán tomas de corriente a menos de tres metros de los bordes de las piscinas y las situadas a mayor distancia dentro del área de ésta, irán provistas de interruptor de corte omnipolar que permita dejarlas que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.
- Todos los conductores metálicos, tuberías, armaduras de las estructuras de la piscina, de alojamiento de luminarias, así como partes metálicas de escaleras, trampolines, etc., estarán unidas mediante una conexión equipotencial (MI BT 021) y a su vez unidos a una misma toma de tierra.

Iluminación y sonido subacuáticos

Estos aparatos se alimentarán a **MBTS** (Muy Baja Tensión de Seguridad). Esto significa que la tensión será igual o inferior a 24 V para ambientes secos, húmedos y mojados y de 12 V para lugares donde el cuerpo está sumergido en agua. Por tanto, en nuestro caso, no se utilizarán aparatos a más de 12 V.

Los equipos serán especiales y fabricados para este fin bajo las condiciones estrictas de cumplimiento de normas, tanto de instalación como de resistencia de materiales y anticorrosión.

Iluminación complementaria

La iluminación complementaria se atenderá al Reglamento de Baja Tensión sobre instalaciones de alumbrado público si son exteriores MI BT 009 y a locales mojados si fueran interiores MI BT 027

Instalaciones especiales

Son aquellas que aun cumpliendo normas y homologaciones en otros países, se apartan de las Normas generales vigentes del Reglamento de Baja Tensión en España.

Según el Decreto 2413/1973 de 20 septiembre serán objeto de revisión por el Ministerio de Industria para dictaminar la posibilidad de adaptarse al desarrollo tecnológico en continua evolución.

De acuerdo con el Real Decreto 7/88, de 8 enero (BOE 14.1.88) relativo a las exigencias de seguridad de material eléctrico, destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión, por el que resulta necesario establecer las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas de 19 de febrero de 1.973 (73/23/CEE), resulta según el artículo 8 que se autoriza la comercialización o la libre circulación de los materiales, siempre que el fabricante o el importador pueda garantizar mediante informe emitido que cumple las condiciones de la Directiva 73/23/CEE.

LA CALIDAD DEL AIRE EN PISCINAS CUBIERTAS

Generalidades

Tradicionalmente, la climatización se ha utilizado como medio para controlar las condiciones térmicas e hidrométricas. 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 lo que nos ocupa en esta guía, los centros deportivos o de ocio. 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 fisicoquímicos (radiación ultravioleta (UV), fotocátalisis, etc.).

En lo relativo a la calidad del aire también el Real Decreto 742/2013 especifica unos determinados requisitos. En este caso el Anexo II estipula lo siguiente:

Parámetro	Valor paramétrico
Humedad relativa	< 65%
Temperatura ambiente	La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1 °C y 2 °C por encima de la del agua del vaso, excepto vasos de hidromasaje y terapéuticos.
CO ₂	La concentración de CO ₂ en el aire del recinto de los vasos cubiertos no superará más de 500 ppm (en volumen) del CO ₂ del aire exterior.

En este capítulo vamos a tratar algunos de los aspectos más relevantes relacionados con la calidad ambiental en interiores de piscinas cubiertas.

Contaminantes del aire interior

Contaminantes químicos

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 bioefluentes, como el dióxido de carbono, los compuestos volátiles (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 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.

También hay que 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 fisicoquímicos 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 pun-to 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.

En el apartado **Otras normas y documentos de referencia** del capítulo **Bibliografía y Referencias** podemos encontrar un documento editado por la Diputació de Barcelona titulado “**La Calidad del aire interior en piscinas cubiertas**” que describe con mucho más detalle los diferentes contaminantes químicos y sus efectos sobre la salud:

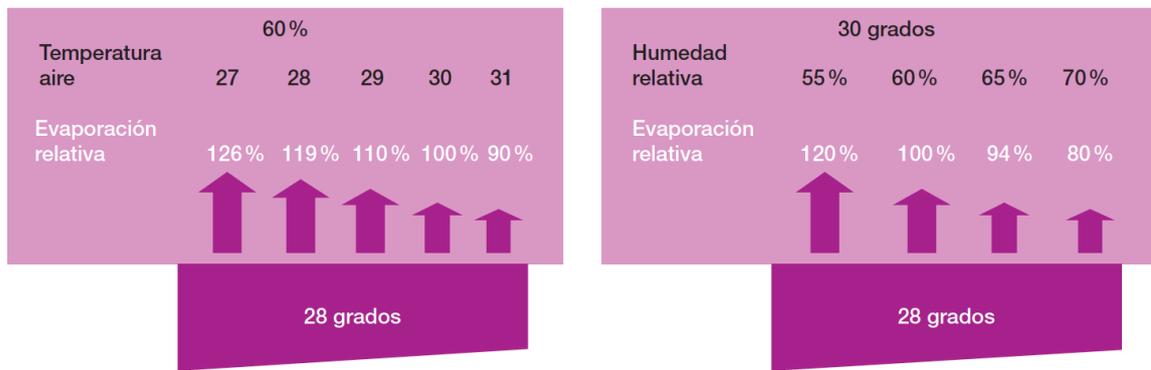
- Monóxido de carbono
- Dióxido de carbono
- Cloro gas y derivados
- Compuestos orgánicos volátiles
- Partículas en suspensión

Contaminantes físicos

La constante evaporación del agua de la piscina produce que el ambiente se cargue de humedad, que condensa sobre los cerramientos, y se produce un deterioro de las condiciones de confort. Para evitar la estratificación es necesario mover el volumen del aire recirculando y conseguir de esta forma una buena distribución.

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 o calor.

Esta sensación térmica de frío se debe a una evaporación rápida y extensa de la superficie mojada del cuerpo, no tiene relación con la temperatura del agua. Aunque éste sea el motivo de queja de los usuarios, la causa reside en las inadecuadas condiciones térmicas del aire. Podemos explicar este fenómeno de una forma gráfica con el siguiente esquema:



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

- 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
- 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 (supuesto a) podemos observar que si la humedad relativa del aire es correcta (60%) pero la temperatura del aire es inferior o igual (27-28°C) a la temperatura del agua del vaso (28°C), la evaporación relativa del 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.

Sin embargo, 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% (por ejemplo, 55%), la evaporación relativa del 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 (temperatura y 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.²

En definitiva, vemos que es imprescindible reducir ese contenido de humedad del aire que comentábamos al principio para mantener el confort de los usuarios y evitar las condensaciones que también pueden llegar a dañar la vida del edificio. Esto se puede conseguir de dos maneras diferentes:

- Extrayendo el aire interior cargado de humedad e introduciendo aire exterior más frío, pero con una humedad relativa inferior. En este caso se produce un gran consumo de energía, puesto que es preciso calentar el aire exterior. Se precisan tasas de renovación del aire del orden de 4 a 5 volúmenes/hora para condiciones ambientales de entretiempo.
- Recirculando el aire interior cargado de humedad a través de un dispositivo de secado. Únicamente se precisa introducir del exterior el caudal que asegure las condiciones higiénicas. El sistema de secado puede basarse en la utilización de elementos como la bomba de calor, el recuperador de calor rotativo. Normalmente se trabajan con tasas de renovación insuficiente para asegurar una buena homogeneidad de la temperatura en la sala de la piscina y combatir el efecto de la estratificación. Es preciso, en este caso, trabajar con reciclaje de aire de forma que se asegure un movimiento del aire de 4 a 5 volúmenes/hora como mínimo.

Se calculará la potencia de la bomba de calor según la masa de agua a condensar. El límite inferior corresponde al calor latente de condensación.

Esta solución tiene la doble ventaja de no calentar una masa inútil del aire exterior y de recuperar el calor latente de vaporización, limitando la renovación del aire al índice higiénico de base.

Biocontaminantes

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

² COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores*

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.

Ya hemos comentado en el apartado **Riesgos sanitarios por contaminación biológica** de la introducción de esta Guía Técnica, cómo afectan estos microorganismos a la salud. De nuevo, en el documento editado por la Diputación de Barcelona titulado “**La Calidad del aire interior en piscinas cubiertas**” (mencionado anteriormente) se explican también los efectos de estos microorganismos sobre la salud de las personas en espacios interiores. Su presencia y multiplicación son atribuibles, en la mayoría de los casos, al exceso de humedad y la falta de ventilación. De ahí la importancia de mantener estos parámetros controlados en las piscinas cubiertas.

Cálculo de las necesidades térmicas

Las necesidades totales vendrán dadas por la suma de:

- Las pérdidas de transmisión a través de suelos, paredes, ventanas y techos (según la construcción y el aislamiento).
- Las pérdidas de ventilación.
- Los intercambios de calor con la masa de agua del vaso.

Las pérdidas por renovación se considerarán según los factores existentes, con un mínimo de $30\text{m}^3/\text{m}^2$ hora de plano de agua.

Se admite un 20% de calor latente de evaporación tomado por el aire del recinto. El calor latente de condensación, caso de deshumidificar por circuito cerrado. El de evaporación se reintegra totalmente e interviene como aporte calorífico de la energía eléctrica absorbida por la bomba de calor.

Confort térmico

Para establecer las condiciones internas de confort en una piscina cubierta, hay que fijar la temperatura, el grado de humedad relativa, la velocidad de circulación y renovación del aire.

En piscinas cubiertas la temperatura seca del recinto tiene que estar entre 27º y 29º C., dos grados por encima de la temperatura del agua, que debe estar entre 25º y 26º C.

Por lo que respecta a la humedad relativa del aire, en piscinas cubiertas tiene que estar entre el 65% y el 70%, mientras que en salas y pabellones tiene que ser inferior al 70%.

La impulsión del aire se tiene que situar de manera que se impida su estratificación y la formación de condensaciones en las superficies frías, como pueden ser los ventanales.

Hay que estudiar la posibilidad de recuperar el calor entálpico del aire interior extraído por renovación y deshumidificación del aire ambiente. En el caso de las piscinas cubiertas, este aprovechamiento energético es necesario y rentable.

Parámetros a considerar

Recinto de piscinas cubiertas

⇒ temperatura del agua:

- nadadores, 24 – 26 °C
- no nadadores, 26 – 28 °C
- infantiles, 28 – 30°C
- tratamientos, 30 – 38°C

⇒ temperatura del aire ambiente:

- De 2 a 4°C sobre la del agua; máximo 34°C.

⇒ temperatura de superficies en zona piscina:

- Bancos de reposo, máximo 40°C.

- Zonas pies descalzos, 26°C
- ⇒ temperatura del aire en impulsión:
 - de 45 a 55°C
- ⇒ humedad relativa del aire:
 - en invierno 60 – 70%
 - en verano, 50 – 80%
- ⇒ zonas anexas
 - vestuarios y áreas de paseo, 24°C
 - enfermería, 28°C
 - accesos, 22°C.
 - Renovación del aire: de 8 a 10 veces, mínimo 5.
- ⇒ Duchas
 - temperatura ambiente 25°C
 - Caudal aire en verano, 150/200 m³/h por ducha.
 - Caudal aire en invierno, 75/100 m³/h por ducha.
 - Renovación máxima, Vm³x35 a 30.
 - Temperatura aire a impulsión, 50 –55°C
 - Temperatura agua, máxima 42 °C
 - Consumo, 192 l/h por ducha a 37°C.

Piscinas al aire libre

- ⇒ Temperatura del agua:
 - Nadadores, 24-26 °C
 - No nadadores: 25-28 °C
 - Infantiles: 28°C
- ⇒ Temperaturas del aire en vestuarios y servicios, en función de la temperatura exterior.

⇒ Servicios y duchas, igual que en piscinas cubiertas

El ahorro energético

Las piscinas cubiertas generan un gran consumo de energía y todo proceso que comporta un consumo de energía implica la existencia potencial de una alternativa de ahorro. Es necesario entonces, estudiar los gastos para poder reducirlos en la medida de lo posible.

Las condiciones del agua del vaso de la piscina y las del aire ambiente interior se han de mantener dentro de unos márgenes razonables que aseguren:

- 1) Durante las horas de ocupación, unos parámetros de confort prefijados.
- 2) Durante las horas de no ocupación, unas condiciones de conservación de las instalaciones con un mínimo de pérdidas del calor acumulado en el vaso de la piscina evitando condensaciones en la estructura del edificio.

El consumo energético dependerá de factores relacionados con los siguientes conceptos:

- Características tipológicas y tecnológicas de la instalación. Volumen y forma del pabellón, distribución interior, fuentes energéticas utilizadas.
- Las condiciones exteriores. La orientación, exposición del viento, etc.
- Las condiciones interiores. La temperatura del aire ambiente, del agua, humedad, iluminación.

Los consumos energéticos se pueden agrupar bajo los siguientes conceptos:

- Climatización de los ambientes internos.
- Climatización de agua para usos de los sanitarios.
- Climatización del agua del vaso de la piscina.
- Otros consumos. Funcionamiento de los equipos, iluminación, etc.

La incidencia de cada concepto en el consumo energético total varía según el tipo de instalación, tamaño y condiciones ambientales.

En el caso de las piscinas cubiertas, plantean necesidades energéticas superiores y más complejas que un pabellón deportivo. El funcionamiento de un ambiente interior con temperatura elevada y el control de la humedad a causa de la evaporación del agua del vaso de la piscina, se ha de resolver con instalaciones de climatización que controlen al mismo tiempo la aportación energética para calefacción y el tratamiento del aire ambiente.

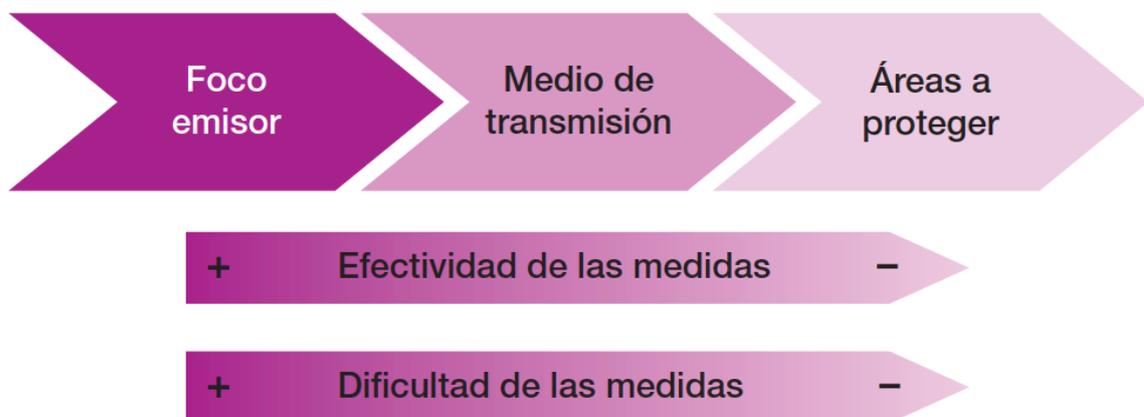
En las piscinas descubiertas el consumo energético prioritario suele ser el del agua caliente de uso sanitario, ya que la reglamentación prohíbe el calentamiento del agua de la piscina utilizando energías convencionales. Son instalaciones que aprovechan las energías alternativas.

Plan de autocontrol del sistema de ventilación y calefacción³

Introducción

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

³ Anticipamos aquí el Plan de Autocontrol específico del sistema de ventilación y calefacción. Más adelante, en el capítulo **Requisitos de seguridad en la gestión**, en el apartado El Protocolo de autocontrol, se habla del Plan de Autocontrol general

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.

Medios 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. Para más información, recomendamos ver tabla en dicha Instrucción Técnica.

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 re-dispersión 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.

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 mantener el nivel de humedad relativa del recinto de los vasos de las piscinas cubiertas por debajo del 65 %.

Funcionamiento y mantenimiento de la bomba de calor des-humectadora

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 importancia. 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 des-humectadora 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 los 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 con-

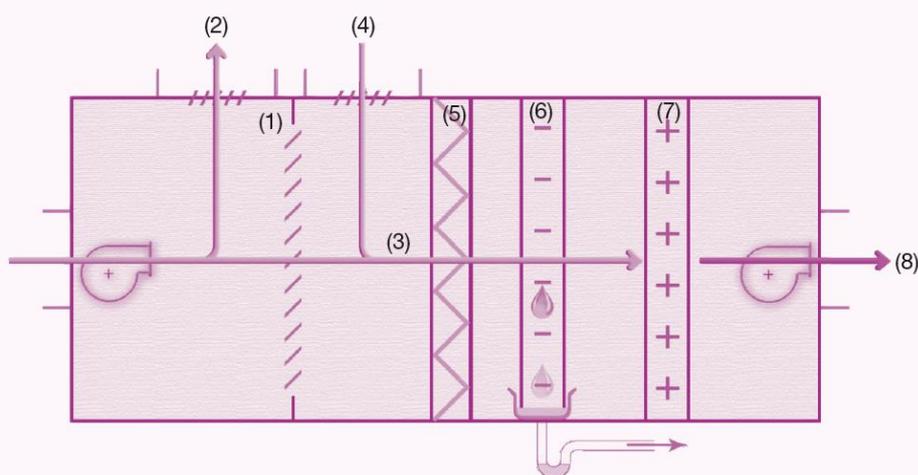
densando. Para minimizar este problema se aconseja, además, recircular cada hora, de 4 a 8 veces, todo el volumen del recinto de los vasos.

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).

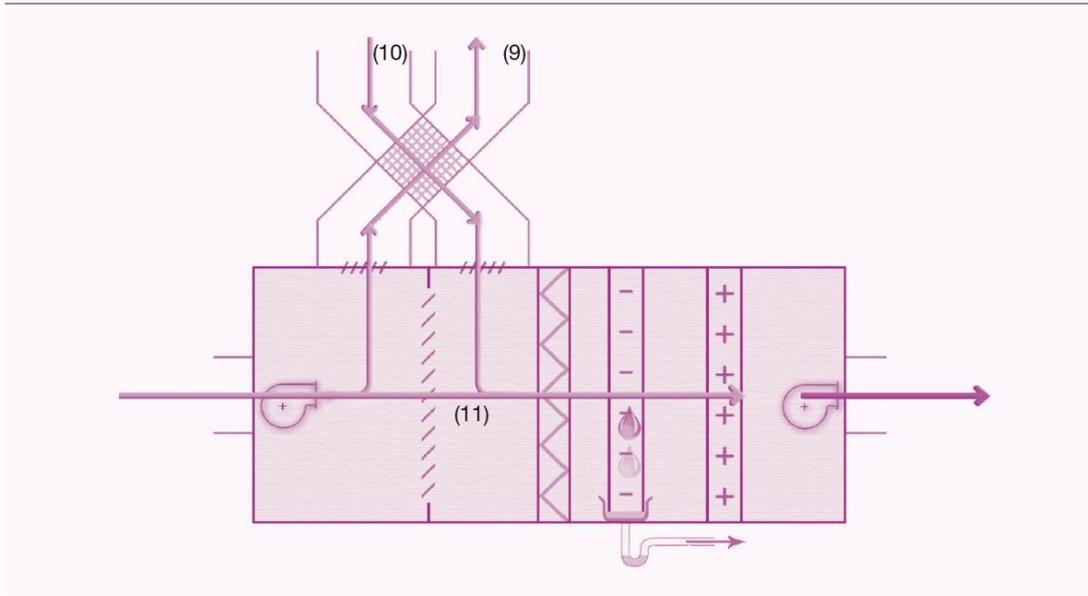
Opción 1



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



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.
- ✓ 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.

REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN

Legislación y normativas aplicables

Como hemos comentado en otros apartados, en el capítulo 1 de la presente guía se trata, de manera resumida, cuál es la legislación y las normas técnicas aplicables a las piscinas de uso público, incluidos los parques acuáticos. En este capítulo vamos a tratar con mayor profundidad todos aquellos aspectos a tener en cuenta en los requisitos de gestión y seguridad en las instalaciones.

Haremos referencia, en todo lo que sigue, a la documentación relacionada en el capítulo de Bibliografía, al final de la presente guía.

El titular de la instalación

Importancia de la actuación del titular de la instalación

La gestión de una instalación con piscinas de uso público va más allá del principal aspecto económico que siempre se tiene en cuenta. Cada vez es más importante considerar en las instalaciones los requisitos legales de gestión y seguridad, porque tienen un vínculo directo con el usuario final.

El titular de la piscina es el máximo responsable de la seguridad de la instalación, y, por lo tanto, debe ser el principal valedor de una gestión de la seguridad correctamente controlada.

Para evitar confusiones, el **RD742** define al **titular de la instalación** del siguiente modo: *“Persona física o jurídica, pública o privada o comunidad de propietarios que sea propietaria de la piscina, responsable del cumplimiento de este real decreto. En el caso de que la piscina sea explotada por persona física o jurídica diferente del propietario, será titular a los efectos de la explotación en relación con este real decreto **quien asuma dicha explotación**”*

Responsabilidades

A nivel nacional encontramos que el artículo 4 del **Real Decreto 742/2013, del 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas**, habla de las actuaciones y responsabilidades que tiene el titular de la instalación:

“Artículo 4. Actuaciones y responsabilidades

1. El titular de la piscina deberá comunicar la apertura de la misma a la autoridad competente, antes de su entrada en funcionamiento tras las obras de construcción o modificación de la misma. Dicha comunicación podrá ser realizada por medios electrónicos.

2. Una vez iniciada la actividad, el funcionamiento de la piscina es una responsabilidad exclusiva del titular, que deberá, por tanto, observar y cumplir las exigencias derivadas de esta norma y demás disposiciones vigentes sin perjuicio de que la administración competente establezca las medidas de vigilancia que estime pertinentes.

3. El titular de la piscina deberá registrar los datos relativos al autocontrol y situaciones de incidencias e incumplimiento, con las medidas correctoras adoptadas, preferentemente en soporte informático.

4. La autoridad competente pondrá a disposición de los titulares, una guía adecuada a su territorio para el diseño del programa de autocontrol de piscinas o en su defecto, un programa de vigilancia sanitaria de las piscinas para su ámbito territorial.”

Además de este **Real Decreto 742/2013**, existe la **Guía para la Elaboración del Protocolo de Autocontrol de Piscinas**; (Madrid, 10 de junio de 2014 - Ministerio de Sanidad, Secretaría General de Sanidad y Consumo) que ofrece una orientación a los titulares de instalaciones para desarrollar el **protocolo de autocontrol** que establece el artículo 11.5 del **Real Decreto 742/2013**. Hablaremos de esta guía en el último apartado de este capítulo.

Requisitos para la gestión de la seguridad

Introducción

Dentro de la gestión de la seguridad, se diferencia en esta guía 4 grandes requerimientos que reúnen toda la información para la correcta coordinación de la instalación. Estos requisitos son:

- i. Requisitos organizativos,
- ii. Requisitos de funcionamiento,
- iii. Instrucciones para los usuarios,
- iv. Requisitos de mantenimiento.

A nivel nacional no encontramos documentación que regule ninguno de estos grupos, pero por lo que respecta a las normativas técnicas europeas, existen actualmente dos normas principales de gestión en las que se basa esta Guía:

- **UNE-EN 15288-2: Piscinas. Parte 2: Requisitos de seguridad para el funcionamiento**, donde se establecen los requisitos generales de gestión para piscinas de uso público y parques acuáticos,
- **UNE-EN 1069-2: Toboganes acuáticos. Parte 2: Instrucciones**, donde se establecen los aspectos de seguridad en la gestión para los toboganes acuáticos.

Por este motivo vamos a dividir este capítulo en dos partes bien diferenciadas: todo lo relacionado con las piscinas de uso público en general (aplicable también a los parques acuáticos) y, por otro lado, los requisitos específicos aplicables a los toboganes acuáticos. Todo ello según las normas europeas anteriores

Piscinas de uso público

Requisitos organizativos

La gestión de una piscina consiste en su explotación y en la vigilancia de las instalaciones de las salas de máquinas y los equipos, de las atracciones y de las actividades acuáticas para los usuarios. Los requisitos organizativos para piscinas de uso público y parques acuáticos están definidos en el apartado 5 de la norma **UNE-EN 15288-2:2019**:

- *Requisitos generales del sistema de gestión de la seguridad*
- *Política de seguridad*
- *Organización y planificación de los Procedimientos y Seguridad y Gestión*

- *No conformidades, medidas correctivas y preventivas*
- *Control, medición y análisis, revisión y mejora*

Estos aspectos quedan desarrollados en los apartados **5.1** a **5.5** de la norma **UNE-EN 15288-2:2019**.

La evaluación de riesgos

Además de los requisitos arriba recogidos, encontramos que en el apartado **7** de la misma norma (**UNE-EN 15288-2:2019**) se habla de los requisitos de seguridad y/o medidas de protección y procedimientos para reducir los riesgos durante el funcionamiento de la piscina.

De hecho, una de las herramientas para optimizar la seguridad en las piscinas de uso público y parques acuáticos es la adecuada realización de una evaluación de riesgos. Como ayuda para realizarla, el Anexo A de la citada norma **UNE-EN 15288-2:2019** lista ejemplos de peligros y de posibles medidas para atenuarlos. Todos los requisitos seguridad y/o medidas de protección para reducir los riesgos durante el funcionamiento de la piscina deben dar, a su vez, a los correspondientes procedimientos. Estos procedimientos deben tener en cuenta, al menos, los peligros identificados, las posibles medidas propuestas y deben, asimismo, definir la probabilidad para la estimación del resto.

Los procedimientos de gestión

Se establece en el mismo apartado los procedimientos básicos a redactar:

- Requisitos generales de acceso y de aforo
- Disposiciones para la supervisión en la zona próxima a la piscina
- Requisitos operativos para la gestión de las piscinas supervisadas
- Requisitos operativos para las piscinas sin supervisión
- Alquiler de piscinas a terceros
- Requisitos operativos para el control de la piscina, de los edificios y del equipo técnico asociado
 - Disposiciones generales
 - Control de los equipos de la piscina y de los dispositivos de seguridad
 - Limpieza y desinfección de las instalaciones
 - Funcionamiento de los sistemas de tratamiento de agua
 - Funcionamiento de la calefacción ventilación y aire acondicionado
 - Funcionamiento del sistema de alumbrado
 - Mantenimiento del equipamiento de la piscina
 - Selección y seguridad en la entrega, almacenaje, manejo y utilización de los productos químicos
 - Aplicación y control de los productos químicos en el agua de la piscina

- Control de la calidad física, química y microbiológica del agua de la piscina
- Personal técnico: organización y formación
- Selección y uso de los EPI
- Procedimientos para el registro de incidentes y accidentes

Los procedimientos de emergencia

Cuando las piscinas dispongan de personal, se deben preparar y distribuir unos procedimientos al personal correspondiente para las siguientes emergencias previsibles:

- a) Incendio
- b) Fallo de la estructura / componentes / equipo
- c) Una víctima en el agua
- d) Contaminación fecal / por sangre / por vómito
- e) Falta de transparencia del agua de la piscina
- f) Violencia física
- g) Un acto terrorista
- h) El contacto con productos químicos
- i) La emisión de gas tóxico
- j) Fallos eléctricos
- k) Fallos de alumbrado
- l) Tormenta eléctrica
- m) Niño extraviado o encontrado

En estos procedimientos, dependiendo de cada circunstancia particular de cada piscina, se deben prever medidas para evitar que la emergencia se intensifique, para accionar la alarma, organizar el salvamento o la evacuación

El apartado 7.8 de la citada norma **UNE-EN 15288-2:2019** trata ampliamente el desarrollo de estos procedimientos de emergencia

Situaciones de incidencia

En este caso en concreto, si existe un artículo en el que la reglamentación nacional, **RD 742/2013**, define el procedimiento de actuación del titular de la instalación frente a una incidencia:

Artículo 13. Situaciones de Incidencia

1. Las situaciones de incidencia son las descritas en el apartado 7 del anexo V.
2. Una vez detectada la situación de incidencia, el titular deberá realizar las gestiones oportunas para conocer las causas, así como adoptar las medidas correctoras y preventivas.

3. *La autoridad competente deberá ser informada de la situación de incidencia. Dicha comunicación podrá ser realizada por medios electrónicos.*
4. *La autoridad competente deberá notificarlo, en el plazo máximo de un mes, al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. La notificación se realizará por medio o comunicación electrónicos a través de la página web del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y contendrá toda la información descrita en el anexo V.*

El anexo V de este Real Decreto diferencia los siguientes tipos de incidencia:

- a) *Ahogamientos*
- b) *Ahogamientos con resultado de muerte*
- c) *Lesiones medulares*
- d) *Traumatismos craneoencefálicos*
- e) *Quemaduras graves*
- f) *Electrocución*
- g) *Intoxicación por productos químicos*
- h) *Otras*

Habitualmente la comunicación de las incidencias a las Autoridades se puede realizar simplemente por correo electrónico.

Instrucciones para los usuarios

Por un lado, a nivel legislativo nacional, en el artículo 14 del Real Decreto 742/2013, se describe la información que el titular de la piscina deberá poner a disposición del usuario:

Artículo 14. Información al público.

El titular de la piscina pondrá a disposición de los usuarios en un lugar accesible y fácilmente visible, al menos, la siguiente información:

- b) *Los resultados de los últimos controles realizados (inicial, rutina o periódico), señalando el vaso al que se refieren y la fecha y hora de la toma de muestra. Estos análisis se expondrán al público en cuanto el titular de la piscina los obtenga.*
- c) *Información sobre situaciones de incumplimiento del anexo I o II, las medidas correctoras, así como las recomendaciones sanitarias para los usuarios en caso de que hubiera un riesgo para la salud.*
- d) *Material divulgativo sobre prevención de ahogamientos, traumatismos craneoencefálicos y lesiones medulares. En el caso de las piscinas no cubiertas, además dispondrá de material sobre protección solar.*

- e) *Información sobre las sustancias químicas y mezclas utilizadas en el tratamiento.*
- f) *Información sobre la existencia o no de socorrista y las direcciones y teléfonos de los centros sanitarios mas cercanos y de emergencia.*
- g) *Las normas de utilización de la piscina y derechos y deberes para los usuarios de la misma.*

Por otro lado, encontramos en la normativa europea, concretamente en el apartado 9 de la norma **UNE-EN 15288-2:2019**, que se habla de las instrucciones a los usuarios.

Las instrucciones para los usuarios en una piscina se deben dar de forma visible o audible, o mediante una combinación de ambas. La información proporcionada debe incluir instrucciones de seguridad.

La información debería de figurar preferiblemente en forma de símbolos gráficos, de acuerdo con las normas ISO correspondientes, si las hay. Se puede añadir un letrero suplementario con texto en el idioma/s del país donde se ubique la instalación y correspondientes a los usuarios previstos.

La citada norma indica que estas instrucciones para los usuarios deben contener la siguiente información:

- a. Normas para el uso de la instalación (apartado 9.2.2 de la norma)
- b. Información/instrucciones de seguridad – señales de seguridad (apartado 9.2.3 de la norma)
- c. Señales de emergencia y advertencia (apartado 9.2.4 de la norma)
- d. Plano básico orientativo de la instalación (apartado 9.2.5 de la norma)
- e. Información pública (apartado 9.2.6 de la norma)

Requisitos de mantenimiento

El último de los requerimientos para una correcta gestión de la seguridad se refiere a los requisitos de mantenimiento. Puesto que la normativa europea de piscinas no hace referencia a unos requisitos generales de mantenimiento, en este apartado hemos tomado como referencia el **Manual de mantenimiento para encargados de piscinas**, 2010, de la Comunidad de Madrid.

Dentro de este Manual, se hace una pequeña introducción a los aspectos mas importantes a considerar relativos a la calidad del agua; dureza, pH y alcalinidad.

En un segundo capítulo, queda recogida la información referente a los agentes causantes de la contaminación y las fuentes de contaminación. Todo ello ha sido tratado ya en esta Guía Técnica en capítulos anteriores.

El tercer capítulo corresponde al tratamiento del agua, dónde se definen las diversas formas de tratamiento del agua para la obtención de los parámetros a cumplir. Igualmente hemos tratado ya ampliamente estos temas en capítulos anteriores de esta Guía Técnica.

Recomendaciones de mantenimiento

El **Manual de mantenimiento para encargados de piscinas**, establece unas recomendaciones para el correcto control del agua de la piscina y de las partes de la instalación:

1. pH
2. Cloro
3. Depuradora
4. Renovación del agua
5. Mantenimiento del vaso
6. Consejos al usuario

En estos seis apartados se resuelven las preguntas; *¿qué hacer?*, *¿por qué?* y *¿cómo?*, que sirven de ayuda al mantenedor para el seguimiento del mantenimiento.

Además de las recomendaciones anteriormente mencionadas, el Manual define unas exigencias sobre otros aspectos a considerar como son las medidas de seguridad y la salubridad de las instalaciones: vestuarios y aseos.

1. Medidas de seguridad

Para garantizar la seguridad de los usuarios:

- a) *Se exige la presencia permanente de un socorrista experto en técnicas de reanimación.*
- b) *Se prohíbe la existencia de palancas de saltos y trampolines*
- c) *En las proximidades de los ángulos del vaso y en las zonas de cambio brusco de pendiente se instalarán escaleras tubulares metálicas, con pelados antideslizantes, empotradas al menos en su parte superior.*
- d) *Las instalaciones anexas como maquinarias, aparatos de elevación de agua, generadores eléctricos, almacén de material, etc., estarán emplazados en lugares independientes de los destinados al público y en la forma que en cada caso establezca la Reglamentación aplicable.*
- e) *Las instalaciones eléctricas han de cumplir lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.*

2. Salubridad de las instalaciones: vestuarios y aseos.

- a) *Los aseos dispondrán en todo momento de agua corriente que habrá de tener la calificación de potable, y estarán dotados de toallas mono-uso, dosificador de jabón líquido y papel higiénico.*
- b) *Los servicios deberán disponer de ventilación adecuada y estar contruidos con materiales impermeables de fácil desinfección y piso antideslizante que evite encharcamientos.*
- c) *La limpieza y desinfección será diaria*
- d) *Los vestuarios contarán con dos accesos: uno para personas vestidas y otra para personas en traje de baño.*

Toboganes acuáticos

Requisitos organizativos

En el caso de las instalaciones con toboganes acuáticos, a parte de todos los requisitos organizativos que se han mencionado para piscinas, la norma **UNE-EN 1069-2:2017**, en sus apartados **4.2** y **4.3** define el procedimiento previo a la explotación técnica de la instalación acuática.

En la norma se desarrollan los siguientes puntos:

- directrices para la valoración de los riesgos relacionados con la explotación,
- reducción de riesgos,
- elementos básicos para la identificación de la supervisión adecuada.

El operador debe adoptar por un lado deberá realizar una evaluación de riesgos en base a los riesgos relacionados con el diseño, que sirva de base para la supervisión. Posteriormente, deberá adoptar las medidas necesarias para minimizar los riesgos, teniendo en cuenta el comportamiento de los usuarios e identificar una estrategia partiendo de las siguientes opciones:

- supervisión total permanente en la zona de salida y en la piscina de recepción
- control técnico adecuado en la distancia entre usuarios
- un nivel adecuado de supervisión/medidas técnicas como resultado de la evaluación de riesgos.

Cuando se determine la supervisión del tobogán, se debe tener en cuenta el uso de signos de obligación y prohibición y de símbolos de información al público (véase **INSTRUCCIONES PARA LOS USUARIOS**).

Requisitos de funcionamiento

Por lo que hace referencia a la normativa de toboganes acuáticos, en el apartado 4.5 de la norma **UNE-EN 1069-2:2017**, se establecen las directrices relativas a las instrucciones de explotación, que deben ser aportadas por el operador y deben incluir:

- una explicación detallada de los controles y su función,
- los procedimientos recomendados de acceso y salida de los usuarios, las posiciones de deslizamiento exclusivamente autorizadas y cualquier limitación necesaria para evitar sobrecarga estática del tobogán acuático,
- las condiciones de limitación prescritas, especificando posibles limitaciones para los usuarios, los límites de velocidad, el tiempo de deslizamiento y el número máximo de usuarios,
- los procedimientos de evacuación de emergencia,
- cualquier limitación relacionada con el entorno, por ejemplo; las condiciones de viento, lluvia, nieve, durante las que no se debe utilizar el tobogán acuático,
- los detalles de mantenimiento, revisiones o reparaciones, la cualificación de personal de mantenimiento y la especificación relativa a la elección de las piezas de recambio adecuadas.

Instrucciones de emergencia

Encontramos en el apartado 4.6 de la **UNE-EN 1069-2:2017**, que la norma de toboganes acuáticos no hace mucho hincapié en las instrucciones de emergencia, pero describe lo siguiente:

“El operador, con la colaboración de las autoridades pertinentes, debe facilitar por escrito al personal competente unas directrices para situaciones de emergencia.”

Ya en el apartado 4.7 de la norma **UNE-EN 1069-2:2017**, se habla del libro de registro de incidentes, dónde se obliga al operador a registrar, controlar y analizar los accidentes relacionados con el uso del tobogán, para realizar los cambios y mejoras pertinentes de cara a evitar futuros sucesos.

Instrucciones para los usuarios

Por lo que respecta a la norma de toboganes acuáticos, **UNE-EN 1069-2:2017** apartado 5, el requisito de instrucciones para los usuarios se divide en 3 partes:

- a. Planificación y uso de la señalización (figuras anexo A de la norma mencionada):

“Es responsabilidad del fabricante definir y notificar/facilitar la señalización adecuada en el momento de la puesta en servicio. Sobre la base de los resultados de la evaluación de riesgos, el operador debe identificar e

instalar toda la señalización complementaria apropiada para garantizar la seguridad de uso y explotación del tobogán acuático en particular”.

- b. Señalización a la entrada del tobogán:

“Los símbolos gráficos requeridos para su inclusión en el sistema de señalización deben incluir todos aquellos determinados como resultado de la evaluación de riesgos.”

Se indican en el apartado 5.2 de la norma las señales mínimas de seguridad y símbolos de información al público.

- c. Información complementaria para el usuario:

Se describen en este apartado las instrucciones de uso de los posibles riesgos añadidos conforme a la evaluación de riesgos (se incluye algún ejemplo).

Protocolo general de mantenimiento

Piscinas de uso público

Generalidades

El objetivo principal de este apartado es definir los diferentes pasos a realizar para un correcto mantenimiento de la piscina. Este protocolo de mantenimiento es general para cualquier piscina, teniendo que ser adaptado a sus instalaciones por el gestor/operador de la mano del departamento de mantenimiento o la empresa mantenedora.

El primer paso se trata de realizar una perfecta puesta a punto de la piscina (entendiendo que la piscina está vacía):

1. Comprobar el estado en el que se encuentra el equipamiento de la piscina: bombas, filtros, válvulas, equipamiento de piscina (escaleras, dispositivos de entrada y salida de aire, etc.)
2. Realizar una limpieza a fondo de paredes y suelo. Ayuda a prevenir la aparición de hongos y algas. Se recomienda realizar la limpieza a temperaturas bajas y sin sol.
3. Llenado del vaso de la piscina. Realizar una cloración de choque inicial para prevenir la posible proliferación de bacterias.
4. Ajustar el pH para situarlo en los parámetros exigidos.
5. Configurar el tratamiento físico y químico elegido para la piscina y empezar la filtración y dosificación correspondiente.

Mantenimiento preventivo

Una vez realizada la puesta a punto de la piscina, es muy importante realizar un buen mantenimiento preventivo. Si controlamos los aspectos principales para que la piscina se mantenga limpia, evitaremos tener que realizar tareas extra para solucionar los problemas que se generen.

La organización de las tareas es una parte fundamental en el mantenimiento preventivo de la piscina. Podemos establecer una serie de tareas diarias como:

- Medición y regulación de floculante, cloro, etc.
- Comprobar el estado de pH del agua
- Mantener limpia la superficie del agua
- Controlar el sistema de filtración
- Controlar el sistema de dosificación
- Renovación del agua según sea necesario
- Actualizar libro de registros

Algunas de las tareas de mantenimiento no requieren realizarse a diario por lo que se puede programar en la planificación de cada instalación, las siguientes tareas semanales:

- Limpiar canales de rebosadero y remates de piscina
- Añadir antialgas si se excede en 25°C la temperatura del agua, si hay lluvia, etc.
- Añadir un extra de floculante para posteriormente facilitar la limpieza con barrendera, malla recoge hojas, etc.
- Limpieza de prefiltros
- Lavado y purga de filtros
- Control y reposición de los productos químicos utilizados.
- Control y mantenimiento de las bombas dosificadoras y limpieza de las bocas inyectoras.
- Limpieza del equipo de análisis
- Acondicionamiento y limpieza del local técnico y del local de almacenamiento de producto químico.

Por último, a continuación, se describen algunas tareas semestrales o anuales en función del tiempo de funcionamiento de las piscinas [funcionamiento ininterrumpido o por temporada (algunos meses)]:

- Vaciado y limpieza del vaso
- Desincrustación y limpieza de los filtros.
- Control del estado de las tuberías de filtración y bombeo
- Revisión del estado de las bombas

Inspección del estado del vaso

Hibernaje

En el caso de tratarse de una piscina pública de uso por temporadas, se recomienda seguir los siguientes pasos para un correcto hibernaje de la piscina:

- A. Tras un vaciado de la piscina:
 - Limpiar la piscina, usando un buen cepillo y un producto desincrustante si fuera necesario, friega bien las paredes y pasa el limpiafondos.
 - Llenar de nuevo la piscina.
 - Durante el invierno también es importante mantener los valores del pH entre 7.2-7.6. Para ello, analiza el pH con productos específicos para ello, y si es necesario añade un minorador o incrementador, hasta lograr el valor dentro de los parámetros.
 - Hacer también una cloración de choque.
 - Dejar en funcionamiento el filtro durante 8 horas para asegurar una perfecta distribución del producto en el agua.
 - Al día siguiente realizar un lavado completo del filtro.
- B. Si no se realiza un vaciado de la piscina:
 - Si se habita en una zona de climas fríos, es aconsejable bajar el nivel del agua de la piscina por debajo del rebosadero y se deben vaciar las conducciones y el filtro. Se recomienda colocar algún objeto en la superficie de la piscina para amortiguar la presión del hielo como por ejemplo un flotador de hibernación.
 - En climas moderados, recomendamos hacer funcionar el filtro periódicamente, siempre que sea posible.
 - Si existe la posibilidad, es interesante cubrir la piscina con un cobertor.
 - Tratar la piscina de forma periódica para mantener durante el invierno los valores recomendados.

No hay que olvidar que preparar la piscina para el invierno es tan importante como su puesta a punto para el verano. Cuidar de la piscina en invierno ahorrará mucho trabajo y producto mal gastado en verano.

Toboganes acuáticos

Generalidades

A diferencia de la norma europea de piscinas, la normativa de toboganes **UNE-EN 1069-2:2017**, en su apartado 7, habla de las instrucciones de mantenimiento.

“Bajo la responsabilidad del operador, se deben seguir las instrucciones de mantenimiento para los toboganes y sus accesorios, tal y como las entregue el fabricante/proveedor.”

Si no está regulada por exigencias reglamentarias o instrucciones de los fabricantes, la frecuencia de mantenimiento debe ser al menos una vez al año.”

A continuación, se describen las operaciones de mantenimiento, reparación y/o modificación que deben ser registradas en el libro de mantenimiento y controlados por el operador:

- *el período de vida;*
- *una lista de los componentes (por ejemplo; juntas, superficies) que requieran de una inspección regular, la frecuencia recomendada de inspección (expresada preferiblemente en horas) y el método de inspección, por ejemplo; visual;*
- *una lista de cualquier ensayo específico a realizar;*
- *recomendaciones relativas al mantenimiento eléctrico;*
- *los requisitos para la limpieza y el mantenimiento particular de los elementos de acero inoxidable maleable y los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV);*
- *recomendaciones relativas a la eliminación de los depósitos del propio tobogán, por ejemplo, cal, grasas corporales.”*

También se debe registrar y controlar:

- Revisiones (apartado 7.2 de la norma)
- Reparaciones (apartado 7.3 de la norma)
- Modificaciones (apartado 7.4 de la norma)

Es importante saber que tras cualquier modificación mencionada en el apartado 7.4 de la **UNE-EN 1069-2:2017**, las piezas afectadas deben someterse a una minuciosa inspección por parte de un organismo independiente y a una actualización de la evaluación de riesgos antes de volver a usar el tobogán acuático. La documentación aprobada debe incluirse en el libro de registro.

Inspecciones

Como complemento de los requisitos de mantenimiento de los toboganes acuáticos (mencionados arriba), cabe destacar la importancia de las inspecciones en estos elementos. En el apartado 8 de la **UNE-EN 1069-2:2017**, se definen las 2 inspecciones que a las que deben someterse estos toboganes.

- Inspecciones a efectuar por el operador:
 - Inspección visual rutinaria

Tiene como objetivo identificar riesgos obvios derivados del vandalismo, uso o condiciones meteorológicas. **Diariamente** se verificará de cada tobogán, antes de su uso:

- ✓ su limpieza
- ✓ la integridad estructural
- ✓ daños
- ✓ alteraciones
- ✓ caudal correcto de agua
- ✓ desgaste excesivo
- ✓ presencia de cuerpos extraños

Estas inspecciones se registrarán en el libro de registro diario

○ Inspección periódica

En intervalos de uno a tres meses, o cuando indique el fabricante, se realizará una inspección más detallada para verificar el funcionamiento y la estabilidad del equipo. Esta inspección incluye:

- ✓ Verificación de la superficie del tobogán (desde el interior del mismo)
- ✓ Verificación de las juntas para detectar posibles roturas o fisuras
- ✓ Detección de posibles signos de oxidación
- ✓ Verificación de la estabilidad de la estructura durante su uso
- ✓ Inspección del desgaste

Estas inspecciones se registrarán en el **libro de registro diario**.

- Inspección periódica minuciosa independiente:

Debe realizarse al menos una vez al año, antes del inicio de la temporada, por un experto independiente que tenga los conocimientos técnicos y prácticos necesarios, y experiencia en el campo de los toboganes acuáticos.

○ Procedimiento de Inspección:

- ✓ Consultar el libro registro, especialmente los informes de última inspección o inspecciones
- ✓ Consultar el libro registro de los accidentes ocurridos
- ✓ Realizar inspección visual, que puede ser necesario completar mediante ensayos no destructivos
- ✓ Verificar si el tobogán parece estar completo y sin modificaciones
- ✓ Verificar todos los elementos relacionados con la seguridad y la integridad estructural (desmontándolos si fuera necesario) para detectar, por ejemplo, posibles signos de desgaste, corrosión interna o externa o fisuras
- ✓ Examinar la protección de la superficie
- ✓ Realizar un ensayo funcional de todos los elementos, incluyendo la instalación eléctrica
- ✓ Verificar que el caudal de agua y el control de la distancia se ajustan a las especificaciones de diseño
- ✓ Evaluar la necesidad de realizar un ensayo practico como el indicado en el capítulo anterior.

- Ensayo práctico periódico de deslizamiento:

Se debe realizar un ensayo práctico de deslizamiento en intervalos no superiores a 3 años, para confirmar que las condiciones básicas, tal como se sometieron a ensayo en el momento de la puesta en servicio, siguen siendo válidas. El resultado de este ensayo se debe registrar y lo debe efectuar una persona aprobada por el experto independiente.

El papel de la empresa mantenedora de la piscina

El principal requisito que exige la legislación nacional, **RD 742/2013**, con respecto a la puesta a punto y mantenimiento de las piscinas hace referencia al personal:

Artículo 8. Personal.

El personal para la puesta a punto, el mantenimiento y la limpieza de los equipos e instalaciones de las piscinas deberá contar con el certificado o título que le capacite para el desempeño de esta actividad mediante la superación de los contenidos formativos que a tal efecto establezca el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y en las condiciones que éste determine.

Actualmente no se ha conseguido crear un curso formativo a nivel nacional de mantenedor de piscinas, pero desde ASOFAP se imparten varios cursos para mejorar la cualificación de los trabajadores de mantenimiento de piscinas e instalaciones acuáticas:

- Curso de Mantenimiento Profesional de la Piscina
- Curso en Mantenimiento de piscinas. Nivel Perfeccionamiento.
- Curso en Tratamiento Físico y Químico de piscinas
- Curso de Dimensionamiento Hidráulico de la Piscina

El Protocolo de autocontrol de piscinas

En el artículo 11.5 del **Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas**, se describen en el ámbito de aplicación los requisitos esenciales que contempla la **Guía para la Elaboración del Protocolo de Autocontrol de Piscinas, de 10 de junio de 2014**.

Tal y como se introduce en la guía, este documento sirve como herramienta para desarrollar unos procedimientos con el fin de servir de ayuda al titular de la instalación en la elaboración de su protocolo de autocontrol, teniendo siempre en el horizonte la finalidad de proteger la salud y seguridad de los usuarios.

La Guía de Autocontrol está estructurada en 7 apartados:

1. Tratamiento del agua de cada vaso y el aire de la piscina
2. Control del agua
3. Mantenimiento de la piscina
4. Limpieza y desinfección
5. Seguridad y buenas prácticas
6. Plan de control de plagas
7. Gestión de proveedores y servicios

En el documento al que se hace referencia, se recomienda seguir las siguientes pautas para organizar el contenido de los procedimientos:

- 1) Descripción del procedimiento.
Puede contener un esquema del proceso, un diagrama, una descripción detallada, etc. Cada procedimiento tiene unas necesidades.
- 2) Control de la ejecución.
Las acciones que se llevan a cabo para verificar que el procedimiento se realiza de forma correcta.
- 3) Registros.
Control de los documentos (registros, listados, etc.) que constatan la realización de los procedimientos.

Existe un octavo apartado (8. Revisión y Mejora) cuyo objetivo es mejorar el protocolo de autocontrol específico de las piscinas, incorporando mejoras (provenientes de sugerencias o quejas de usuarios, observaciones del personal, resultados de encuestas, análisis de los registros, etc.).

En el Anexo I de la Guía de Autocontrol se encuentra el glosario utilizado en esta y en el Anexo II, está listada la legislación básica sobre la que se referencia la guía.

Se puede encontrar mas información sobre la **Guía para la Elaboración del Protocolo de Autocontrol de Piscinas**, en el apartado **Otras normas y documentos de referencia** del capítulo **Bibliografía y Referencias** de este documento.

SILOÉ: Remisión de información

Uno de los instrumentos que el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social utiliza para la coordinación con las administraciones autonómica y local son los sistemas de información sanitaria.

SILOE es un sistema de información que tiene por objeto proporcionar a las autoridades sanitarias de las distintas administraciones la información necesaria para detectar y prevenir riesgos para la población, derivados del uso recreativo, deportivo o terapéutico de las piscinas.

Encontramos en el **Real Decreto 742/2013**, el artículo que hace referencia a esta información:

Artículo 15. Remisión de Información

- 1. Al menos en el caso de piscinas de uso público, la autoridad competente remitirá al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad*, por medio o comunicación electrónicos, antes del 30 de abril de cada año, la información del año anterior, relativa a los datos descritos en el anexo IV. En el caso de no variar la información de la piscina relativa a las partes A y B del anexo IV, su notificación será, al menos, cada 5 años, empezando en el año de entrada en vigor de la presente norma.*
- 2. En el seno de la Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud se consensuarán los mecanismos para la remisión de la información contenida en el anexo IV.*

Este anexo IV que menciona la norma está dividido en 3 partes:

- Parte A: Instalación
- Parte B: Tratamiento del agua de los vasos de la piscina
- Parte C: Muestreo por vasos

LA SEGURIDAD INTEGRAL

Generalidades

Como ya se ha dicho desde el principio de esta Guía Técnica:

"Las piscinas de uso público son aquellas abiertas al público o a un grupo definido de usuarios, no destinadas únicamente a la familia e invitados del propietario/gestor, con independencia del pago de un precio de entrada".

Así las define tanto la norma europea de piscinas como el **RD 742/2013** de calidad de agua en piscinas. Estamos por tanto ante el inmenso mundo de las piscinas municipales, polideportivas, balnearios y spas, pero también nos estamos refiriendo a la gran cantidad de piscinas existentes en hoteles, campings y parques acuáticos. Este último conjunto de instalaciones se está dotando cada vez más de elementos lúdicos para satisfacer la demanda creciente de los usuarios.

El conjunto de la actividad generada por la industria turística supone en nuestro país un 16% del PIB (siendo 9,6% la media que registran el conjunto de países de la Unión Europea). Por tanto, podemos imaginar que el crecimiento turístico está viniendo acompañado por un crecimiento de instalaciones de ocio acuático. Y como todo crecimiento, tampoco es ajeno al intrusismo, a las malas prácticas y, en consecuencia, a un impacto negativo en la seguridad de este tipo de instalaciones que son visitadas asiduamente por multitud de público de muchos países.

El concepto de “seguridad”

El concepto de "seguridad" no significa que haya una ausencia de riesgos o peligros. Diariamente están a nuestro alrededor, pero por experiencia sabemos dónde están y cómo debemos afrontarlos. Teniendo esto en mente, podríamos decir que como usuarios de piscinas deberíamos utilizar nuestros sentidos y nuestra razón para evitar daños.

Pero no todos los visitantes y usuarios de una piscina tienen experiencia con los riesgos típicos que pueden experimentar. En consecuencia, el propietario o gestor de la

instalación debe informar a sus clientes sobre cualquier aspecto y/o riesgo particular que pudiera existir.

El término "seguridad" significa, por tanto, la posibilidad concreta de no ser dañado física o materialmente (para visitantes y usuarios), pero también de no ser denunciado y tener consecuencias legales en caso de accidentes (para propietarios y gerentes).

En adelante, damos por hecho que los empleados de la instalación acuática / piscina deben cumplir con los requisitos que marca la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales** en todo lo que concierne a las tareas desempeñadas en sus puestos de trabajo. Aquí nos vamos a centrar en la seguridad desde el punto de vista de los usuarios de la instalación en sí.

La seguridad física y la seguridad operativa

La seguridad en una piscina depende fundamentalmente de dos factores: la propia seguridad de los equipamientos ("seguridad física") y los procedimientos internos de gestión del responsable de la instalación ("seguridad operativa"). Los dos son importantes y los dos se han de cuidar hasta el más mínimo detalle. Sin embargo, independientemente de cuál sea el origen de un accidente o incidente, el responsable siempre es el mismo: el gestor de la instalación.

Por tanto, el gestor debe ser el responsable de velar por ofrecer la máxima seguridad en ambos aspectos. Pero, además, hay una consecuencia muy directa de un posible incidente o accidente en una de estas instalaciones (después del propio daño en sí sobre las personas): la cuenta de resultados. Una instalación con elevada siniestralidad tiene un impacto negativo en la popularidad. Hoy en día las redes sociales se hacen eco inmediatamente tanto de los aspectos positivos como negativos de cualquier experiencia, por ello debemos ser muy cuidadosos en garantizar la seguridad INTEGRAL (física y operativa) de nuestra instalación. Primero por el bien de nuestros clientes, pero también por la propia viabilidad de nuestro negocio.

Los socorristas

No debemos ser inocentes y pensar que una piscina segura es una piscina con socorristas. Los socorristas son un elemento más en la gestión de la seguridad de la instalación y forma parte de los procedimientos internos de trabajo puestos en marcha por el gestor. En este sentido, se deben seguir los requisitos que exigen las **reglamentaciones autonómicas**, pero la manera más eficiente es la realización de una adecuada **Evaluación de Riesgos** por parte del gestor de la instalación y que en ella se definan claramente los medios puestos a disposición para que la piscina sea lo más

segura posible, minimizándose los riesgos. El RD 742/2013 no trata el tema de los socorristas y su necesidad.

Algunos decretos indican el número mínimo de socorristas necesarios en función únicamente de la lámina de agua. No obstante, **estos números no son siempre aplicables y deberán ajustarse en una adecuada evaluación de riesgos** (a realizar por parte de los gestores de la instalación), puesto que depende de la forma de la piscina, la tipología, si tiene juegos u otros obstáculos en su interior, si es una piscina de recepción de toboganes, etc. Dicha evaluación de riesgos nos dará una indicación del tipo de supervisión necesario.

La seguridad integral en una instalación acuática

La seguridad física

Como ya hemos tratado a lo largo de toda esta Guía Técnica, los equipamientos han de cumplir las reglamentaciones (legislación de obligado cumplimiento) vigentes a nivel nacional, autonómico y municipal. Pero, además, para poder tener un nivel adecuado de seguridad, es necesario que la instalación cumpla con las normas técnicas existentes, que en el caso que nos ocupa se han desarrollado a nivel europeo (normas EN) y todos los estados miembros de la Unión Europea las han traducido directamente y convertido en normas técnicas nacionales (normas UNE-EN).

A pesar de que ya hemos dicho que estas normas técnicas “no son de obligado cumplimiento”, hemos de resaltar una vez más que incluso muchos decretos autonómicos de piscinas de uso público ya incluyen lo siguiente para el caso de los toboganes acuáticos (a modo de ejemplo): *“Los aparatos acuáticos o deslizadores (pistas, kamikazes, toboganes, espirales, hidrotubos o cualquier otro que determine el avance tecnológico), serán diseñados y contruidos según especifiquen las normas técnicas para este tipo de instalaciones. En cualquier caso, estará garantizado por el fabricante y proyectista que la correcta utilización de los aparatos acuáticos no comportará peligro para el usuario”*.

Por tanto, mejor será que el gestor de la instalación se asegure de que su parque o piscina de uso público cumpla también con todos los requisitos técnicos incluidos en las normativas de rango europeo. Y en caso de contradicción (que existe), utilizar siempre el criterio más restrictivo.

La seguridad operativa

Lo mismo ocurre con la gestión de la instalación. Muchos reglamentos autonómicos hablan de requisitos relacionados con la gestión, pero las normativas europeas de piscinas de uso público y de toboganes y juegos acuáticos son de gran ayuda a los gestores para poder definir unos procedimientos de gestión muy completos desde el punto de vista de la seguridad. Estos son algunos ejemplos de normas aplicables (ya tratados en capítulo anteriores):

- **UNE-EN 15288-2: Piscinas. Requisitos de seguridad para el funcionamiento**
- **UNE-EN 1069-2: Toboganes acuáticos. Instrucciones.**

Y a esto hemos de añadir la nueva normativa europea que se publicará dentro de unos meses titulada: **EN 17232 Juegos acuáticos. Requisitos de seguridad, métodos de ensayo y requisitos de funcionamiento.**

En definitiva, es imprescindible que el gestor de una instalación de ocio acuático (piscina, centro wellness, parque acuático, zona de juegos acuáticos infantiles, etc.), como máximo responsable de la seguridad de los usuarios que acuden diariamente a su recinto, **garantice** que tanto el diseño de la misma, como los equipamientos utilizados en su construcción y también los procedimientos de gestión interna, cumplen con todos los requisitos (leyes obligatorias, normas técnicas recomendables y guías de buenas prácticas de las asociaciones del sector, como esta misma) para que sus clientes disfruten de un ocio seguro, que sin duda será para él también un ocio rentable.

La seguridad como camino, no como fin

La seguridad debe evaluarse de manera continua en fase de diseño, de ingeniería, durante la ejecución de las obras, durante la instalación de los equipamientos, en la puesta en marcha y durante el funcionamiento de la instalación, durante toda su vida útil.

Además, durante todo este proceso, se puede certificar por parte de empresas externas el cumplimiento de todas las normas de seguridad. ¿Garantiza esto que no habrá accidentes? Evidentemente NO, pero sí demostrará al mercado que **el gestor de la instalación hace todo lo que está su alcance** para minimizar los peligros y los riesgos. Con ello se consiguen usuarios más satisfechos, que se divierten más y mejor y, adicionalmente, mejora nuestra cuenta de resultados de forma automática.

Invertir en seguridad sale MUY barato.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Normativas Técnicas⁴

Piscinas de uso público

- 📖 **UNE-EN 15288-1:2019** Piscinas. Parte 1: Requisitos de seguridad para el diseño
- 📖 **UNE-EN 15288-2:2019** Piscinas. Parte 2: Requisitos de seguridad para el funcionamiento

Equipamiento de piscinas

- 📖 **UNE-EN 13451-1:2012+A1:2018** Equipamiento para piscinas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo
- 📖 **UNE-EN 13451-2:2016** Equipamiento para piscinas. Parte 2: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para escalas, escaleras y barandillas
- 📖 **UNE-EN 13451-3:2012+A3:2016** Equipamiento para piscinas. Parte 3: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo específicos adicionales para los dispositivos de admisión y salida de aire/agua y para los accesorios destinados al ocio que utilicen agua/aire
- 📖 **UNE-EN 13451-4:2015** Equipamiento para piscinas. Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para plataformas de salida
- 📖 **UNE-EN 13451-5:2015** Equipamiento para piscinas. Parte 5: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para las líneas de calle
- 📖 **UNE-EN 13451-6:2001** Equipamiento para piscinas. Parte 6: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para placas de giro

⁴ Todas las normas técnicas nacionales y europeas aplicables al sector de la piscina, se encuentran disponibles en el área Privada de la web de ASOFAP (www.asofap.es) de forma gratuita para los asociados.

- 📖 **UNE-EN 13451-7:2001** Equipamiento para piscinas. Parte 7: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para porterías de waterpolo
- 📖 **UNE-EN 13451-10:2019** Equipamiento para piscinas. Parte 10: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para plataformas de salto, trampolines de salto y equipamiento asociado
- 📖 **UNE-EN 13451-11:2014** Equipamiento para piscinas. Parte 11: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para suelos móviles de piscina y paneles móviles
- 📖 **UNE-EN 1069-1:2017** Toboganes acuáticos. Parte 1: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo
- 📖 **UNE-EN 1069-2:2017** Toboganes acuáticos. Parte 2: Instrucciones
- 📖 **PNE-prEN 17232** Water play equipment and features. Safety requirements, test methods and operational requirements⁵

Legislación Nacional Aplicable

- 📖 Código Técnico de la Edificación (CTE).
- 📖 **Real Decreto 865/2003**, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la **prevención y control de la legionelosis**.
- 📖 **Real Decreto 656/2017**, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de **Almacenamiento de Productos Químicos** y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- 📖 **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)**.
- 📖 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- 📖 **Real Decreto 1054/2002**, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el **registro, autorización y comercialización de biocidas**.
- 📖 **Real Decreto 255/2003**, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre **clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos**.
- 📖 **Real Decreto 656/2017, de 23 de junio**, por el que se aprueba el **Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos** y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- 📖 **Real Decreto 1801/2003** de 26 de diciembre, sobre **seguridad general de los productos**

⁵ Esta norma técnica se encuentra en fase final de redacción a nivel europeo. Se estima su trasposición y publicación por UNE en nuestro país hacia finales de 2019.

Legislación Autonómica Aplicable

Andalucía

- 📖 Decreto 224/1988, de 28 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Parques Acuáticos al aire libre de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- 📖 Decreto 141/2011, de 26 de abril, de modificación y derogación de diversos decretos en material de salud y consumo para su adaptación a la normativa dictada para la transposición de la Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior. (Artículo tercero)
- 📖 Decreto 155/2018, de 31 de julio, por el que se aprueba el Catálogo de Espectáculos Públicos, Actividades Recreativas y Establecimientos Públicos de Andalucía y se regulan sus modalidades, régimen de apertura o instalación y horarios de apertura y cierre.
- 📖 Decreto 485/2019, de 4 de junio, por el que se aprueba el Reglamento Técnico-Sanitario de las Piscinas en Andalucía.

Aragón

- 📖 Decreto 50/1993, de 19 de mayo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso público.
- 📖 Decreto 53/1999, de 25 de mayo, del Gobierno de Aragón, de modificación del Decreto 50/1993, de 19 de mayo, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso público.
- 📖 Decreto 119/2006, de 9 de mayo, del Gobierno de Aragón, de modificación del Decreto 50/1993, de 19 de mayo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso público.

Canarias

- 📖 Ley 11/1994, de 26 de julio, de Ordenación Sanitaria de Canarias. (WEB ASOFAP)
- 📖 Decreto 212/2005, de 15 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- 📖 Decreto 119/2010, de 2 de septiembre, que modifica parcialmente el Decreto 212/2005, de 15 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- 📖 Ley 7/2011, de 5 de abril, de actividades clasificadas y espectáculos públicos y otras medidas administrativas complementarias. (WEB ASOFAP)

Cantabria

- 📖 Decreto 72/2008, de 24 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Sanitario de Piscinas de Uso Colectivo de la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- 📖 Decreto 56/2009, de 2 de julio, por el que se modifica el Decreto 72/2008, de 24 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Sanitario de Piscinas de Uso Colectivo de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Castilla-La Mancha

- 📖 Decreto 72/2017, de 10 de octubre de 2017, por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas en Castilla-La Mancha.

Castilla y León

- 📖 Decreto 106/1997, de 15 de mayo, por el que se modifica el art. 3º del Decreto 177/1992.

Cataluña

- 📖 Decreto 95/2000, de 22 de febrero, por el cual se establecen las normas sanitarias aplicables a las piscinas de uso público.
- 📖 Decreto 165/2001, de 12 de junio, de modificación del Decreto 95/2000.
- 📖 Decreto 271/2001, de 9 de octubre, por el cual se establecen los requisitos técnico-sanitarios que han de cumplir con los servicios de balneoterapia e hidroterapia.
- 📖 Decreto 352/2004, de 27 de julio, por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias para la prevención y el control de la legionelosis.

Comunidad de Madrid

- 📖 Decreto 128/1989, de 20 de diciembre, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de los parques acuáticos.
- 📖 Decreto 80/1998, de 14 de mayo, por el que se regulan las condiciones higiénico-sanitarias de piscinas de uso colectivo.
- 📖 Orden 481/2002, de 4 de julio, de la Consejería de Sanidad, por la que se establecen los criterios que permitan garantizar los niveles mínimos de formación del personal que preste sus servicios como Socorrista en piscinas, instalaciones acuáticas y medio natural de la Comunidad de Madrid.

Comunidad Foral de Navarra

- 📖 Decreto Foral 298/2001, de 15 de octubre, por el que se dictan normas para la aplicación en Navarra del Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención de la legionelosis.
- 📖 Decreto Foral 86/2018, de 24 de octubre, por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias y de seguridad de las piscinas de la Comunidad Foral de Navarra.

Comunidad Valenciana

- 📖 Decreto 85/2018, de 22 de junio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios aplicables a las piscinas de uso público.

Extremadura

- 📖 Decreto 102/2012, de 8 de junio, por el que se regulan las condiciones técnico-sanitarias de las piscinas de uso colectivo de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Galicia

- 📖 Decreto 103/2005, de 6 de mayo, por el que se establece la reglamentación técnico-sanitaria de piscinas de uso colectivo.
- 📖 Decreto 104/2012, de 16 de marzo, por el que se fija la formación mínima de los socorristas acuáticos y se crea y regula el Registro Profesional de Socorristas Acuáticos de Galicia.
- 📖 Decreto 35/2017, de 30 de marzo, por el que se modifica el Decreto 104/2012, de 16 de marzo, por el que se fija la formación mínima de los socorristas acuáticos y se crea y regula el Registro Profesional de Socorristas Acuáticos de Galicia.

Islas Baleares

- 📖 Decreto 91/1988, de 15 de diciembre, por el que se aprueba la reglamentación de parques acuáticos de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares.
- 📖 Decreto 53/1995, de 18 de mayo, por el que se aprueban las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de los establecimientos de alojamientos turísticos y de las de uso colectivo, en general.
- 📖 Decreto 20/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el reglamento de Supresión de Barreras Arquitectónicas.

La Rioja

- 📖 Decreto 2/2005, de 28 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Técnico Sanitario de Piscinas e Instalaciones Acuáticas de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- 📖 Orden 4/2011, de 11 de mayo, de la Consejería de Salud, por la que se regula el procedimiento para comunicar la realización de cursos de formación de personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de piscinas e instalaciones acuáticas de uso público de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

País Vasco

- 📖 Decreto 32/2003, de 18 de febrero, por el que se aprueba el reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo.
- 📖 Decreto 208/2004, de 2 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento Sanitario de piscinas de uso colectivo.

Principado de Asturias

- 📖 Decreto 140/2009, de 11 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico-Sanitario de las Piscinas de Uso Colectivo.

Región de Murcia

- 📖 Decreto nº58/1992, de 28 de mayo, por el que se aprueba el reglamento sobre condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso público, de la Región de Murcia.
- 📖 Decreto nº55/1997, de 11 de julio, sobre condiciones sanitarias de Balnearios, Baños Termales y Establecimientos de Talasoterapia y de aplicación de Peloides.
- 📖 Orden de 27 de noviembre de 2002 de la Consejería de Sanidad y Consumo, por la que se modifica la Orden de 16 de junio de 1997 de la Consejería de Sanidad y Política Social, por la que se establecen los requisitos del carné de cuidador de piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia.
- 📖 Ley 6/2006, de 21 de julio, sobre incremento de las medidas de ahorro y conservación en el consumo de agua en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Otras normas y documentos de referencia

- 📖 **Guía Técnica de Accesibilidad en la Edificación.** Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo e Instituto de Migraciones y Servicios Sociales. Madrid, Ministerio de Fomento, Centro de Publicaciones, 2002
- 📖 **Guía para la elaboración del protocolo de Autocontrol de Piscinas.** Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación. Secretaría General de Sanidad y Consumo. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Junio de 2014.
- 📖 **UNE 100030:2017** Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones
- 📖 **UNE 171330-1:2008** Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.
- 📖 **UNE 171330-2:2014** Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior.
- 📖 **UNE 171330-3:2010** Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistema de gestión de los ambientes interiores.
- 📖 **Normas NIDE 3: Piscinas.** Normativa sobre Instalaciones Deportivas y el Esparcimiento. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación y Ciencia. 2005.
- 📖 **La Calidad del aire interior en Piscinas Cubiertas.** 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.
- 📖 COROMINAS, Andreu. *El manteniment preventiu de les bombes de calor deshumectadores* [en línea] (Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei d'Esports, 2009).
(<https://www.diba.cat/documents/41289/6629960/El+manteniment+dels+equips+de+climatització%20de+piscines+co....pdf/92428f04-651c-42cf-ab9d-be728bbcd5ae>)
- 📖 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.
- 📖 **DIN 19643-1**, Treatment of water of swimming-pools and baths — Part 1: General requirements
- 📖 **DIN 19643-2**, Treatment of water of swimming-pools and baths — Part 2: Combinations of process with fixed bed filters and precoat filters
- 📖 **DIN 19643-3**, Treatment of water of swimming-pools and baths — Part 3: Combinations of process with ozonization
- 📖 **DIN 19643-4**, Treatment of water of swimming-pools and baths — Part 4: Combinations of process with ultrafiltration

- 📖 **DIN 19645**, Treatment of spent filter backwash water from systems for treatment of water of swimming-pools and baths
- 📖 **DIN 19605:2016-05**, Fixed bed filters for water treatment - Structure and components
- 📖 **DIRECTIVE 2005/32/EC** OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of **ecodesign** requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council
- 📖 **Manual técnico del agua**, Degrémont, Bilbao, España (1976)
- 📖 **Certified Pool-Spa Operator Handbook**, National Swimming Pool Foundation (NSPF, www.nspf.org), USA (2017).

ANEXO 1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VASOS DE PISCINA

Hormigón armado

Generalidades

El hormigón se define como un material formado por la mezcla de cemento, áridos y agua, y en su caso aditivos y adiciones producido por el endurecimiento de la pasta de cemento.

Se trata de hormigón colado “in situ” de buena dosificación y resistencia (no menor de 175 kg/cm²), armado con barras de acero lisas o mallas electrosoldadas.

En el diseño de los vasos, se tendrá en cuenta el empuje de las tierras sobre la hipótesis de la piscina vacía, así como que el fondo tenga la rigidez suficiente para no tener deformaciones que produzcan fisuras y por tanto fugas en el vaso.

El agua de amasado debe ser limpia, libre de impurezas. No utilizar agua salada.

La preparación de un buen hormigón o mortero es consecuencia de una buena selección y dosificación de los materiales referidos, así como su amasado, preparación y puesta en obra.

Es importante destacar que la durabilidad del hormigón está afectada por una relación o proporción de componentes en la mezcla para amasar que es fundamental: **la relación agua/cemento**.

Se debe utilizar la menor cantidad de agua posible en el amasado de hormigones y morteros, debido a que el agua sobrante de la hidratación se evaporará de la masa

generando un producto poroso, permeable con malas propiedades mecánicas y resistentes. La regla de oro de la preparación de un hormigón o mortero es: AHORRAR AGUA PARA EL AMASADO Y UTILIZARLA PARA EL CURADO.

Si la relación agua/cemento es **BAJA**, se obtiene:

- En estado fresco:
 - Se trabaja de manera deficiente
 - Colocación dificultosa en obra
 - Mala protección de armaduras.
 - Dificultad de fraguado
- En estado endurecido:
 - Resistencias mecánicas altas.
 - Alta resistencia a agresivos
 - Impermeabilidad.
 - Durabilidad.

Si la relación agua/cemento es **ALTA**, se obtiene:

- En estado fresco:
 - Se trabaja bien
 - Fácil colocación en obra
 - Posible exudación o sangrado
 - Posible segregación de componentes
- En estado endurecido
 - Bajas resistencias mecánicas
 - Impermeabilidad deficiente
 - Porosidad
 - Resistencias bajas a agentes agresivos, químicos y biológicos

Características del hormigón

Todo hormigón para armar hay que exigirle el cumplimiento de estas condiciones:

1. Dosificación: No será menor de 250 kg/m³ de cemento, ni mayor de 400 kg/m³
2. Cemento: Podrán emplearse los siguientes cementos:
 - Tipo: Portland, siderúrgicos y Puzolánicos.
 - Clase: Portland, siderúrgicos y Puzolánicos.
 - Categoría: 250, 350, 450, y 550
3. Aditivos: según la norma UNE 83-200/84, los define como sustancias o productos que, incorporándolos al hormigón, mortero o pasta, antes o durante el amasado y/o durante un amasado complementario, en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada de dichos materiales en estado fresco

- y/o endurecido, de alguna de las características de sus propiedades habituales o de su comportamiento.
4. Áridos: dependen del tipo de puesta en obra, en cada caso, para saber a qué solicitaciones mecánicas debe resistir la estructura.
 5. Consistencia: Deberá ser la adecuada al método de puesta en obra y compactación, pero no debe permitirse el empleo de la consistencia líquida. Equivale a exigir hormigones con asentamiento menor que 15 cm.
 6. Resistencia
 7. Compacidad

Características de la armadura

El acero empleado en la fabricación de los diferentes tipos de armaduras es el acero al carbono, correspondiente a la denominación **F.622** de la norma **UNE 36082**

Los tipos de armaduras en las piscinas son:

- Barras verticales, para absorber las tracciones de la ménsula bajo la acción del empuje del agua o del terreno a piscina vacía (en las dos caras).
- Armaduras horizontales, de reparto de las anteriores, y que a la vez definen el zuncho perimetral.
- Armaduras de la solera para absorber el peso propio de la losa y el peso de la columna de agua
- Refuerzos de empotramiento entre paredes y fondo.
- Refuerzos de empotramiento en esquinas.

Se instalarán, salvo justificación, juntas de dilatación cada 25 m.

Hormigón proyectado

Generalidades

La gunita es un material adecuado para numerosos tipos de construcción y reparaciones. Sin embargo, su calidad y rendimiento dependen en gran parte de las condiciones en que se coloque, de lo adecuado del equipo y, muy especialmente, de la competencia del personal que ejecute la obra.

En julio de 1.994 se publicó el informe UNE 83-607-94 sobre las recomendaciones de utilización del hormigón y mortero proyectado, hasta esa fecha en España no existía ninguna norma o recomendación.

Su aplicación en la construcción de piscinas y depósitos, sobre todo cuando son construcciones enterradas, obedece en gran parte a que deben confluir en ellas las mejores cualidades del gunito: impermeabilidad, facilidad de puesta en obra, sencillez, economía de encofrado y gran resistencia, con una importante economía de secciones tanto de hormigón como de armado.

Definiciones

- **Gunitar.** Puesta en obra de un mortero u hormigón a gran velocidad, que es transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente sobre un soporte.
- **Hormigón proyectado.** Hormigón cuyo tamaño de áridos es superior a 8mm. y que, aplicado a una máquina, se proyecta a gran velocidad sobre una superficie a través de una manguera y boquilla.
- **Mortero proyectado.** Mortero cuyo tamaño máximo de árido puede llegar a 8mm y que, aplicado a máquina se proyecta a gran velocidad sobre una superficie a través de una manguera y boquilla. A este mortero se le conoce también con el nombre de "GUNITA".

NOTA: La diferencia entre hormigón y mortero proyectados radica en el tamaño del árido.

- **Flujo diluido.** Transporte adoptado especialmente para la proyección por vía seca, arrastra el material en un flujo de aire comprimido. El transporte por tapones, propio de la proyección por vía húmeda, consiste en impulsar el material neumáticamente en la tubería bajo forma de tapones alternados con cojines de aire. El aire comprimido se añade en la lanza para disolver y acelerar el material.
- **Flujo denso.** Se utiliza solamente para la proyección en vía húmeda, la mezcla se empuja en forma de una salchicha continua y compacta, con la ayuda de bombas de pistón, tornillos sin fin o presión neumática. También se añade aire comprimido en la lanza para descompactar la mezcla y conferir a la misma la energía necesaria para la proyección.
- **Velocidad de salida.** Velocidad media de las partículas del material proyectado a la salida de las boquillas.
- **Gunitado a alta velocidad.** Es aquel en el que el material es lanzado a una velocidad igual o superior a 90m/s medida a la salida de la boquilla.
- **Gunitado a baja velocidad.** Es aquel en el que el material es lanzado a una velocidad inferior a 90m/s medida a la salida de la boquilla.
- **Distancia de proyección.** Es la distancia entre la boquilla de proyección y la superficie a revestir.
- **Tobera.** Conocida también con el nombre de lanza de proyección, o simplemente lanza, es el dispositivo que se encuentra en el extremo de la tubería de impulsión.

Sirve para añadir el agua (en el caso de vía seca), el aire comprimido durante la proyección por vía húmeda y eventualmente aditivos líquidos.

- **Material de rebote.** También denominado simplemente **rebote**, es la parte de la mezcla que rebota de la superficie de aplicación (merma o rechazo). Este material se pierde en la mayoría de los casos, ya que es más basto y pobre en cemento que la mezcla proyectada.

Resulta difícil determinar en qué medida unos factores tan diferentes e interdependientes como la naturaleza, la composición de los granulados y la mezcla en seco, los de la superficie de aplicación, la presión de proyección, la habilidad del operador, el espesor de la capa, etc., participan en la formación del material de rebote.

El porcentaje de material que no queda adherido a la pared, y por consiguiente es rechazado por ésta, ronda un 30%, por lo tanto, de cada 3 m³ que se proyectan, se pierde aproximadamente 1 m³.

Proyección vía seca

El **gunitado por vía seca** es el procedimiento mediante el cual todos los componentes del hormigón o mortero proyectado son previamente mezclados, a excepción del agua que es incorporada en la boquilla de salida antes del lanzamiento de la mezcla. El transporte de la mezcla sin agua se realiza a través de las mangueras especiales de forma neumática (flujo diluido) hasta la boquilla.

Las máquinas gunitadoras por vía seca actualmente en el mercado tienen un rendimiento máximo de 7 m³/h.

Ventajas

- Se tiene en la boquilla el control del agua y la consistencia de la mezcla.
- Más adecuado para el manejo de las mezclas que contienen agregados porosos y ligeros.
- Es posible una relación agua cemento (a/c) más baja.
- Permite una mayor longitud de la manguera de entrega.
- Sencillez de instalación, manipulación y mantenimiento.
- Las interrupciones no causan problemas.

Desventajas

- Más polvo
- Mayor desgaste
- Mayor rechazo o rebote
- Precisa más aire comprimido

Proyección vía húmeda

El **gunitado por vía húmeda** es el procedimiento mediante el cual todos los componentes del hormigón o mortero proyectado, incluyendo el agua, son mezclados previamente antes de ser incorporados a la manguera, a través de la cual serán transportados (flujo diluido o denso) hasta la boquilla.

Ventajas

- La adición de agua se controla en el equipo de transporte y puede ser medida con exactitud.
- Mayor seguridad de que el agua se mezcla totalmente con los otros componentes. Como consecuencia, hay menores pérdidas por rebote.
- Se produce menos polvo durante la operación.
- Precisa menor cantidad de aire comprimido.

Desventajas

- Mayor coste del equipo.
- Interrupciones limitadas (tiempo de fraguado del hormigón ya mezclado)
- Distancia de la manguera más corta.
- Necesita acelerador de fraguado

Comparación de los procesos

La gunita fabricada y aplicada por cualquiera de los dos procedimientos anteriores puede emplearse en construcciones de tipo general. Sin embargo, diferencias en el coste de los equipos, en su mantenimiento, y en las características de puesta en obra, puede hacer uno u otro sistema más recomendable para casos concretos.

Materiales

Cemento

En general se utilizan los cementos definidos en el pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos.

Normalmente los cementos a utilizar son el tipo I categoría 35 y 45. No es recomendable la utilización del cemento tipo V.

Agua

El agua del terreno en contacto en el hormigón o mortero proyectado no deber ser agresiva, en caso afirmativo, se deberá emplear un cemento adecuado.

La relación agua/cemento oscila normalmente entre el 0,3 y 0,6, dependiendo de la vía utilizada, dicha relación está fuertemente condicionada por la variación del módulo de finura de los áridos, por la naturaleza de los mismos y por la proporción en peso de cementos- árido empleada en la mezcla.

Áridos

Los áridos empleados serán rodados, de machaqueo o mixtos de tamaño hasta 25 mm.

Hay que tener en cuenta que, a mayor tamaño máximo del árido, el rebote o rechazo aumenta, y que las arenas más finas favorecen la retracción.

Aditivos y adiciones

El aditivo principal es el acelerante de fraguado. La incorporación de acelerantes produce aumentos en las resistencias iniciales y disminución en las finales, con respecto a un hormigón o mortero sin aditivo.

Los acelerantes en polvo se utilizan en el método de vía seca, y los líquidos en la seca y en la húmeda.

La proporción de cemento será de 350 a 450 kg/m³ y la del acelerante entre 2 y 5 % del peso del cemento.

Dosificación

Generalmente se recomienda dosificar los materiales componentes en peso, ocasionalmente en volumen si la obra es pequeña.

Hay que tener en cuenta en el proyecto que el consumo de materiales es superior debido al rechazo y a la naturaleza de compactación de este trabajo.

La proyección

Antes de la proyección, se limpiará la superficie y se colocarán la armadura y varillas, para asegurar el espesor adecuado. Se recomienda no colocar armaduras de diámetros superiores a 12 mm.

La mezcla seca se conduce en "flujo ligero" desde la gunitadora, a través de las conducciones hasta la boquilla de descarga. En el anillo de la boquilla, se añade agua finamente atomizada a la corriente de material antes de la proyección.

El espesor del hormigón proyectado requerido puede demandar la aplicación de sucesivas capas que se ejecutarán de forma consecutiva para evitar desprendimientos. Como norma general, la aplicación debe comenzarse por la parte baja para evitar que se incorpore el rebote a la estructura.

La distancia de la boquilla al soporte debe regularse de acuerdo con la cantidad de material y la velocidad de proyección, pero ha de ser la menor posible. En función del volumen de aire, la distancia óptima entre boquilla y soporte se ha de encontrar entre 0,5 m y 1,5 m. La boquilla debe dirigirse perpendicularmente a la zona de proyección.

Los rechazos y residuos no deben nunca reutilizarse.

Después del proyectado, se efectuará el curado del hormigón durante 11 días al menos, manteniendo la superficie constantemente húmeda y con temperatura superior a 0°C.

Vasos prefabricados de poliéster

Normalmente estos vasos se utilizan en aplicaciones de piscinas de uso privado. No obstante, merece la pena comentarlos aquí porque en alguna ocasión también pueden ser utilizados como piscina de uso público, fundamentalmente en pequeñas instalaciones.

Generalidades

Los materiales compuestos (composites) a base de resinas de poliéster reforzado con fibra de vidrio han sido y son una revolución en la construcción de piscinas. Este material ha sido ampliamente utilizado ya en náutica, aeronáutica y modernas aplicaciones donde se requiere gran resistencia y durabilidad

Los vasos de las piscinas se realizan con poliéster reforzado, material que resulta de impregnar tejidos de fibra de vidrio con resina. Ésta se polimeriza con ayuda de catalizadores, que es la que le hace conferir su resistencia.

Se fabrican en un taller, en una sola pieza, y la mayoría de ellas llevan un sistema de refuerzos longitudinales y transversales de poliéster, adecuadamente calculados para absorber todas las tensiones y presiones del agua. Una vez fabricada es trasladada al lugar de ubicación.

Normalmente van equipadas con sumidero de fondo, *skimmer* y las correspondientes boquillas de impulsión.

Instalación

Para su instalación, en primer lugar, se marca el terreno donde se ubicará el vaso, respetando las normas de la Comunidad o Municipio. Se realiza la excavación excediendo en 60 cm en sus ejes. Se recomienda que la piscina quede 10 cm aproximadamente por encima del nivel del suelo, para ello se debe realizar la excavación con las profundidades y pendiente de cada modelo.

La solera, para terrenos duros se realizará en hormigón de limpieza sin armar, en terrenos deficientes o de dudosa consistencia se recurrirá a lo que indique la dirección facultativa. Debe estar nivelada en su eje transversal y conforme a la pendiente en su eje longitudinal, y debe ser maestreada y completamente lisa en la superficie de apoyo del vaso.

Seguidamente, se colocará el vaso, ajustando su posición en la solera; se controlará que no quede ninguna piedra ni material sobresaliente entre la solera y el fondo del vaso.

En cuanto al relleno, en primer lugar, se cierra con mortero el radio inferior de las paredes en todo el perímetro, con esto se pretende evitar que entre arena o piedras entre la solera y el fondo del vaso. Posteriormente se completará el relleno mezclando 25 Kg de cemento por m³ de arena tamizada. Se comienza el llenado del vaso y, cuando el nivel del agua alcanza 30 cm, se empieza a rellenar el perímetro con la mezcla indicada.

Para la coronación, se construye un cinturón a la piscina con bloques de 20 x 40. Se aplica una solera de aproximadamente 5 cm de hormigón con una armadura de pequeño calibre, y luego se presentan las piedras de la coronación para determinar las juntas y su posición exacta.

Piscinas de acero

En estas piscinas la estructura de las paredes del vaso es de acero de gran espesor. Están formadas por una serie de paneles de chapa de acero ensambladas por simple atornillado y provista de contrafuertes (refuerzos laterales de estabilidad) también de acero galvanizado. La galvanización tiene por objeto proteger el acero de la oxidación y la corrosión.

El zinc desempeña un papel de primordial importancia en la lucha contra la corrosión. Los paneles reciben un recubrimiento de galvanización en un baño caliente (es decir, por inmersión en un baño de zinc en fusión a doble cara) que llega en la mayor parte de casos

a un espesor de 70 micras, lo que corresponde a una protección activa que impide todo tipo de oxidación.

El galvanizado de las chapas de acero se realiza en continuo y por ambas caras, con recubrimiento de zinc de 400 gr/m². Estas planchas, una vez conforman el vaso que se desea construir, se recubren con láminas de PVC flexible (*“liner”* o lámina armada) que garantiza la total estanqueidad del vaso.

Como se ha referido en el párrafo anterior el revestimiento interior será realizado por el liner que recubre totalmente las paredes de la estructura y el fondo de la piscina, que será el del propio terreno en donde quede asentada, previamente preparado y alisado con una capa de mortero u hormigón.

La operación preparatoria de trazar y marcar el perímetro en el suelo, verificar la inclinación y cotas de nivel del terreno, así como los trabajos de excavación, no diverge en nada a cualquier otro sistema tradicional de piscinas que ya ha sido tratado en puntos anteriores.

La profundidad de la excavación debe ser ligeramente superior a la necesaria, para permitir posteriormente realizar la solera.

Los paneles de acero, y los contrafuertes deben colocarse sobre tierra compacta. Su anclaje se debe realizar con precisión.

Una vez montadas las paredes de la estructura, se procederá a colocar el revestimiento con la lámina armada, que tiene la forma y la medida exacta para adaptarse como un guante al hueco.

Una vez haya sido colocado el revestimiento se iniciará el llenado de la piscina.

La última operación, después de la realización del circuito hidráulico, el llenado de agua y el relleno exterior con tierra, es la colocación de los brocales o piedra de coronación.

ANEXO 2.

TRATAMIENTO

FÍSICO DEL AGUA

Filtración a través de un lecho filtrante

Generalidades

Se utiliza una filtración sobre lecho filtrante cuando la cantidad de materias que deben retenerse es grande y la dimensión de las partículas contenidas en el agua es relativamente pequeña. Para que una filtración de este tipo sea eficaz, es preciso que las materias puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en su superficie.

Por otra parte, es preciso que el o los materiales que componen el lecho se elijan cuidadosamente, tanto en su granulometría como en la altura de capa, de forma que el filtrado responda a la calidad deseada. Puede efectuarse esta filtración sin un acondicionamiento previo del agua en el caso de la filtración, lenta o rápida, de un agua de la que sólo se desea reducir su contenido en materias en suspensión, sin actuar sobre su color o su contenido en materias orgánicas.

Cuando se pretende obtener la clarificación óptima de un agua es necesario acondicionarla previamente por adición de reactivos, con o sin decantación.

Un filtro se atasca a medida que su lecho se carga de materias retenidas. Cuando el atascamiento alcanza un valor excesivo o la calidad del filtrado no es aceptable, debe procederse al lavado del lecho filtrante. Es indispensable que, con este lavado, se devuelvan al lecho sus cualidades iniciales, sin las cuales el filtro iría perdiendo eficacia y el material filtrante debería retirarse para su limpieza completa o para ser reemplazado.

El buen funcionamiento de un filtro depende del perfecto reparto a través de la masa filtrante del agua a filtrar, del agua de lavado y, eventualmente del aire, si se utiliza este fluido en el lavado. Tiene, por tanto, una importancia fundamental la forma de recogida de agua filtrada y de reparto de agua de lavado, así como el sistema que se adopte como soporte del lecho filtrante.

Según las características de las partículas que deben retenerse, puede efectuarse la filtración sobre una capa de mayor o menor altura, de material homogéneo, sobre dos o varias capas de diferentes granulometrías de materiales homogéneos a cada nivel o, por último, sobre una o varias capas de materiales de granulometría totalmente heterogénea y escalonada.

La eficacia de un filtro depende, fundamentalmente, del sistema de regulación de su caudal; su regulación individual, si existe, debe estar al abrigo de cualquier fluctuación y la regulación de conjunto de la instalación debe evitar los golpes rápidos e importantes de caudal, en cada filtro, tanto en los períodos de cambio de caudal general, ya que, en caso contrario, las materias retenidas por el lecho podrían atravesar rápidamente el filtro, anulando por tanto la acción de este. Para asegurar una buena filtración, un filtro debe reunir numerosas condiciones. No existe un filtro universal, sino filtros adaptados especialmente a cada uno de los problemas que se plantean.

En el proceso de filtración, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 10 a 30 m/h.

Procesos de filtración

Pueden citarse esencialmente:

- a) la filtración directa, cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar;
- b) la filtración con coagulación sobre filtro, de un agua no decantada previamente;
- c) la filtración de un agua coagulada y decantada

Filtración directa

En filtración sobre soporte, se define generalmente la calidad del efluente por el porcentaje de eliminación de partículas, en función de su granulometría. Este criterio no se aplica a la filtración directa, ya que no tiene en cuenta los diferentes mecanismos de la filtración que varían, a lo largo del año, según la temperatura, el tamaño y la naturaleza de las partículas, su importancia, su poder de atascamiento, su estado coloidal, el contenido en microorganismos, etc.

Para una calidad del agua a filtrar conocida a lo largo del año, puede preverse, sin embargo, el contenido máximo de materias en suspensión del efluente.

Si se observa la evolución del porcentaje ponderal de las materias retenidas, se comprueba que no es constante si la calidad del líquido a filtrar varía. Puede evolucionar, por ejemplo, durante el año, entre el 50 y el 95 %.

La duración del ciclo de filtración varía en proporciones aún mayores en función de los factores citados anteriormente; está ligada, además, a la presencia eventual y accidental de materias capaces de atascar el filtro al nivel de las primeras capas. Se han observado, en algunos casos, variaciones del tiempo de atascamiento de 1 a 10 y aún más, según los tipos de filtro.

En filtración directa es donde se encuentra el campo más amplio de velocidades de filtración, según el problema que se plantee. Se extiende, generalmente, desde 4 a 25 m/h, con puntas que sobrepasan, en algunos casos, los 50 m/h (en el caso de piscinas de uso privado).

La elección, por tanto, de una filtración directa y de sus características, no puede hacerse a la ligera, sobre un único análisis o sobre un simple ensayo del líquido a filtrar. Es fundamental conocer su evolución a lo largo del tiempo.

Sólo mediante la experiencia adquirida o un estudio profundo del problema, podrán fijarse las características del tratamiento, dentro de este extenso campo de posibilidades.

Filtración con coagulación sobre filtro

Los materiales filtrantes granulosos no retienen las materias coloidales; para obtener un agua perfectamente limpia, es necesario proceder a una coagulación antes de la filtración.

En la mayor parte de los casos, no debe utilizarse la dosis de coagulante correspondiente a la neutralización total de la carga electronegativa de las partículas del agua, ya que el volumen de fangos que se produce puede ser muy fuerte y dar lugar a un atascamiento rápido de los filtros.

Cuando el color y el contenido en materias en suspensión y en materias orgánicas son poco elevados, puede añadirse una dosis pequeña de coagulante con adiciones eventuales de un producto neutralizante para corrección del pH.

La dosis de coagulante fija la calidad del filtrado y prolonga la duración del ciclo de filtración, aumentando la cohesión de la materia retenida y haciendo que se fije mejor sobre los granos del material filtrante. La masa filtrante, en cuyo interior se produce un movimiento laminar, juega frente al flóculo microscópico ya formado, el papel de un excelente floculador. Debe evitarse el empleo de una dosis demasiado fuerte que podría provocar un atascamiento en superficie y, como consecuencia, la rápida colmatación del medio filtrante.

La velocidad de filtración admisible está esencialmente ligada a la carga del agua a filtrar y al resultado deseado, y varía normalmente entre 4 y 10 m/h cuando se quiere conservar ciclos de filtración de duración suficiente, sin que se produzca una disminución momentánea de la calidad del agua a filtrar. Esta velocidad puede alcanzar valores mucho más elevados cuando el agua a tratar está poco cargada, o bien si lo permiten los criterios de turbiedad final; así, en filtración de agua de piscinas, puede trabajarse con valores de 10 a 30 m/h, utilizando pequeñas dosis de coagulante.

Medio filtrante

Características físicas

Un material filtrante se caracteriza generalmente por los siguientes factores:

- Granulometría: se caracteriza por una curva representativa de los porcentajes en peso de los granos que pasan a través de las mallas de una sucesión de tamices normalizados
- Talla efectiva (TE): corresponde al porcentaje 10 de la curva anterior y determina, en gran parte, la calidad del filtrado, juntamente con los dos factores siguientes
- Coeficiente de uniformidad: relación de las tallas correspondientes a los porcentajes 60 y 10 de la curva anterior
- Forma de los granos: angulosos (material triturado) o redondos (arena de río y de mar). Se obtienen calidades de agua filtrada similares, con un material anguloso de talla efectiva menor que la de un material de granos redondos. Para una misma granulometría, el aumento de pérdida de carga es menor con granos angulosos que con granos redondos, ya que, contrariamente a lo que se puede pensar, los granos angulosos se acoplan menos fácilmente, unos con otros, que los granos redondos, y dejan secciones de paso mayores
- Friabilidad: mediante el ensayo correspondiente, pueden elegirse los materiales utilizables en filtración, sin peligro de que se produzcan finos en las operaciones de lavado. Su importancia depende del tipo de funcionamiento del filtro. Así, un material friable debe rechazarse especialmente en el caso de un filtro que funcione de arriba abajo y que se lave solamente con agua, ya que los finos que se formen producirán un atascamiento en superficie.
- Pérdida por ataque con ácido: es evidente que no puede tolerarse una pérdida importante por ataque con ácido, ya que el agua puede contener gas carbónico agresivo
- Masa volúmica de los granos que constituyen el medio filtrante; masas volúmicas aparentes en el aire y el agua, mediante las cuales se conocen los volúmenes ocupados en el aire y en el agua por una masa determinada de material.

Hay otras características que son específicas de los materiales adsorbentes como el carbón activo o vidrios activados.

Naturaleza del medio filtrante

La arena silíceo ha sido el primero de los materiales utilizados en la filtración y continúa siendo el material de base en la mayor parte de los filtros actuales.

Puede sustituirse por antracita o mármol, cuando se quiera evitar toda traza de sílice en tratamientos industriales o si es más fácil su suministro. Asimismo, en los últimos años han aparecido otros materiales filtrantes con características similares a la arena. Uno de los más conocidos es el vidrio, material procedente del reciclaje.

En algunos tratamientos tales como el afino, tratamiento terciario de aguas residuales, etc., es interesante utilizar materiales de gran superficie específica, como esquistos expansionados, Biolite, puzolana, etc.

En los filtros multicapas puede combinarse la arena con antracita, granate, pizarra más o menos porosa, etcétera, siempre que sea pequeña la friabilidad de estos materiales, así como su pérdida por ataque con ácido.

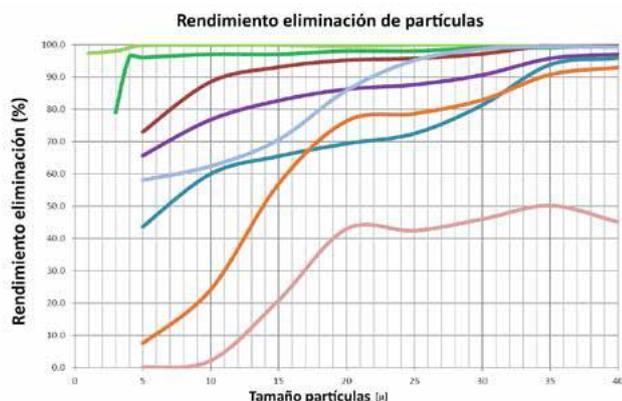
Por último, la filtración puede efectuarse sobre carbón activo granulado, suficientemente resistente:

- colocándolo en lugar de la arena, en los filtros, después de un tratamiento de decantación, siempre que se desee, simultáneamente, retener los flóculos residuales y eliminar por adsorción una posible contaminación;
- en una segunda etapa de filtración, para un tratamiento de afinado solamente o de decoloración.

Numerosas experiencias muestran que, en las mismas condiciones operatorias, todos los materiales no porosos por sí mismos y que no reaccionan químicamente con el agua a filtrar o con las materias disueltas en el agua, se comportan de la misma manera si tienen la misma talla efectiva e igual forma; el rendimiento de filtración es el mismo y la calidad del agua filtrada idéntica.

Por el contrario, si se utiliza un material adsorbente, por ejemplo, carbón activo, se produce, además, la adsorción de ciertas sustancias disueltas, obteniéndose un agua filtrada de calidad diferente, desde el punto de vista químico.

El medio filtrante es tremendamente importante en la calidad del proceso de filtración. A modo de ejemplo, el IFTS (Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives) Publicó en 2014 un estudio comparativo de distintos medios filtrantes. Se muestran en la tabla siguiente los resultados. Cada línea de color representa un medio filtrante diferente.



Granulometría

Esta elección debe hacerse juntamente con la del espesor de la capa. Suponiendo siempre que las alturas de capa se adapten a cada caso, pueden definirse, en líneas generales, los campos de aplicación de las diferentes tallas efectivas siguientes, para un coeficiente de uniformidad comprendido, en general, entre 1,2 Y 1,6 e incluso 1,8:

- Tallas efectivas de 0,3 a 0,5 mm: filtraciones muy rápidas, a presión, hasta 25 m/h y aun 50 m/h en aguas de piscinas privadas. Filtración directa de aguas poco cargadas de impurezas. Filtración por grupos móviles, con coagulación sobre filtro, de aguas brutas de turbiedad inferior a 100 mg/l de sílice. El atascamiento depende de la velocidad de filtración y de la altura de capa. El lavado se efectúa, necesariamente a una velocidad suficiente para obtener una expansión del lecho filtrante.
- Tallas efectivas de 0,6 a 0,8 mm: filtración sin decantación previa, con o sin coagulación sobre filtro, a condición de que el agua esté poco cargada de impurezas, con una turbiedad inferior a 50 mg/l de sílice.
- Tallas efectivas de 0,9 a 1,35 mm: la pérdida de carga límite es de 0,3 bar. Se adapta perfectamente a los filtros con falso fondo, lavables con agua y aire, y pueden alcanzarse con ella velocidades de filtración de 15 a 20 m/h, según la calidad del efluente deseado.
- Tallas efectivas de 1,35 a 2,5 mm: utilización como capa soporte de materiales de 0,4 a 0,8 mm.
- Tallas efectivas de 3 a 25 mm: utilización casi exclusiva como capa soporte.

Altura de lecho filtrante

Si se filtra sobre un material de granulometría dada y se aumenta progresivamente la altura de la capa filtrante, se comprueba, después de la maduración del filtro, que la turbiedad del filtrado disminuye hasta llegar a un valor estable que no mejora con el espesor del lecho. Este espesor define la altura mínima de capa que debe utilizarse, estando limpio el filtro, para obtener el mejor filtrado correspondiente a la

granulometría del material utilizado. A esta altura y a la velocidad de filtración considerada, corresponde una pérdida de carga mínima. Para que el tiempo de atascamiento sea aceptable, es preciso aumentar la altura de capa; el tiempo durante el cual se mantiene claro el filtrado es proporcional a la altura de capa.

Filtros multicapa

Las tallas efectivas de los materiales de las dos o tres capas de un filtro multicapa deben tener una cierta relación, que depende de la naturaleza y de la granulometría de las partículas que han de retenerse, de las masas volúmicas respectivas de los granos de material filtrante y de las características de lavado.

Cuando se empezaron a utilizar los filtros multicapa, se daba gran importancia a la separación neta de las capas entre sí. Una cierta interpenetración de las capas, que normalmente es difícil de evitar, no tiene excesiva importancia; por el contrario, conviene que cada capa tenga un coeficiente de uniformidad tan pequeño como sea posible (1,5 como máximo) para evitar que la clasificación hidráulica debida al lavado haga que, en la superficie, se concentren granos muy finos. Tal clasificación daría lugar, para cada una de las capas, a los mismos inconvenientes de bloqueo en superficie que los que se observan en los filtros de capa única, lavados simplemente con agua o bien con aire y seguidamente con agua.

En los filtros de dos capas, la talla efectiva de la arena que constituye la capa inferior está comprendida normalmente entre 0,4 y 0,8 mm, y la de la antracita o lava volcánica varía entre 0,8 y 2,5 mm.

La altura de capa depende del método de tratamiento previo del agua a filtrar, de la velocidad de filtración, de la naturaleza y de la cantidad de las partículas o del flóculo a retener.

En primera aproximación, puede decirse que, en igualdad de condiciones, la altura total de las dos capas representa aproximadamente un 70 % de la altura correspondiente de un lecho único constituido por un material homogéneo y que sigue siéndolo después del lavado.

Para obtener el máximo rendimiento de un filtro de dos capas, debe preverse 1/3 de arena y 2/3 de antracita o de otro material más ligero que la arena.

En los filtros de más de dos capas, todo depende de la naturaleza del tercer material y de la disposición de las tres, o de las cuatro o cinco capas.

Naturalmente, cuanto más se multiplican las capas, más delicada resulta la elección y más importancia debe darse al sistema de lavado.

Lavado

El lavado es una operación muy importante. Si es insuficiente, lleva consigo el atascamiento permanente de ciertas zonas, dejando un paso reducido al agua; la pérdida de carga crece rápidamente y la filtración se efectúa localmente, con más rapidez y menos eficacia; en el lecho filtrante pueden desarrollarse entonces microorganismos perjudiciales para la calidad del agua.

Para que el proceso de lavado sea efectivo, es necesario que se produzca una expansión del lecho filtrante de un 15% a un 20%.

Métodos de lavado

Para lavar el material filtrante, se le somete a una corriente de agua que circula generalmente de abajo arriba, corriente destinada a despegar las impurezas y arrastrarlas hacia el canal de evacuación. El material filtrante debe agitarse al mismo tiempo en la corriente de agua. Para obtener este resultado, pueden emplearse varios métodos.

Lavado por expansión, sólo con agua

Se elige un caudal de agua suficientemente elevado para expansionar el material filtrante, es decir, para que su volumen aparente quede incrementado en un 15 % como mínimo. Teniendo en cuenta la variación de la viscosidad del agua en función de la temperatura, es recomendable prever un sistema de medida y regulación del caudal de agua de lavado, con el fin de ajustar este caudal para mantener constante en el tiempo el grado de expansión deseado.

Lavados sucesivos con agua y aire

En la primera fase del lavado, se utiliza solamente aire para que las impurezas retenidas se despeguen del material filtrante. En la segunda fase, un fuerte caudal de agua de retorno, que garantiza la expansión del o de los materiales filtrantes, hace posible la extracción del lecho y evacuación de las impurezas desprendidas en la primera fase.

Frecuencia de los lavados

La frecuencia de los lavados depende de la naturaleza del agua a filtrar. En la práctica, se toma como base la pérdida de carga y se procede al lavado cuando ésta alcanza un cierto límite, denominado impropriamente atascamiento máximo. En realidad, esta pérdida de carga depende a la vez del atascamiento y del caudal. Sólo puede apreciarse el atascamiento del filtro si se trabaja a caudal constante.

No es necesario, sin embargo, preocuparse del caudal si éste no sobrepasa el caudal máximo y no es muy variable a lo largo del ciclo; se fija una pérdida de carga máxima en

función de la calidad deseada, a condición de que ésta se mantenga dentro de los límites prescritos.

Si se trabaja a caudal muy variable, la mejor solución consiste en fijar el lavado después de la filtración de un cierto volumen de agua (o por tiempo), determinado en función de la calidad obtenida al final del ciclo, dentro de las condiciones de explotación.

Consumo de agua de lavado

El consumo de agua de lavado es función, esencialmente, de la naturaleza y del peso de las partículas retenidas por m³ de material filtrante. Mediante la utilización conjunta de aire de lavado y de agua decantada, puede reducirse en un 20 a 30 % aproximadamente el consumo de agua con relación al lavado sólo con agua.

Elección de boquillas colectoras filtrantes para el lavado

Según la forma de lavado, existen dos tipos de distribución en el fondo del filtro:

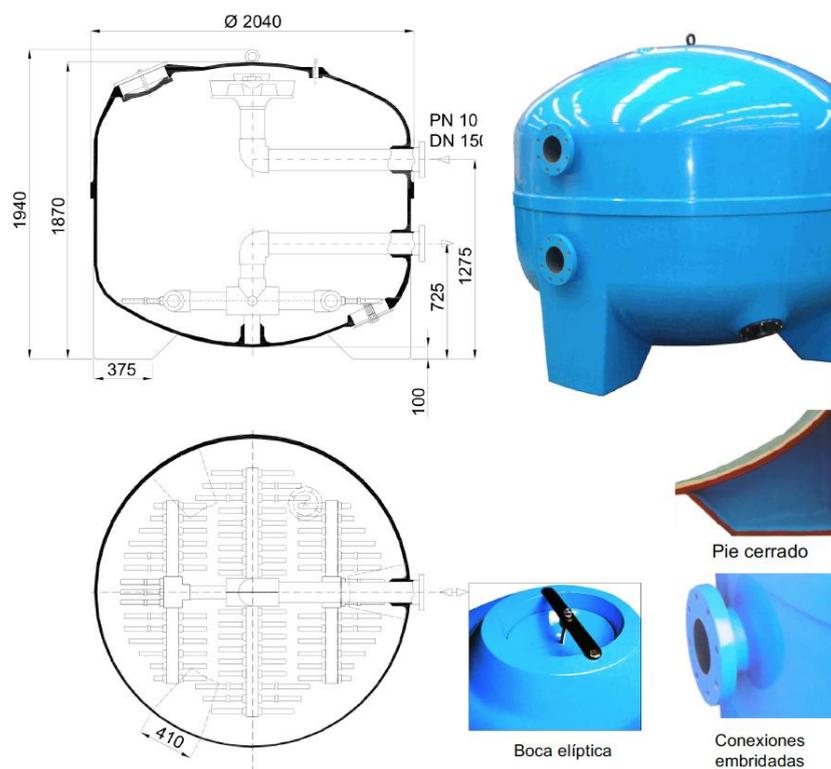
- Boquillas para el lavado sólo con agua. Es el método más utilizado en piscinas. Estas boquillas (brazos colectores) se diferencian por su forma, la anchura de sus ranuras y el material con que están fabricadas.
- Boquillas para lavado con agua y aire. La repartición del aire se realiza mediante un “colchón de aire”, utilizando crepinas adosadas a un falso fondo, con las que se obtiene una perfecta equi-repartición del aire y del agua.

Filtros a presión

Filtros verticales lavables sólo con agua (brazos colectores)

Van equipados con materiales filtrantes cuya granulometría y densidad deben elegirse de acuerdo con la velocidad de retorno de agua de lavado, que es necesario prever para su expansión.

La capa filtrante descansa sobre un soporte de lechos sucesivos de materiales de granulometría creciente hacia abajo y la toma de agua filtrada se efectúa por un colector ramificado perforado, embebido en la capa de granulometría mayor. En la mayoría de los casos, el medio filtrante es único, arena, vidrio o antracita.



Pueden utilizarse, sin embargo, capas múltiples; por ejemplo, arena fina y sobre ella, antracita de granulometría mayor. Según la granulometría del lecho filtrante, la velocidad de filtración puede variar de 5 a 50 m/h.

La pérdida de carga máxima que se alcanza, al final del ciclo, es función esencialmente de la finura de la capa filtrante y de la velocidad de filtración; puede variar de 0,2 a 1 bar.

La velocidad de lavado está relacionada igualmente con la granulometría y debe permitir una expansión de la altura del lecho filtrante del 15 al 25 %.

En la tabla siguiente se indican las velocidades correspondientes a un lecho filtrante de arena:

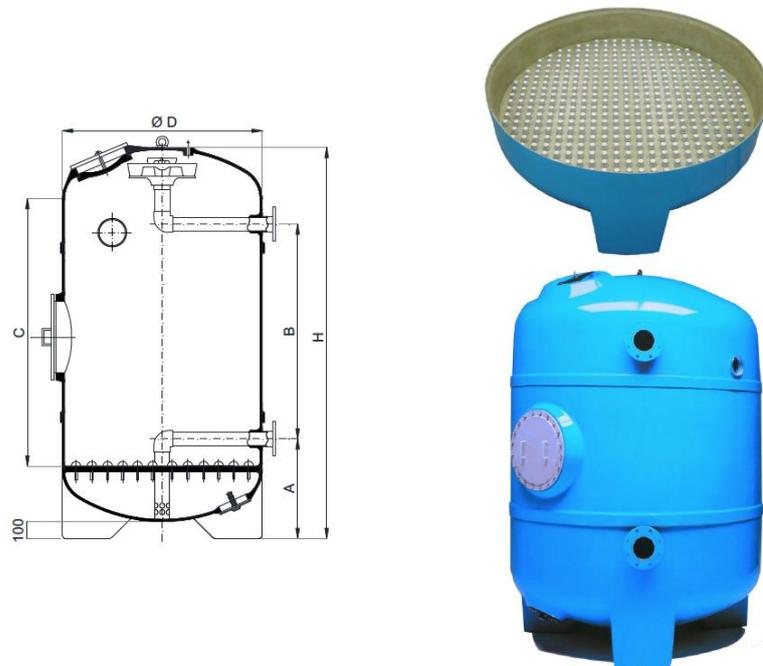
Velocidad	25 a 35 m/h	40 a 50 m/h	55 a 70 m/h	70 a 90 m/h
Granulometría (Talla efectiva)	0,35 mm	0,55 mm	0,75 mm	0,95 mm

Puede controlarse fácilmente la velocidad del lavado (caudalímetro). Disponiendo de un visor en la tubería, puede observarse la evolución de la calidad del agua evacuada y regular así la duración del lavado.

Esta duración varía según las alturas de arena y las materias retenidas.

Filtros verticales lavables por aire y agua

El lecho filtrante descansa sobre el falso fondo perforado, al cual se fijan unas crepinas metálicas o de plástico, según la naturaleza y la temperatura del líquido a filtrar.



Bridas en PRFV	Boca de hombre lateral	Boca de acceso superior	Difusor de PRFV	Mirilla	Placa de crepinas	Detalle crepinas	Boca de vaciado

Generalmente, estos filtros se cargan con arena; su lavado se efectúa por retorno sucesivo de aire y de agua filtrada, y va seguido de un aclarado a pleno caudal de agua filtrada.

Las características generales de este tipo de filtro son las siguientes:

- Granulometría, talla efectiva 0,7 a 1,35 mm.
- Caudal de aire 50 m³/h por m² de filtro
- Caudal de agua de aclarado 15 a 25 m³/h por m² de filtro
- Pérdida de carga al final del ciclo 100 a 400 mbar

La altura de capa debe adaptarse a la velocidad de filtración y a la carga de materias a retener.

Las velocidades de filtración varían, generalmente, entre 10 y 30 m/h.

Estos filtros pueden adaptarse, igualmente, para la carga de una capa de material ligero (antracita o carbón activo en grano) o de varias capas de materiales diferentes.

Estos materiales obligan a prever un método de lavado diferente del que se emplea en el filtro de capa única homogénea, para tener en cuenta su expansión. El lavado debe comenzarse por una insuflación de aire, después de haberse reducido el nivel de agua hasta la superficie de la capa superior. Una vez que las impurezas y el material fino de la capa inferior se han difundido en toda la altura filtrante, debe procederse al lavado, a gran velocidad de agua a contracorriente, para que el lecho filtrante se expanda con el fin de evacuar las partículas y volver a clasificar los materiales.

La velocidad de retorno de agua filtrada se elige en función de la naturaleza del material, de su granulometría, de la temperatura y del porcentaje de expansión deseado. Cuando el material fino de la doble capa está constituido por arena, los caudales de retorno de agua que deben preverse son los que figuran en el cuadro correspondiente a los filtros de retorno únicamente de agua, para la misma talla de arena que la que constituye la capa inferior. Al ser los caudales superiores a los utilizados para los filtros de capa única homogénea, las tuberías y válvulas habrán de dimensionarse en consecuencia, lo mismo que la capacidad de la bomba de lavado.

Filtros horizontales

El filtro cerrado se construye con cuba cilíndrica de eje horizontal. Esto supone un ahorro de construcción cuando se trata de obtener grandes superficies filtrantes ya que basta, para ello, aumentar la longitud de la cuba, sin modificar su diámetro. Los principios de funcionamiento de estos filtros son idénticos a los de los filtros verticales.

Estos filtros se emplean en la filtración de aguas brutas poco o medianamente cargadas, ya que la altura de capa es, por construcción, limitada.



Coagulación / Floculación

Necesidad de la coagulación

El agua recibe del aire, por la descomposición de la vegetación orgánica, y de los bañistas, partículas que contienen sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas; para separar estas sustancias, uno de los procesos más corrientes empleados es la coagulación (seguida de una filtración).

Las sustancias que contienen las aguas son sólidos en suspensión que están constituidos en su mayor parte por minerales y organismos. Luego están las partículas coloidales de origen mineral y orgánico, que pueden ser causa de la turbidez y aspecto nebuloso que a veces tienen las aguas.

Desde el punto de vista histórico, los términos "coagulación" y "floculación" se han empleado de forma indiscriminada para describir el proceso de eliminación de la turbiedad del agua. No obstante, existe una distinción clara entre ambos términos.

El término "**coagulación**" se deriva del latín de la palabra "*coagulare*", que quiere decir **cuajar**. Este proceso describe el efecto producido por la adición de un producto químico a una dispersión coloidal, provocando que las partículas se aglomeren. En esta fase una mezcla rápida es muy importante.

El término "**floculación**" también se deriva del latín, del verbo "*floculare*", que quiere decir **formar un flóculo** que se asemeje a una pelusa de lana o a una estructura porosa muy fibrosa. Se consigue con una mezcla moderada y prolongada, que transforma las partículas coaguladas de tamaño sub-microscópico en otras suspendidas y visibles.

La coagulación / floculación en el tratamiento de la piscina

Con el objeto de aumentar la eficacia de los filtros, es necesaria una coagulación previa del agua, lo cual ahorra, generalmente, una gran cantidad de desinfectante.

Hay que tener en cuenta que si las partículas son muy pequeñas puede ocurrir que atraviesen la arena del filtro, vuelvan al vaso y enturbien el agua.

Esta operación elimina las partículas en suspensión en el agua en forma soluble y coloidal, las cuales anulan la acción bactericida de los desinfectantes y forman, a la vez, una amplia gama de productos nocivos muy estables.

La inyección del coagulante se ha de hacer en las tuberías después de la bomba de filtración y lo más separado de los filtros, para que la fuerza de la turbulencia asegure la homogeneización e incremente el tiempo de contacto del coagulante y agua.

La dosificación se hará mediante bomba dosificadora con el objeto de garantizar la gradualidad, además de que existe una **obligación legal de no adicionar nunca productos químicos directamente en el vaso de la piscina.**

ANEXO 3.

TRATAMIENTO

QUÍMICO DEL AGUA

Procesos químicos en una piscina

Para comprender la química básica de una piscina es conveniente distinguir entre dos grandes tipos de reacciones químicas que tienen lugar:

- A. En la química **Inorgánica**, se engloban todas y cada una de las reacciones químicas causadas por la presencia de compuestos inorgánicos, tales como sales disueltas de todo tipo, metales u otros compuestos de un origen totalmente inorgánico.
- B. En química **Orgánica**, se engloban todas y cada una de las reacciones químicas causadas por microorganismos vivos presentes en el agua, así como cualquier materia orgánica presente en el agua, producida, ya sea por una deficiente filtración y/o desinfección del agua, como por la posible contaminación biológica presente en la propia agua de captación que usemos para el llenado de las piscinas.

Hay que tener en cuenta que, aunque las separemos en estos dos grandes grupos, ambos tipos de reacciones se solapan y/o combinan, aumentando aún más la complejidad de posibles reacciones químicas en el agua de una piscina.

Química inorgánica básica en una piscina

Muchas veces hemos escuchado hablar del "**equilibrio del agua**", pero ¿de qué se trata?, ¿qué efectos químicos causa en las piscinas?, ¿por qué controlarlo?

Por lógica, y sin necesidad de ser un entendido en química, sabemos que cualquier cosa que no está equilibrada o en equilibrio, suele desplazarse hacia un lado o hacia otro, y este fenómeno, en el mundo de la química, supone que tengamos reacciones químicas

espontáneas y en cadena, que descontrolen ciertos parámetros importantes en las aguas de una piscina, como son el pH, el color, la turbidez, la acidez, los niveles de oxidante, la conductividad etc.

El "balance del agua" se lleva a cabo controlando los parámetros que determinan el "equilibrio del agua" que son: el pH, la alcalinidad total, la dureza cálcica, la temperatura y el total de sólidos disueltos (TDS). En cuanto al carácter incrustante o de corrosividad del agua, se mide a través del **índice de Langelier**, que ajustado para las condiciones especiales del agua de piscinas presenta la fórmula siguiente:

$$Is = pH + FT + \log D + \log A - 12,2$$

- Is = índice de saturación.
- pH = medida del pH.
- FT = Factor de temperatura.
- D = Dureza cálcica en ppm.
- A = Alcalinidad total carbonatada en ppm.

Temperatura		Dureza		Alcalinidad	
C	TF	ppm	HF	ppm	AF
0	0,0	5	0,7	5	0,7
4	0,1	25	1,4	25	1,4
8	0,2	50	1,7	50	1,7
12	0,3	75	1,9	75	1,9
16	0,4	100	2,0	100	2,0
20	0,5	150	2,2	150	2,2
24	0,6	200	2,3	200	2,3
28	0,7	250	2,4	250	2,4
32	0,7	300	2,5	300	2,5
36	0,8	400	2,6	400	2,6
40	0,9	500	2,7	500	2,7
50	1,0	1000	3,0	1000	3,0

El Valor perfecto es cero, y sería un agua total y perfectamente equilibrada, si bien se permite un intervalo entre -0,3 y +0,3. Un valor positivo de la fórmula indica aguas incrustantes o alcalinas, y un valor negativo aguas corrosivas o ácidas. Con esta definición, empezamos a tener una ligera idea de lo que esto supone.

Si nuestra agua no está equilibrada, empezaremos a tener ciertos problemas, ya que, tendremos un agua con cierta capacidad a producir cambios químicos, y, por lo tanto, a que se puedan producir ciertas reacciones químicas que alteren aún más su equilibrio, y, por lo tanto, su idoneidad para el baño.

Por supuesto, hoy en día, existen en el mercado productos químicos homologados, que pueden corregir estos valores.

Por suerte, para nuestro trabajo, nuestras aguas ya disponen de ciertos minerales como los bicarbonatos, que hacen, que nuestras aguas por si solas, tengan un cierto poder de auto regulación, químicamente llamado **poder tampón**. Esta propiedad confiere a nuestras aguas cierto poder de auto regulación frente a pequeños cambios químicos, y por lo tanto mantenerse en unos parámetros de partida buenos o aptos para el baño. En

efecto, la presencia de cierto nivel de bicarbonatos hace que nuestras aguas suelen tener un pH neutro o cercano a pH7. Los bicarbonatos son sales que, disueltas en agua y en cierta cantidad, son capaces de poder amortiguar cualquier cambio en el pH, situándolo siempre cercano a pH7 (pH Neutro).

No obstante, este poder de autorregulación dependerá siempre de la calidad de nuestras aguas, las cuales, ya sabemos que varían en función de la zona del país donde nos encontremos. No es lo mismo mantener aguas de piscinas de zonas como Madrid que en zonas del Levante donde tenemos aguas muy duras, o zonas del norte donde las aguas son más bien ácidas.

Recomendamos, a modo de ejemplo, este enlace para acceder a una calculadora que nos permite calcular el **índice de Langelier**:

<https://www.lenntech.es/calculadoras/langelier/langelier.htm>

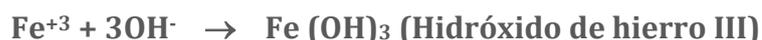
En el caso de piscinas descubiertas, donde puede haber concentraciones importantes ácido isocianúrico, la contribución del ácido cianúrico debe eliminarse de la alcalinidad total, puesto que el índice de saturación usa la alcalinidad debida al carbonato (Alcalinidad de Carbonato Total) para determinar el balance del agua. La concentración del ácido cianúrico debe dividirse entre 3 para obtener la contribución a la alcalinidad total. Por ejemplo, si la lectura de la alcalinidad total fue de 90 ppm (mg/l) y el nivel de ácido cianúrico es de 60 ppm (mg/l), la alcalinidad total de carbonato sería 70 ppm (mg/l), ya que 20 ppm ($60 \text{ ppm} / 3 = 20 \text{ ppm}$) de la lectura de la alcalinidad total fue debido a la interferencia del ácido cianúrico.

Ejemplos de reacciones típicas en aguas de piscinas no equilibradas

El agua contiene una cierta concentración de minerales disueltos: Ca, Mg, etc. El agua para estar equilibrada necesita tener cierta concentración de estos minerales, cuando el agua carece de algunos de estos elementos se vuelve muy corrosiva, ya que, al estar “ávida” de ellos se torna muy “agresiva” y busca el equilibrio tomándolos de la piscina y accesorios. Así, disuelve el Ca de las juntas del gresite, cementos, juntas, etc. O con el Cu de los intercambiadores de agua caliente.

El agua es un medio que facilita infinidad de reacciones químicas. Prueba de que un agua se ha vuelto corrosiva son las coloraciones producidas por disolución, o intercambios iónicos de metales presentes, los cuales pueden depositarse como manchas en la superficie, en el fondo, o colorear la propia agua.

Así, por ejemplo, el hierro (Fe) colorea el agua en un tono marrón o verde, dependiendo de su estado de oxidación, produciendo hidróxido ferroso y luego hidróxido férrico, y a continuación nódulos o tubérculos que pueden con el tiempo disminuir la sección de las cañerías y aumentar las pérdidas de carga significativamente, pudiendo provocar asimismo contaminación metálica en determinados sistemas.



El Cu (cobre) colorea de azul, verde, negro o gris dependiendo su estado de oxidación, y dónde se deposite. En muchas piscinas se hacen tratamientos a base de Cu y Ag (plata), y por ello hay que tomar precauciones no solo para evitar esos efectos del Cu, sino para impedir que resulte nocivo para la salud, ya que efectivamente lo es a partir de ciertas concentraciones.

Para conocer un poco mejor la química del Cu, diremos que en medio alcalino produce hidróxido de Cu, insoluble y de color azul pálido. Al continuar subiendo el pH se forma el ion cuprato $(\text{CuO}_2)^{2-}$, que presenta un color aún más intenso que el del sulfato de cobre.

Si en el medio existe amoníaco (procedente de orina y otros residuos orgánicos,) el cobre puede formar el ion complejo $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$, de color azul muy intenso, depositándose en el fondo de la piscina, paredes, juntas, etc., razón por la cual es importante tener conocimientos básicos de química, y llevar un control exhaustivo tanto en el sistema de filtración, como en la manipulación de los productos químicos que echamos en el agua, evitando así la contaminación del agua, con el riesgo de afectar a la salud de los bañistas.

En piscinas ácidas o más ácidas de lo normal, el Cu y todos los metales tienden a disolverse, al contrario que antes, formando su forma más reducida. Cuando tenemos metales disueltos en agua, hay que controlarlos porque en función de su concentración, éstos pueden ser nocivos para el baño.

Cuando las sales que se disuelven en un medio acuoso y más ácido de lo normal son sales de calcio o magnesio, éstas pueden llegar a darnos una tonalidad blanquecina, que hace que nuestras piscinas pierdan esa transparencia inicial. Este fenómeno suele producirse a partir de pH inferiores o cercanos a pH 7. Sin embargo, cuando el pH se hace cada vez más alcalino, superior a pH 7, las mismas sales antes disueltas, comenzarán a ser menos solubles y por lo tanto comenzarán a precipitar, pegándose a nuestros suelos y paredes de la piscina. En ocasiones, en zonas con aguas duras, para tener más transparencia, es preferible que éstas sales estén precipitadas y no disueltas en el agua, que originan turbidez blanquecina.

Conclusiones

- a) Un agua de piscina será mejor cuanto mejor sea su equilibrio químico, sabiendo que un agua equilibrada es un agua de mejor calidad, tanto para el baño como para los bañistas. En un agua en equilibrio su índice de Saturación o de Langelier tiene que ser cero o próximo a cero.
- b) Las variables o magnitudes más importantes que van a definir el estado o equilibrio del agua en cada momento serán las siguientes (por orden de importancia):
 2. pH del agua.
 3. La alcalinidad total en ppm.
 4. La dureza cálcica en ppm.
 5. El total de sólidos disueltos (TDS), en ppm.
 6. La temperatura en °C.
- c) Cualquier proceso físico o químico que hagamos en una piscina, y que afecte a cualquiera de estas variables, tiene que estar controlado, ya que, si alteramos el equilibrio químico inicial del agua, podemos alterar su dinámica y, por lo tanto, producir nosotros mismos la mayoría de las incidencias o problemas típicos en las piscinas: aguas blanquecinas, aguas lechosas, aguas marrones o rojas, juntas azuladas, manchas de óxido etc.

La biología del agua en sistemas clorados

Generalidades

Para asegurar la calidad del agua en ciertos sistemas, **el agua no sólo ha de estar desinfectada, sino que debe tener un poder de desinfección residual.**

Con la adición de un desinfectante se pretende evitar la transmisión de patógenos y/o su proliferación. Los métodos tradicionales de tratamiento del agua tienden a combatir la transmisión de patógenos mediante el uso de productos químicos desinfectantes cada vez más potentes, radiación con rayos UV, ozono...

Los patógenos son un problema biológico y necesitan una solución biológica: **prevenir en vez de curar.**

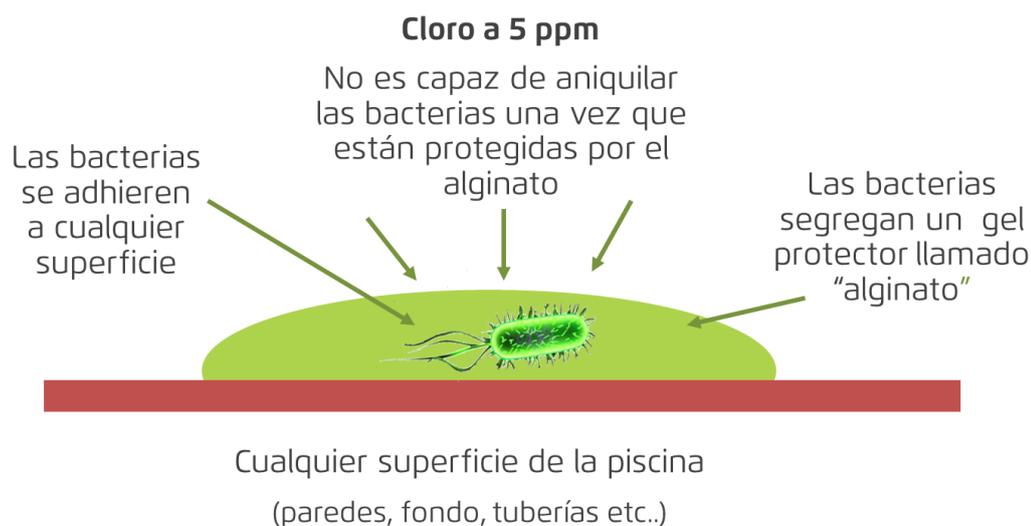
Hay diversos biocidas en el mercado, siendo el cloro, por economía y sobretodo por experiencia en su dosificación, el más usado a nivel mundial, aunque esto no implica que deba utilizarse de manera indiscriminada. Para usar el mínimo de cloro, se ha de **reforzar el tratamiento físico y eliminar la actividad biológica**, pues finalmente, **todo elemento que no seamos capaces de retirar físicamente del sistema, lo tendremos que tratar con algún proceso químico**, con 2 consecuencias principales:

1. Generación de subproductos indeseables, riesgos de sobredosificación, aumento de consumo de agua.
2. Aumento exponencial de los costes de explotación, ya sea por el consumo de químicos, como por el suministro de energía y los costes de mantenimiento de las diferentes plantas de tratamiento, generadores de Ozono, UV...

La contaminación biológica del sistema. El biofilm

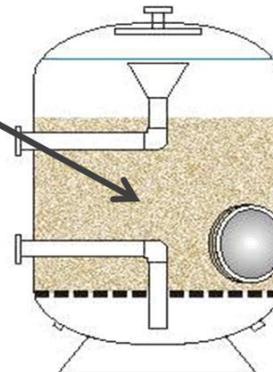
Habitualmente se emplean “**tratamientos fisicoquímicos**” para intentar “anular” los procesos biológicos de la piscina, considerando que con la aportación de un biocida simplemente la biología no existiría. Este precepto se encuentra muy lejos de la realidad, ya que, de hecho, **muchos de los subproductos nocivos de la desinfección, como las cloraminas, se producen precisamente por procesos biológicos.**

Las bacterias en el agua se oxidan con bajas concentraciones de cloro en menos de 30 segundos. Sin embargo, encontramos bacterias creciendo en la piscina.

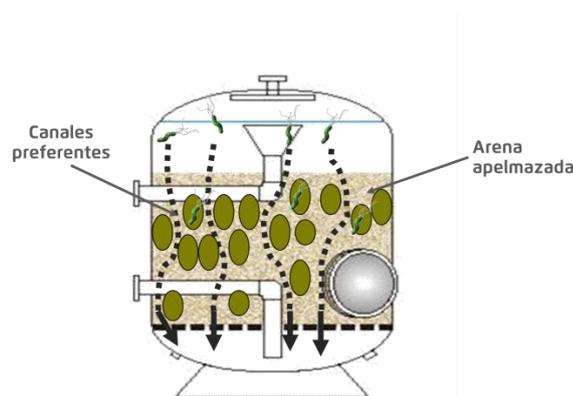


Esto es posible porque cuando las bacterias colonizan una superficie en contacto con el agua generan un alginato (gel) que les protege del cloro... y la mayor superficie se encuentra en **la arena del filtro.**

1 Tonelada de arena = 3.000 m²
Ejemplo : Filtro de Ø 2.000mm
5,7 toneladas x 3.000 m² = **17.100 m²**
Piscina de 25 x 12,5 x 1,5 = **425 m²**



En pocos días **cada grano de arena del filtro se coloniza por bacterias heterotróficas**, que se alimentan de materia orgánica y crecen a una velocidad increíble, duplicando su biomasa en 15-30 minutos. Desarrollan un **biofilm** que posteriormente es colonizado también por otra gama de diferentes bacterias, virus, protozoos...



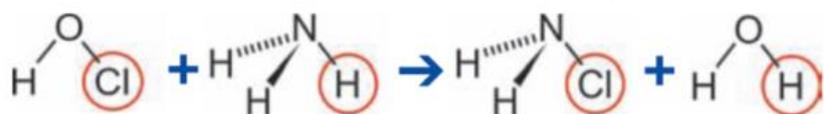
Aproximadamente después de **6-12 meses las bacterias autotróficas**, que crecen mucho más despacio, colonizan también el biofilm y producen materia orgánica que a su vez sirve de alimento para las bacterias heterotróficas. De este modo el biofilm se desarrolla aún más rápido y se vuelve más estable, actuando como un aglutinante, pegando los granos entre sí y provocando la formación de canales preferentes y apelmazamientos de arena.

La demanda de cloro del filtro será la mayor del sistema. Por eso hay que cambiar la arena con una determinada frecuencia, puesto que están saturadas de biofilm.

Formación de cloraminas. Un problema biológico

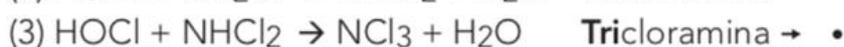
A continuación, mostramos las reacciones de sustitución en las que podemos observar cómo a partir de los iones amonio, que no la urea, llegamos a la tricloramina.

Reacciones de oxidación del cloro por sustitución



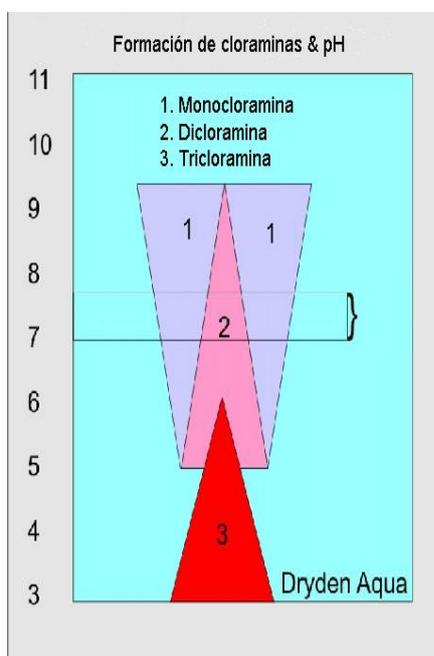
Ácido hipocloroso + amoniaco == monocloramina + agua

Formación de mono-, di y tricloramina

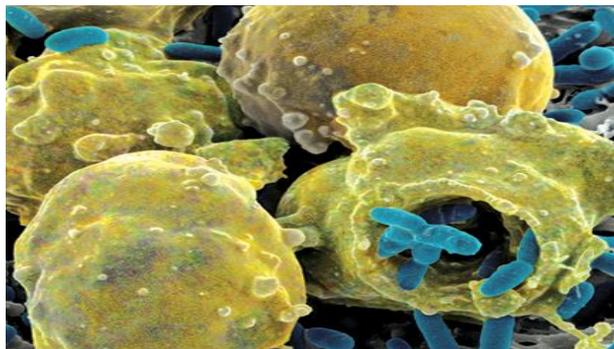


La mono- y la di-cloramina son moléculas pesadas disueltas en agua y que no penetran a través de la piel, por lo que no son peligrosas para los mamíferos, entre los que se incluyen a los humanos. Sin embargo, la tri-cloramina, con 3 átomos de cloro penetra en nuestro organismo a través de los pulmones y es en ese momento cuando lo detectamos con su característico “**olor a cloro**”,

Para la formación de tri-cloraminas se requiere un entorno de **pH por debajo de 6** y ese entorno sólo lo podemos encontrar en el **biofilm**, ya que las bacterias producen ácidos.



El motor principal para la formación de tricloraminas es un pH bajo (3,0-5,0).



Si minimizamos la formación del biofilm, no sólo eliminamos el entorno donde se forman las tricloraminas, sino también las bacterias autotróficas que son las que “digieren” la urea formando iones amonio.

Las pastillas DPD3 miden el cloro total, que incluye la clorourea y todas las cloraminas, pero no todas son dañinas, debiendo enfocarnos únicamente en las inorgánicas. Asimismo, hay que recordar que en la orina o el sudor de los mamíferos sólo el 10% de la misma son iones amonio, correspondiendo el 80 % a urea. **Las bacterias que crecen sobre la arena del filtro convierten la urea en amonios.** Los amonios reaccionan con el cloro convirtiéndose en cloraminas inorgánicas. **Esta urea sin el entorno apropiado que forma el biofilm nunca llegará a ser tricloramina.**

Por tanto, tenemos que fijarnos como **objetivo:**

1. **Eliminar los nutrientes para las bacterias mediante una coagulación, floculación y optimizando el proceso de filtración.**
2. **Que las bacterias no encuentren un sustrato donde puedan crecer y multiplicarse.**

Química orgánica básica en una piscina

En cualquier instalación acuática o piscina donde el ser humano se bañe, tendremos además de todo lo comentado anteriormente, contaminación orgánica. Dicha carga orgánica, ya sean restos orgánicos (piel, vello, orina etc.), como bacterias, virus o cualquier otro organismo presente en nuestro cuerpo, será un caldo de cultivo perfecto, para que, junto con la energía solar y el tiempo suficiente, puedan proliferar organismos vivos como algas, bacterias, protozoos e incluso pequeños animales microscópicos.

Además, la presencia de materia orgánica, junto con otros compuestos químicos inorgánicos como alimento o sustrato, pueden llegar a producir la aparición de sustancias biológicas contaminantes y perjudiciales para el baño y los bañistas.

Para evitar dicha contaminación, necesitamos que el agua contenga siempre cierto carácter oxidante, que le confiera el poder de oxidar la materia orgánica, y, por lo tanto,

pueda eliminar o matar dichos organismos por procesos o reacciones químicas de oxidación, a partir de las cuales, la materia orgánica se transforma, precipita y es recogida mediante los procesos de filtración tan importantes en las piscinas.

Dicho poder oxidante del agua no es otra cosa que el índice REDOX del agua (ORP en inglés), el cual químicamente se definiría como la capacidad del medio, en nuestro caso del agua, de disponer de un pequeño potencial químico de oxidación para poder oxidar cualquier compuesto orgánico presente, y, por lo tanto, destruirlo.

El agua destilada a temperatura ambiente NO DISPONE de dicho potencial Redox, o lo que es lo mismo, su potencial REDOX, frente a cualquier reacción de oxido reducción es CERO, por lo que, no tiene ninguna capacidad de oxidar la materia orgánica que se encuentre disuelta o ella.

Es por este motivo, por el que, además de un buen sistema de filtración, cualquier piscina necesita de un sistema de desinfección apropiado, el cual, desinfecte o mate la materia orgánica directamente, o le confiera al agua ese poder oxidante extra, para que pueda oxidar la carga orgánica diaria que recibe de los bañistas.

Debido a esto, la legislación española actual, nos obliga a usar una serie de compuestos o desinfectantes, los cuales, una vez disueltos en el agua, le confiera la capacidad o poder oxidante apropiado, que garantice la desinfección del agua y elimine la posibilidad de que proliferen microorganismos perjudiciales para la salud del bañista.

El desinfectante universal más usado, suele ser cloro o derivados del cloro (lejías), el cual, disuelto en el agua, y a una concentración determinada en el agua, nos garantiza el potencial Redox o de oxidación, ideal para garantizar la desinfección de todo nuestro sistema hidráulico.

Existen multitud de sistemas de desinfección, ya sean físicos o químicos, estáticos o residuales, pero en piscina pública o residencial, la legislación actual nos obliga a cumplir ciertos parámetros de ciertos oxidantes en el agua, como pueda ser el cloro libre disuelto en el agua.

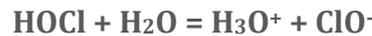
Se entiende como **cloro LIBRE o RESIDUAL** (Cl_2) aquella cantidad de cloro disuelta en el agua que SOBRA, y que en su forma LIBRE o forma OXIDANTE está listo para poder oxidar la materia orgánica en cualquier momento que lo necesitemos. Según el **RD742/2013**, debe mantenerse siempre **entre 0,5 y 2 mg/l**.

El cloro, como cualquier compuesto inorgánico disuelto en agua, puede presentarse en el medio acuoso en forma de varias especies químicas diferentes, dando lugar así a un equilibrio químico de éstas en función del pH del medio. Podemos definir este equilibrio químico del cloro, o cualquier otro oxidante, como el % del total que se presenta en cada una de sus formas químicas:

- Reacción de oxidación-reducción del cloro:



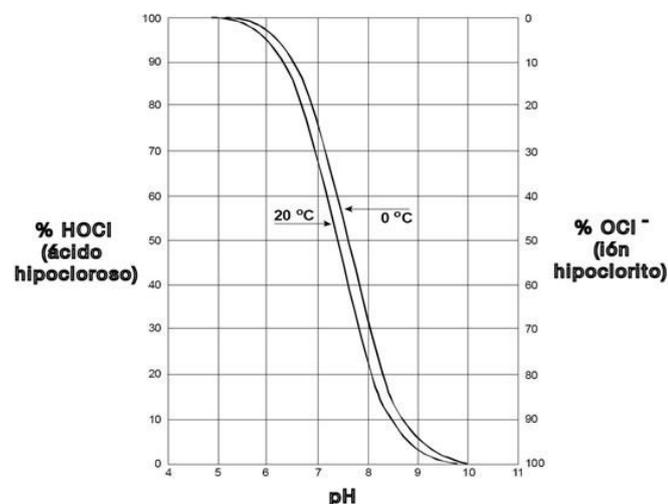
- Reacción de disociación del ácido hipocloroso:



La especie con poder oxidante, o poder de oxidar la materia orgánica, será el **ácido hipocloroso**, mientras que el ion cloruro (Cl^-) no tiene poder oxidante alguno.

Es muy importante, conocer y entender cómo evoluciona este equilibrio químico del cloro en función del pH del agua, ya que, nos dará información de la cantidad de hipocloroso que tendremos en % del total de cloro que disolvamos o dosifiquemos en el agua.

Tal y como comentamos anteriormente, el cloro no se encuentra como tal en el agua, sino como dos especies, el ácido hipocloroso (HClO) y el ion hipoclorito ClO^- . De estas dos especies, únicamente el ácido hipocloroso HClO tiene capacidad desinfectante. El porcentaje de reparto de ambas especies viene determinado por el pH del agua según la gráfica siguiente.



Curva de ionización del HOCl en función del pH

Tal y como se aprecia en la gráfica, a pH superiores a 8 prácticamente todo el cloro se encuentra en forma de ion hipoclorito ClO^- , siendo ineficaz en la desinfección. Es por tanto de vital importancia el ajuste y control del pH para una correcta desinfección de agua con cloro como desinfectante.

Por último, es importante recordar que los desinfectantes clorados, en presencia de materia orgánica en exceso, pueden formar productos organoclorados, como las mencionadas **CLORAMINAS** (vistas en el apartado anterior).

Conclusiones

- a) Cualquier proceso de desinfección mediante residual de productos clorados, requiere un control exhaustivo del pH del agua. Nunca tendremos una desinfección controlada sin previo control de los niveles de pH en el agua.
- b) La presencia de cloraminas o cloro combinado en el agua de una piscina es una prueba evidente de que tenemos materia orgánica en suspensión en exceso, por lo que se debe revisar el proceso de **filtración**, ya que la misma empieza a ser NO eficiente, y, por lo tanto, tiene carencias en dicha instalación.
- c) En una piscina el proceso de filtración es el más importante de todos, ya que es el que va a marcar todos los procesos posteriores de desinfección, mantenimiento y limpieza de las piscinas; un mal funcionamiento del sistema de filtración de una piscina hará que todo lo demás sea deficiente.

Sistemas de desinfección habituales

Podemos distinguir varios sistemas de desinfección, según la tecnología empleada:

- Desinfección química:
 - con derivados de cloro
 - con derivados de bromo y oxígeno
- Cloración salina
- Desinfección con ozono
- Desinfección mediante lámparas de radiación ultravioleta
- Ionización

Veremos a continuación más en detalle cada uno de ellos.

Desinfección química

Derivados del cloro

TCCA	Dicloro	Hipoclorito Cálculo	Hipoclorito Sódico
Alta concentración de cloro disponible (90%)	Concentración media de cloro disponible (56 - 60%)	Cloro disponible: 70%	Cloro disponible: 5 - 15% Forma líquida

TCCA	Dicloro	Hipoclorito Cálculo	Hipoclorito Sódico
<p>En polvo, granular, tableta o multifunción</p> <p>Baja solubilidad. En forma granular puede llegar a manchar el liner</p> <p>Estable</p> <p>Produce ácido cianúrico al diluirse en el agua. En dosificación estándar, se llega a 75 ppm en 2 meses</p> <p>Algunos pueden contener ácido bórico</p> <p>Se está en contacto directo con un producto químico dañino</p>	<p>En forma granular</p> <p>Buena solubilidad</p> <p>Estable</p> <p>Se está en contacto con un producto químico dañino</p>	<p>En forma granular. En tabletas, poca estabilidad</p> <p>Buena solubilidad</p> <p>Estable</p> <p>Contiene calcio, por lo que incrementa la dureza del agua</p> <p>Se está en contacto con un producto químico dañino</p> <p>Poca consistencia de la tableta</p>	<p>Buena solubilidad</p> <p>Baja estabilidad. Se descompone muy rápidamente</p> <p>Se está en contacto con un producto químico dañino</p> <p>Baja concentración, por lo que implica la necesidad de tener un importante stock del producto</p> <p>Poca fiabilidad de la concentración real</p>

Derivados de bromo y oxígeno



La cloración salina

Generalidades

Se trata de una desinfección con cloro, por tanto, la química es la misma que en los compuestos clorados. No obstante, dada su singularidad a la hora de producir el cloro, lo tratamos como un capítulo específico.

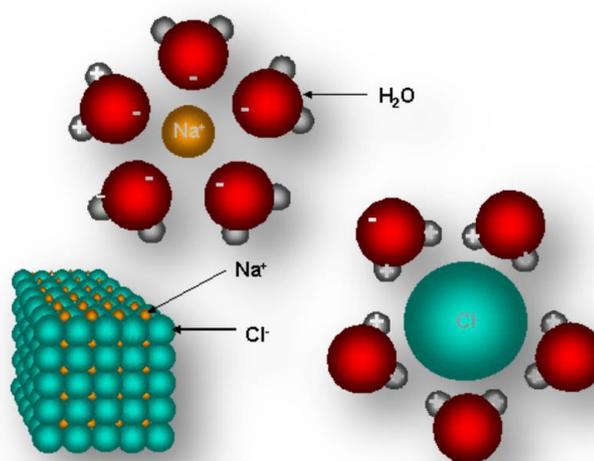
Cuando adicionamos cualquier sal a un medio acuoso, se produce un proceso químico sencillo llamado "**hidrólisis de la sal**", que no es otra cosa que la disolución de cualquier sal en agua, formando sus cationes y aniones correspondientes disueltos en el medio.

Ejemplo con NaCl:



La concentración de dichos cationes o aniones en equilibrio químico en el agua dependerá de la capacidad de la sal a disolverse, que vendrá en función de la constante de solubilidad, la cual nos indicará a su vez qué cantidad de sal por litro de agua es capaz de disolverse. Una vez que traspasemos esa constante de solubilidad, la sal restante dejará de disolverse y empezará a precipitar, con lo que, decimos que dicha disolución está ya saturada, es decir, no puede disolverse más cantidad de sal en dicha cantidad de agua.

La solubilidad máxima del NaCl es de 35,9 gramos por cada 100ml. o lo que es lo mismo, la máxima cantidad de sal que podemos disolver en un litro de agua sería de 359 gramos, unos 359.000 ppm (mg/l).



Funcionamiento de la cloración salina

La cloración salina es una simple reacción de electrólisis a partir del agua de la piscina con una ligera concentración de sal común, de 4 a 6 gramos por litro, aunque hay sistemas en el mercado que trabajan entre 1gr/l y 2gr/l, prácticamente imperceptible por el bañista en comparación con el agua de mar que alcanza los 35 gramos de sal por litro.

En las aguas de piscinas, según la normativa, deben contener entre 4 y 6 ppm de sal, equivalente a la mitad de concentración de la lágrima humana (9 ppm). Los procesos de cloración salina, por tanto, deben funcionar a dichas concentraciones de sal.

Cabe destacar en este apartado, los beneficios que obtendremos al disponer de un agua salina en piscina (5g/l), frente a un agua dulce, pues dicha salinidad en el medio le otorga la propiedad al agua de ser más isotónica para la piel, el pelo y las mucosas de los bañistas, generando un medio menos agresivo para los bañistas que un agua dulce con presencia de productos químicos oxidantes.

Así pues, un agua clorada y desinfectada en un medio salino será más beneficiosa para el baño que el mismo agua clorada y dulce. Sin entrar en más detalle, diremos que este fenómeno se basa en que las aguas con cierta concentración de este tipo de sales, debido a su elevado poder osmótico, son capaces de deshidratar un amplio espectro de virus y bacterias en estado no-esporulado, por lo que, se usa como un antiséptico para desinfectar heridas. Además, al ser más isotónica para la piel humana, produce una sensación de bienestar mayor que cualquier agua dulce con la misma cantidad de oxidante

Además, un medio salino tendrá mayor capacidad tamponadora o auto-reguladora frente a pequeños cambios químicos que se puedan producir en el medio. Por ello, los bañistas disponen de mayor confort en aguas de piscinas salinas que en aguas de piscinas de agua dulce.

Como inconveniente cabe destacar que, al aumentar la conductividad, aumentamos la probabilidad o el potencial de corrosión en el medio, por lo que es conveniente usar materiales apropiados en los elementos que tengamos instalados en cualquier piscina de este tipo. En la mayoría de los casos, estos fenómenos de corrosión se suelen resolver con el uso de buenas tomas de tierra, que protejan del aumento de procesos de corrosión en el agua.

Desde un punto de vista meramente químico, en la electrólisis salina o cloración salina, lo que hacemos realmente es fabricar un oxidante (cloro), a partir de energía eléctrica, y una solución salina de NaCl en el agua de la piscina, la cual, sería nuestro combustible a partir del cual se generaría nuestro cloro.

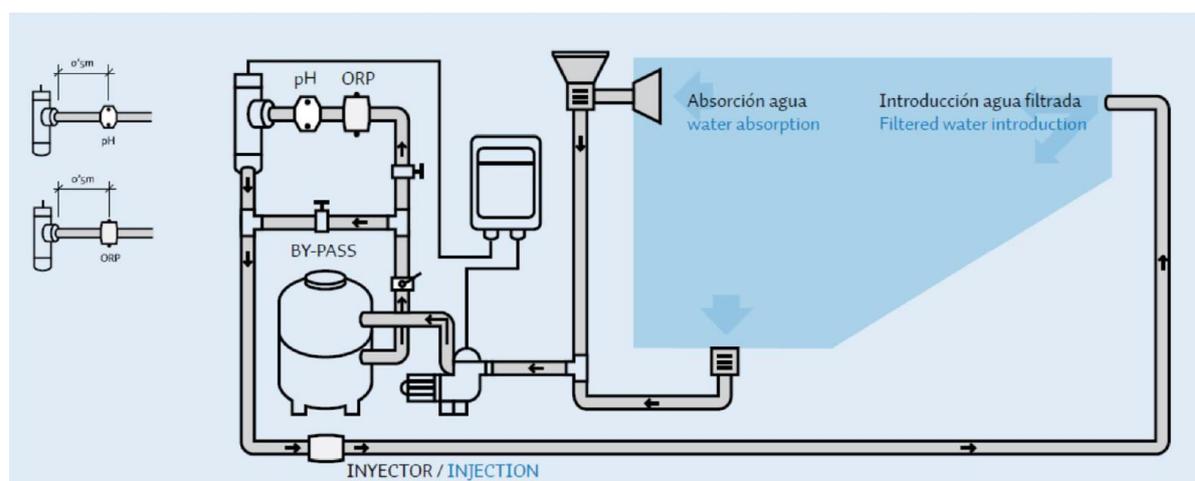
De un modo operativo para cualquier mantenedor profesional de piscina, digamos que disponemos de una pequeña fábrica de hipocloroso, en línea e in situ en nuestra depuradora, con solo añadir sal común al agua de la piscina, como combustible, y energía eléctrica a nuestro equipo de electrólisis salina para producir la transformación.

Así, la reacción viene dada por una corriente producida por una fuente de alimentación conmutada de corriente continua (siempre de corriente continua), sobre unos electrodos (ánodo y cátodo) o célula de titanio (hecha con materiales nobles que tardan en oxidarse), los cuales por sus características pueden hacer circular corriente entre ellos disociando entre otras moléculas las de la sal, formando como veremos más adelante cloro, hidrógeno,

Dicha célula se instala en el circuito hidráulico conectada al equipo que se encarga de generar y transmitir la corriente a la célula.

Dicho “combustible” es muy conveniente para su uso en piscinas, ya que, además de servirnos para generar el oxidante diario que le va a conferir al agua su poder oxidante para desinfectar el agua, también genera beneficios para el baño y confort en los bañistas, además de otros beneficios para los profesionales del sector que anteriormente comentados.

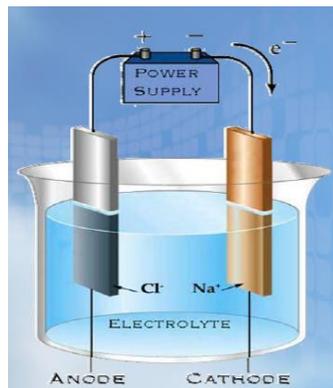
Por ello, este sistema de desinfección basado en cloro residual como desinfectante se está imponiendo cada día más frente a otros métodos tradicionales, resulta más eficiente en todos los aspectos fabricar cloro puro a partir de sal in situ, que adicionar o dosificar sales inorgánicas de cloro (hipoclorito sódico) al 15% máximo, con todo lo que ese proceso conlleva: fabricación, envasado, transportes especiales, dosificaciones, seguridad etc.



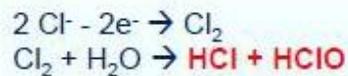
El carácter polar del agua permite la disociación del NaCl, el cual en estado sólido forma enlaces iónicos.

Química del agua y comportamiento con la cloración salina

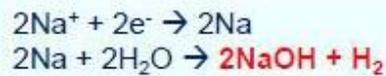
Veamos de una forma más sencilla cuáles son las reacciones químicas que se dan en el agua, hasta llegar a nuestro objetivo, y qué implicaciones o reacciones colaterales tendremos si trabajamos con cloradores salinos como método de desinfección:



Ánodo:



Cátodo:



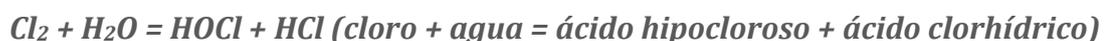
Tal y como indica el esquema, al hacer pasar un potencial eléctrico (Voltaje) entre dos materiales metálicos en contacto con nuestra solución salina provocamos las siguientes reacciones:

- En el metal que hace de ánodo con carga positiva, oxidamos los cloruros presentes en el agua a cloro gas (Cl_2), el cual, rápidamente se disuelve en agua, formando sus dos especies más estables, por un lado, el ácido hipocloroso o desinfectante deseado, y por otro lado ácido clorhídrico como reacción colateral.
- Por el contrario, en el otro metal con carga negativa, ocurre lo contrario, y es que el sodio disuelto se reduce, actuando de catalizador para que finalmente el H_2O se reduzca a H_2 generándose NaOH como reacción colateral.
- Finalmente, la reacción se hace cíclica, ya que parte de los dos compuestos colaterales anteriormente descritos ($\text{HCl} + \text{NaOH}$), formarán de nuevo sal común (NaCl) o combustible, apto para que se pueda usar de nuevo para generar el oxidante que queríamos.

Si nos fijamos bien en la reacción química global y sus proporciones, podemos concluir que finalmente, aunque la reacción sea cíclica, formamos NaOH en exceso, que, al no disponer de más HCl para formar la sal común de nuevo, quedará disuelta en el medio.



Este cloro se disuelve en el agua formando ácido hipocloroso y ácido clorhídrico:





Como se ha comentado, el ácido hipocloroso es un oxidante capaz de actuar sobre las bacterias y otros microorganismos, pero no es tóxico para las células humanas o de animales. Además, es capaz de generar oxígeno activo (O_2) que añade poder desinfectante al proceso, esterilizando así el agua de forma muy eficaz:



El ácido clorhídrico que se forma como segundo producto en esta reacción se puede neutralizar con la sosa formada en la electrólisis de la sal, volviendo a dar sal y agua. Por su parte, el hidrógeno y el oxígeno pueden reaccionar formando agua:



El cloro generado destruye la materia orgánica y patógenos presentes en el agua, transformándose de nuevo en cloruro sódico (sal común).

Esa sosa en exceso (NaOH), como especie básica (alcalina) que es, provocará un aumento del pH del medio con el uso de la cloración salina como sistema de desinfección, por lo que, para no perder el Equilibrio Químico del que hablamos en el primer capítulo, se hace imprescindible y necesario, disponer de un regulador de pH automático y en continuo.

Por este motivo, todos los fabricantes de cloradores salinos recomiendan controlar el pH de forma periódica cuando usamos sus equipos, y lo mejor en estos casos, es que dicho equipo ya disponga de su control automático de pH, o en su defecto, tengamos un controlador de pH externo que haga dicha función.

Por último, desde el punto de vista químico del proceso, cabe destacar el papel tan importante que tiene la solución salina en el uso de este sistema, por lo que, cabe recordar que es muy importante que dicha concentración salina del medio acuoso se mantenga a lo largo del tiempo:

- a) La solución salina de NaCl actúa como combustible precursor para poder fabricar el HClO (oxidante) necesario para desinfectar la piscina.
- b) La solución salina de NaCl mantiene una conductividad mínima y apropiada en el agua, para que pueda pasar la corriente eléctrica entre las placas de la célula, y, por lo tanto, podamos provocar el proceso de fabricación del cloro mediante electrólisis salina.

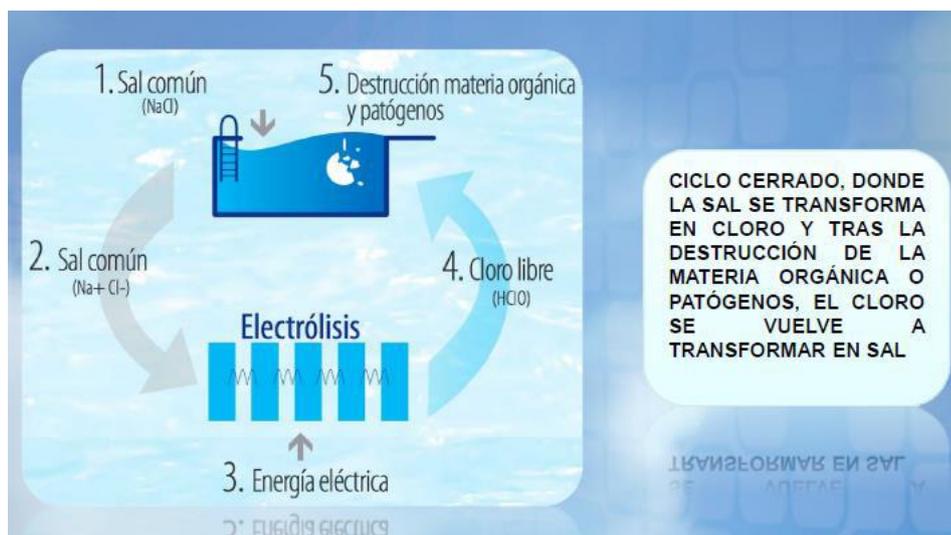
Se trata de un proceso cerrado en el que apenas hay pérdida de ningún producto.

La adición de sal debe realizarse una sola vez al llenar la piscina, si bien deberán efectuarse pequeñas reposiciones periódicas debido a las pérdidas de agua durante los lavados del filtro, la evaporación y el agua que puedan desalojar los propios bañistas.

A veces nos olvidamos, que en cualquier piscina donde se use la electrólisis salina como método de desinfección, la sal que pusimos inicialmente en el agua, se irá consumiendo con el tiempo. Se consume por dos grandes motivos:

- Porque la usamos como combustible precursor para fabricar el cloro, que más tarde usamos para desinfectar y/o oxidar la materia orgánica. Habrá una parte que nos sobre y se vuelva a forma sal, pero habrá otra parte que se consumirá en el acto de oxidar la materia orgánica.
- Porque cualquier bañista que use la piscina se llevará parte de la sal junto con el agua en su cuerpo al salir de la piscina.

Normalmente en cualquier clorador salino, la carga inicial será de 5g/l o lo que es lo mismo 5Kg/m³, y tendremos una reposición anual que oscila entre el 10% y el 30%, en función del uso de la piscina, es decir, los días al año que esté en funcionamiento dicha instalación.



Aspectos a controlar

El uso de la electrólisis salina como método de desinfección en cualquier piscina, nos obliga a controlar ciertos parámetros químicos en el agua, atendiendo a dos razones muy importantes:

- a) Como en cualquier sistema de desinfección basado en residual de producto químico, tenemos que controlar siempre el equilibrio del agua, aspecto muy importante que comentamos al principio. Al generar productos principales y colaterales, éstos pueden variar las magnitudes importantes del agua, como son: el pH, la dureza, la alcalinidad y los TDS (sólidos en suspensión). Cualquier cambio en estos parámetros, alterará el equilibrio del agua, y, por

lo tanto, alterará su correcto funcionamiento y eficacia a la hora de desinfectar.

PARÁMETRO PARAMETER	VALOR MÍNIMO MINIMUM VALUE	VALOR MÁXIMO MAXIMUM VALUE	REVISIÓN PARÁMETROS PARAMETERS REVIEW
Dureza / Hardness (ppm)	150	250	Mensual / Monthly
Alcalinidad / Alkalinity (ppm)	100	160	Semanal / Weekly
pH	7,2	7,8	Diaría / Daily
Ácido cianúrico / Cyanuric acid (ppm)	0	50	Mensual / Monthly

- b) Cualquier clorador salino, se basa en la generación de productos químicos a partir de corriente eléctrica, por lo que será de suma importancia controlar la conductividad o salinidad del medio. Esto supone, tener un cierto control de la conductividad del agua a lo largo del tiempo, es decir, habrá que mantener ciertos niveles de sal en el agua, para garantizar que la corriente eléctrica que pasa por las células es correcta.

Además, cabe destacar que la conductividad del agua varía bastante en función de la temperatura. Esto implica que una misma cantidad de sal en el agua nos dará mayor o menor conductividad en función de la temperatura que tengamos en el agua. Por este motivo, en ocasiones, sobre todo en invierno, la bajada de temperatura del agua hará que nos baje la conductividad del agua, por lo que habrá que verificar que dicha conductividad es suficiente para que podamos seguir provocando electrólisis entre placas.

Es importante también tener en cuenta los aspectos a controlar para un correcto mantenimiento de las células en las que se produce el fenómeno electrolítico. Al introducir un potencial o voltaje en un medio acuoso, hemos de tener en cuenta que aumentamos o favorecemos también posibles procesos de incrustación de otras sales presentes en el agua, como pueden ser sales de calcio y magnesio, por lo que se recomienda que se controlen dichas deposiciones calcáreas en las células de forma periódica, realizando procesos físicos de limpieza, cuando sean necesarios.

Por último, en piscinas con cloración salina, en caso de estar construidas con revestimiento cerámico, las **juntas** deben ser con **base epoxídica**, puesto que las juntas con base cementosa no resisten químicamente y al poco tiempo de su instalación se empiezan a disgregar.

Dimensionamiento teórico de la instalación

El dimensionamiento teórico de cualquier instalación, a la hora de calcular un modelo de equipo óptimo para cada piscina, es sumamente importante, ya que en este proceso radica el éxito del sistema de cloración salina como sistema de desinfección óptimo para cualquier piscina.

No sirve de nada instalar un clorador salino que no tenga la capacidad de producción necesaria y óptima que requiera la instalación en concreto, ya que, el sistema como tal funcionará, pero los resultados no serán los óptimos, por lo que, el cliente siempre nos comunicará que el equipo no funciona bien, está averiado, no clora lo suficiente etc. ...

Sin embargo, en realidad el equipo puede estar funcionando correctamente, pero al no disponer de la capacidad de producción necesaria, la piscina no estará bien desinfectada. Por ello es conveniente tener claro el cálculo de cualquier sistema de cloración salina para cualquier tipología de piscina, ya sean domésticas, residenciales y/o públicas.

Para un cálculo correcto, o dimensionamiento óptimo de cualquier equipo, vamos a definir un término muy importante que se denominará "**cantidad de cloro diaria**", necesaria para cada instalación. Tal y como nos indica su propio nombre, esa cantidad de cloro diaria, será la cantidad de cloro, expresada en gramos, que necesita diariamente (y en el peor de los casos) cualquier piscina o instalación acuática. Dicha cantidad de cloro diaria será calculada para cada instalación en concreto, y será la cantidad de cloro que consume diariamente cualquier piscina, en función de unas determinadas características de la propia piscina, **teniendo siempre en cuenta el momento de máxima afluencia**.

Al igual que no hay dos piscinas iguales, no habrá nunca dos piscinas que se comporten de igual manera, por lo que, lo mejor en estos casos, es calcular dicha cantidad para cada uno de los vasos o piscinas que tengamos en cualquier instalación.

En principio, dicha cantidad de cloro diaria que tenemos que producir para que la piscina esté desinfectada correctamente, nos sirve para cualquier sistema de desinfección basado en la adición o fabricación de oxidante, independientemente de que usemos cloración salina, cloro líquido inorgánico (hipoclorito sódico o cálcico), tricloros orgánicos (pastillas, granos etc.) o cualquier otro oxidante en base a cloro. Así, dicho cálculo nos sirve también para conocer el consumo de cloro diario de cualquier piscina, en casos que no tengamos salino y tengamos otro tipo de desinfectante.

En **piscina de uso público** se hace necesario aplicar fórmulas empíricas que nos aseguren el correcto dimensionamiento del clorador. La fórmula para calcular dicha cantidad está basada en la teoría y la experiencia, es una fórmula que actualmente se ha

unificado para todos los fabricantes nacionales de cloración salina, usando la misma desde hace algunos años.

La fórmula consta de dos partes o dos sumatorios:



Cloro que debe sobrar

Por un lado, calcularemos la cantidad de cloro libre que queremos que nos sobre en la piscina cualquier día del año, por mucho calor que haga. Esta cantidad depende del volumen total de agua de la piscina, incluyendo siempre la cantidad de agua que haya en los vasos de compensación, en los casos que la piscina sea desbordante.

- Piscina No climatizada:
⇒ Cloro que me debe sobrar = **2,0 gramos x Volumen Total piscina (m3)**.
- Piscina Climatizada sería conveniente usar, una dosis mayor:
⇒ Cloro que me debe sobrar = **2,5 gramos x Volumen Total piscina (m3)**.

Cloro que se debe consumir

Por otro lado, tenemos la cantidad de cloro que se debe consumir diariamente, la cual dependerá del número de bañistas diarios que estimemos puedan pasar por la piscina a lo largo del día, ya que son los bañistas la primera fuente de consumo de oxidante o cloro. Si la piscina tiene épocas donde hay un mayor número de bañistas al día, sería conveniente usar el dato de esos días con mayor afluencia, de esta manera, tendremos el equipo calculado para soportar el consumo de dichos días.

- Para todos los tipos de piscina:
⇒ Cloro que vamos a consumir = **Nº de Bañistas x 14 gramos/bañista**.

Cantidad de cloro necesaria

Finalmente, para conocer la cantidad diaria de cloro necesaria para tener bien desinfectada la piscina, lo que hacemos es sumar dichas dos cantidades o sumatorios.

Ejemplo:

- Piscina: 500m³.
- Bañistas: 200 personas.
- Piscina No climatizada.
⇒ Cantidad de cloro diaria en gramos = (500 m³ x 2 g/m³) + (14 g/bañista x 200 bañistas) = 3.800 gramos de cloro diarios.

Una vez que conocemos la cantidad de cloro puro en gramos que consume la piscina en cuestión, solo hay que elegir el sistema de desinfección, y calcular la cantidad de producto que hay que dosificar, en el caso de que empleemos productos líquidos o sólidos, o la cantidad que tenemos que generar en caso de que tengamos un clorador salino.

Es sumamente importante a la hora de elegir un clorador salino que satisfaga la cantidad que necesitamos, saber o conocer la producción de cloro en gramos / hora, ya que solo de esta forma podremos seleccionar el equipo apropiado.

Una vez tenemos la cantidad diaria necesaria en gramos, solo tenemos que dividir dicha cantidad entre las horas de funcionamiento de la filtración (se recomienda utilizar un máximo 12 horas), y obtendremos la producción mínima necesaria que debe de tener nuestro clorador salino a seleccionar. Escogemos el fabricante, miramos las tablas de los modelos en función de producción gramos / hora, y seleccionamos el modelo que mejor se ajuste a nuestras demandas.

Con respecto a la **recomendación de 12 horas máximo**, tiene una explicación bastante lógica, y es que, en los hipotéticos casos que las depuradoras o filtraciones de nuestras piscinas estén trabajando en continuo las 24 horas, recomendamos siempre dividir la producción total en gramos por un máximo de 12 horas por dos motivos fundamentalmente:

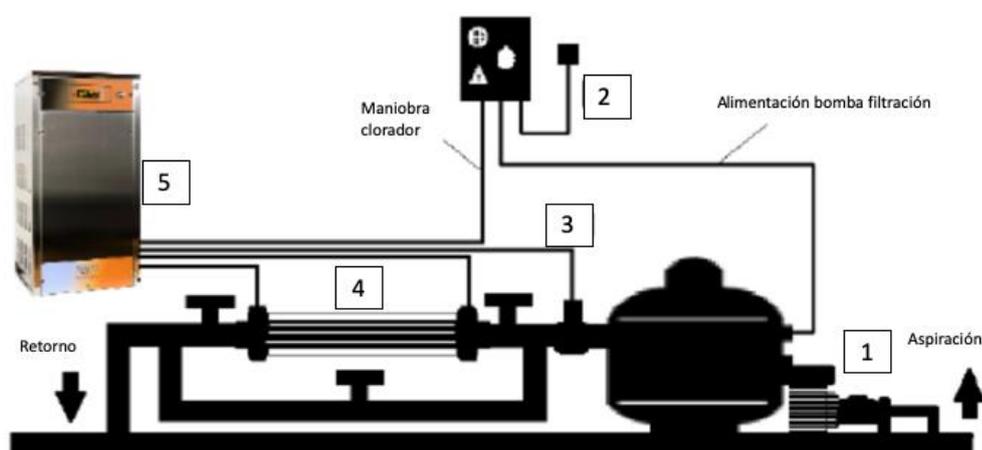
- a. Las demandas de cloro en cualquier piscina, sobre todo en los casos de piscinas públicas, no es uniforme las 24 horas, ya que todas las piscinas tendrán un máximo consumo en una franja determinada de horas, que normalmente coincide con las horas de apertura y máxima afluencia de bañistas. Por ello, el equipo debe de tener una producción de fabricación capaz de producir dicha cantidad de cloro en dicha franja horaria.
- b. No sirve de nada producir a ciertas horas donde no hay demanda de cloro, ya que gran parte del cloro que fabricamos a ciertas horas nocturnas se habrá evaporado al cabo de unas horas sin ser usado en la desinfección. Tener un clorador trabajando más de 12 horas al día supone malgastar horas de célula. Hay que tener en cuenta que gran parte del valor de un sistema salino reside en la célula electrolítica, la cual es un consumible que tendrá unas horas de vida determinadas.

Esquema básico de la instalación

Con respecto a la instalación de cualquier clorador salino, sea doméstico o industrial, se recomiendan las siguientes cuestiones importantes, que normalmente vienen reflejadas en cualquier manual de instalación que acompañe a su producto:

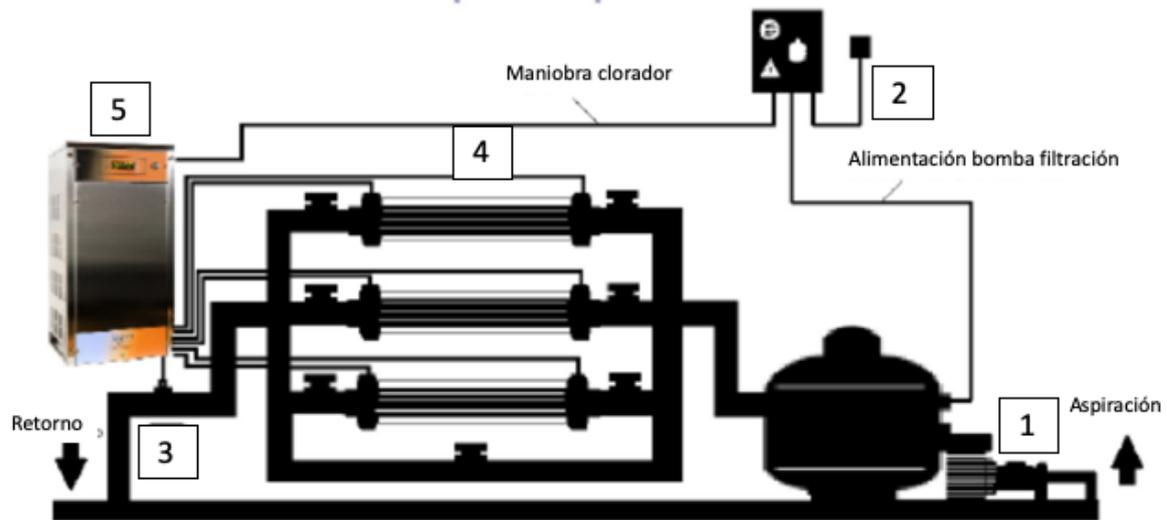
- a. Instalar las células en *bypass*, para evitar las pérdidas de carga generadas con la propia instalación de las células. Además, esto facilita mucho los trabajos de mantenimiento posteriores en las células, en el caso de que sean necesarios.
- b. En caso de que se instale cualquier tipo de sonda, ya sea pH, Redox o Cloro libre, se recomienda su instalación a una distancia mínima de unos 50 cm antes de la célula. Además, se recomienda el uso de kits de tierra o conexión a tierra cerca de dichas sondas. Esto nos garantiza disipar cualquier parásito eléctrico que podamos tener en instalaciones hidráulicas de piscinas con mala conexión a tierra o inexistentes.

En los siguientes esquemas se pueden ver ambas opciones, donde el número 5 es en ambos casos el clorador salino.



1. FILTRACIÓN
2. CUADRO ELÉCTRICO
3. SENSOR DE FLUJO
4. CÉLULA ELECTROLISIS





1. FILTRACIÓN
2. CUADRO ELÉCTRICO
3. SENSOR DE FLUJO
4. CÉLULA ELECTROLISIS

Como podemos apreciar, en los sistemas de cloración salina compuestos por varias células se recomienda siempre conectar hidráulicamente en paralelos las células, para que ninguna célula sea clorada por la producción de la anterior.

Ejemplo de protocolo de instalación puesta en marcha de equipos de cloración salina

Algunos fabricantes incluyen en sus manuales o fichas técnicas un protocolo de instalación y/o puesta en marcha de todos sus equipos. A continuación, podemos ver algunos ejemplos.

Protocolo de Instalación Protocol – Installation

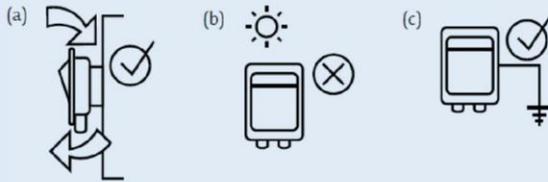
1

- La instalación se debe realizar con el equipo apagado y desconectado de la red eléctrica.
- Installation has to be done with the unit switched off and disconnected of the energy network.



2

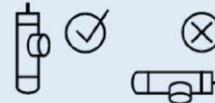
- Instalación de la UNIDAD DE CONTROL: (a) Instalar asegurándose que en las aletas del disipador puede circular el aire. (b) Evitar la luz solar directa. (c) Conectar a una toma a tierra.
- Control Unit installation: (a) Be sure that heat dissipating elements are free to permit air circulation. (b) Avoid direct sun light. (c) Use the unit connected to ground kit.



*Ver esquema
* See scheme.

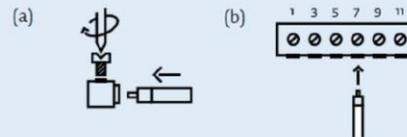
3

- Instalación CÉLULA de producción: Instalar en posición vertical en el punto más alto de la instalación hidráulica. Recomendación: Instalar tras el filtro y la bomba*
Recomendación: Instalar la Célula en un BY-PASS*
- Production Cell installation: Install it vertically and on the highest place of the water circulation. Recommendation: install after the filter. *
Recommendation: install the cell into a by-pass *



4

- Conexión de la CÉLULA a la UNIDAD DE CONTROL: (a) Fijar firmemente los cables para evitar sobrecalentamientos. (b) Instalar el cable blanco del sensor de aire en la posición 5 o 7 según modelo.
- Control and Cell connection: (a) Connect firmly the cell cables to avoid future heating problems (polarity is not important). (b) White cable has to be installed to detect air into the cell (position 5 or 7 depending of model).

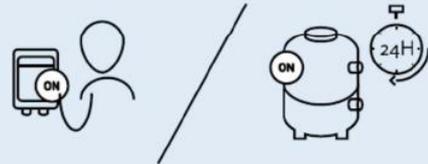


Protocolo puesta en marcha Protocol - Unit start up

- 1** - Con el equipo instalado y apagado, seguir los siguientes pasos:
- Unit installed. Switch off the unit.



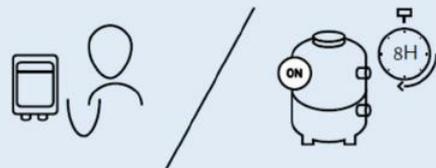
- 4** - Producción de un buffer de cloro: Encender el equipo (100%) con una filtración de 24 horas.
-Chlorine buffer production : Filter during 24 hours with the switch on at full production (100%)



- 2** - Equilibrado del agua de la piscina: Corregir los valores del agua de la piscina hasta alcanzar los indicados en la tabla*.
- Basic water treatment: Modify the values of the main parameters of water. The appropriated values are indicated into the following table*.

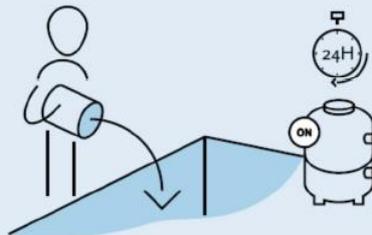


- 5** - Fijación de la filtración habitual: Fijar el periodo de filtración estandarizado. Se recomienda una filtración mínima de 8h.
- Introduction of standard filtering time: Define the usual filtering time. BSV recommends 8 hours of filtering time.

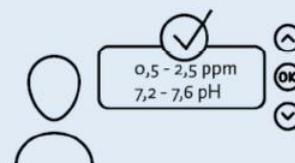


- 3** - Carga de sal: Introducir directamente la sal en el vaso de la piscina y mantener la filtración durante 24 horas.
- Salt loading. Introduce the salt directly into the swimming pool and maintain the filtering running during 24 hours.

5Kg de Sal x M3
5Kg de Salt x M3



- 6** - Personalización de la desinfección: Puede modificar el nivel de producción para ajustar el cloro libre en función de sus preferencias. Se recomienda mantener de 0,5 a 2,5 ppm.
- Disinfection customizing: It is possible to modify the production level depending of the user preferences. BSV recommends to maintain 0,5 to 2,5 ppm of FCL into the water.



Tabla*. Table*.

PARÁMETRO PARAMETER	VALOR MÍNIMO MINIMUM VALUE	VALOR MÁXIMO MAXIMUM VALUE	REVISIÓN PARÁMETROS PARAMETERS REVIEW
Dureza / Hardness (ppm)	150	250	Mensual / Monthly
Alcalinidad / Alkalinity (ppm)	100	160	Semanal / Weekly
pH	7,2	7,8	Diaria / Daily
Ácido cianúrico / Cyanuric acid (ppm)	0	50	Mensual / Monthly

Conclusiones

El sistema de cloración salina presenta numerosas ventajas tanto en las condiciones de uso como de mantenimiento de la piscina:

- 100 % de ahorro en hipoclorito sódico u otros compuestos químicos derivados del cloro.
- 80% de ahorro en trabajos de mantenimiento. Únicamente es necesario limpiar los electrodos para asegurar un correcto funcionamiento del equipo.
- Mayor seguridad al evitarse la manipulación de productos químicos derivados del cloro.
- La sal es un antiséptico suave y natural que no destiñe los trajes de baño ni estropea el cabello.
- No se produce irritación en la piel ni picores en los ojos.
- Eliminamos el olor y sabor tradicional del cloro.

El Ozono (O₃)

Introducción

El ozono (O₃) es un gas inestable formado por tres átomos de oxígeno. Es invisible e incoloro, pero tiene un intenso olor que la nariz detecta, aunque haya una cantidad insignificante.

La molécula de oxígeno está formada por dos átomos (O₂), pero cuando se aplican altos potenciales eléctricos se forman moléculas con tres átomos. La molécula de ozono tiene una gran tendencia a recombinarse en oxígeno o a ceder un átomo para oxidar la materia orgánica e inorgánica con la que entra en contacto. Por tanto, es un desinfectante excelente, superior al cloro.

El ozono es conocido por formar en la estratosfera una capa que filtra la radiación ultravioleta del sol, radiación que tiene efectos nocivos en los seres humanos. A ras de suelo es uno de los elementos de la contaminación ambiental de las ciudades, ya que en tanto que buen desinfectante, es tóxico.

Aplicaciones del ozono

La utilización del ozono en la industria es centenaria. Tiene múltiples aplicaciones y su tecnología se encuentra muy desarrollada. Es el sistema utilizado para potabilizar el

agua de consumo, para depurar aguas residuales, para eliminar los olores, para esterilizar ambientes en fábricas u hospitales y para tratar el agua de las piscifactorías y en los acuarios.

A continuación, podemos ver una comparativa de distintos desinfectantes y sus potenciales de oxidación:

Compuesto Oxidante	Potencial de oxidación (V)
Ozono	2.07
Cloro gas	1.36
Bromo	1.09

Depuración del agua con ozono

El tratamiento con ozono del agua de las piscinas se realiza en cuatro etapas:

La producción de ozono

El ozono se produce cerca del lugar de consumo. Se genera a partir del aire. El aire se filtra para limpiarlo de impurezas, se seca para eliminar la humedad y se hace pasar por un tubo de cristal (generador) donde recibe una descarga de alto voltaje, produciéndose el ozono.

La inyección de ozono

El ozono producido se inyecta en el agua de recirculación. Este proceso se hace habitualmente conectando un sistema *venturi* en la salida de los filtros, que succiona el aire cargado de ozono del generador. En el caso de que no funcione la filtración no hay adición de ozono y tampoco producción.

La desinfección del agua

De hecho, puede hablarse prácticamente de esterilización. Para poder garantizar el exterminio de la casi totalidad de los gérmenes que puede contener el agua, hace falta que ésta permanezca en contacto con una cierta concentración de ozono. Esto se consigue intercalando en el circuito de recirculación del agua un tanque de reacción o contacto dimensionado para que el agua tarde en salir el tiempo de reacción que se determine.

La eliminación del ozono residual

El ozono sobrante se debe eliminar para que no queden restos en el agua que se devuelve al vaso de la piscina. Este proceso puede hacerse con diferentes sistemas como son los filtros de carbón activado, los rayos ultravioletas o incluso por calentamiento.

La normativa vigente exige que el agua de las piscinas tenga propiedades desinfectantes que eviten el contagio entre bañistas. Dado que el ozono no puede entrar en contacto con las personas, hay que disolver en el agua algún producto químico que haga la desinfección en el vaso, como por ejemplo el cloro o bromo.

Esta descripción corresponde a una instalación tipo. Pero la versatilidad de la tecnología del ozono permite hacer las instalaciones a medida, adaptadas a las disponibilidades de espacio y características de la piscina.

Poder desinfectante del ozono

Para hacernos una idea de alto poder desinfectante del ozono, vamos a mostrar unas cifras comparativas con el cloro que se utiliza habitualmente en la desinfección química del agua de las piscinas.

Virus de hepatitis A

Necesitan 1,3 ppm de cloro durante 30' para eliminar el 99%

Necesitan 0,3 ppm de ozono durante 0,2' para eliminar el 99%

Escherichia coli

Necesitan 0,2 ppm de cloro durante 15' para eliminar el 99%

Necesitan 0,2 ppm de ozono durante 0,5' para eliminar el 99%

Oocistes de cryptosporidium

Necesitan 30 ppm de cloro durante 240' para eliminar el 99%

Necesitan 5 ppm de ozono durante 1' para eliminar el 99%

Ventajas

Enumeramos a continuación las principales ventajas de utilizar el Ozono como elemento desinfectante en el agua de las piscinas:

- Mejora el valor Redox
- Reduce las concentraciones de los precursores de los trihalometanos y cloraminas
- Reducción del cloro combinado
- Descompone la Urea
- Aumento de oxígeno disuelto en el agua
- No hay aumento en el contenido de sales inorgánicas ni subproductos nocivos

- ☑ Reducción consumo de agua de red
- ☑ Mejora de las características organolépticas del agua (transparente, sin olor, insípida)

Inconvenientes

- ☒ Sistema técnicamente complejo.
- ☒ La desinfección con Ozono no reemplaza al cloro o bien a un desinfectante con efecto residual. Pero si permite una reducción importante de su dosis.

Al no tener el ozono carácter residual, se tendrá que completar este tratamiento con la dosificación de un producto de carácter residual (cloro, bromo, etc.)

Las lámparas ultravioleta

Introducción

El sistema de rayos ultravioletas (UV) está considerado uno de los mejores métodos para la desinfección del agua de piscina complementario al cloro, gracias al principio físico basado en que su energía es **germicida**.

La luz ultravioleta es la porción del espectro electromagnético que va desde los Rayos – X hasta el borde del espectro visible. Posee longitudes de onda comprendidas entre los 100 y 400 nm.

El espectro UV se divide en:

Tipo UV	Longitud de onda (nm)	Efectos
UV-A	315 - 400	Provoca el “bronceado solar” a la piel humana.
UV-B	280 - 315	Causa “quemaduras solares”.
UV-C	200 - 280	Es absorbido por el ADN y puede causar cáncer y mutaciones. Es el rango más efectivo para la inactivación de virus, bacterias.
UV-V (de vacío)	100 - 200	Es fuertemente absorbido por el agua y el aire y solo puede transmitirse en vacío.

Desinfección mediante radiación UV

Se trata de un sistema de desinfección basado en la radiación UV generada “*in situ*” por descarga eléctrica a través de lámparas de vapor de mercurio, cuya duración media de vida es de 2.000 a 4.000 horas. La radiación UV penetra en los microorganismos, alterando su código genético e imposibilitándoles la reproducción y causando la muerte de bacterias, virus y esporas.

Eficacia del sistema: dosis radiación UV

La dosis de radiación UV que debe aplicarse a un microorganismo para conseguir su destrucción, se obtiene experimentalmente y viene definida por:

$$H = I \times T$$

Siendo:

H = Dosis UV (mJ/cm²)

I = Intensidad (mJ/cm²seg)

T = Tiempo de exposición (s)

Normalmente los equipos UV se dimensionan para proporcionar una dosis de UV entre 25 – 30 mJ/cm², la cual es suficiente para destruir el 99,9 % de la mayoría de los microorganismos presentes en el agua:

Bacterias	Dosis (mJ/cm ²)
Escherichia coli	2,9
Streptococcus lactis	6,2
Pseudomonas aureginosa	5,5

Se deben utilizar con mucha cautela los equipos de **UV de media presión** para reducir el cloro combinado, ya que los equipos de onda corta (UVC) transforman las organocloraminas en otros subproductos que atraviesan la piel y el tejido pulmonar, llegando a penetrar al circuito de la sangre. Estos productos químicos incluyen **cloroformo** (CHCl₃) y **cloruro de cianógeno** (CICN). Ambos son mucho más tóxicos que la tricloramina.

Los equipos de desinfección UV

Los equipos UV están formados por una carcasa de acero inoxidable denominada **reactor**. Esta carcasa tiene una entrada y una salida de agua, para que esta pueda circular por su interior. Dentro de esta carcasa van instaladas las lámparas de vapor de mercurio encargadas de emitir la luz UV.

Para evitar el contacto de la lámpara con el agua, la lámpara se coloca en el interior de un tubo de cuarzo estanco.

La instalación del equipo se realiza de la siguiente manera:

- El reactor se instala en bypass después del filtro.
- El total del agua filtrada pasa por el interior del reactor.

Las características habituales de estos equipos son los siguientes, según el tipo de piscina donde se vayan a instalar:

Piscinas familiares	25 mJ/cm ² Reducción de bacterias Baja presión 254 nm
Piscinas colectivas	60 mJ/cm ² Reducción de bacterias y cloraminas Baja presión 254 nm
Piscinas colectivas	80 mJ/cm ² Reducción de bacterias y cloraminas Media presión 240 - 310 nm

A continuación, se resumen los factores que influyen en la radiación UV:

Tipo de equipo	Diseño de la lámpara de UV Calidad del tubo de cuarzo Geometría del reactor
Características del agua	Temperatura Dureza cálcica, hierro, manganeso Salinidad Sólidos en suspensión Transparencia
Mantenimiento	Transparencia del tubo de cuarzo (ensuciamiento)

Ventajas

- ☑ Elimina virus, bacterias, algas y sus esporas.
- ☑ No hay introducción de productos químicos en el agua, por lo que no hay formación de sustancias no deseadas en el agua.

- ☑ Destruye las cloraminas (fotólisis) y reduce los tri-halometanos, mayor calidad del aire ambiental.
- ☑ No hay mal estar por mal olor o mal gusto del agua desinfectada.
- ☑ No varía el pH del agua.
- ☑ Ahorro energético, menor renovación de agua, menor consumo eléctrico para calentar el agua.
- ☑ Ahorro de productos químicos, disminuyen los tratamientos de hipercloración (choque) y se puede bajar el valor consigna del Cloro Residual Libre.
- ☑ No hay almacenamiento o manipulación de reactivos químicos.
- ☑ Se trata de todo el caudal del agua.
- ☑ Bajo mantenimiento y facilidad en la instalación y en el funcionamiento de los equipos.

Inconvenientes

- ☒ Disminuye drásticamente su eficacia al aumentar la turbidez del agua.
- ☒ La desinfección por UV no reemplaza al cloro o bien a un desinfectante con efecto residual, pero sí permite una reducción importante de su dosis.
- ☒ Necesita una buena filtración, por lo que se requiere en las piscinas públicas una dosificación de floculante en continuo.

Al no tener el sistema de rayos ultravioleta carácter residual, se tendrá que completar este tratamiento con la dosificación de un producto de carácter residual (cloro, bromo, etc.)

Combinación UV y electrolisis de sal

La combinación entre la tecnología UV y la electrolisis de sal es una alternativa que mejora la calidad del agua y del aire de la piscina. Se trata de un proceso de doble desinfección (UV+ES) que, en el caso de integrar ambas tecnologías en un mismo reactor, se producen sinergias de ambos procesos que derivan en una reducción potenciada de las cloraminas y una efectiva capacidad de oxidación.

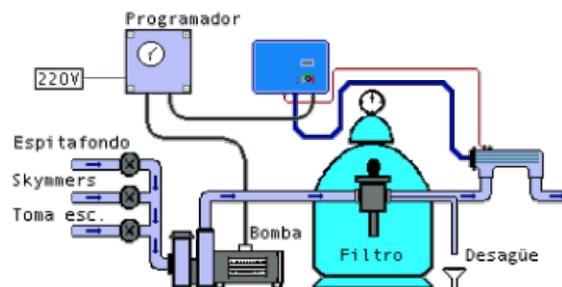
Si además añadimos una regulación del pH mediante la inyección de gas CO₂, conseguimos un tratamiento de desinfección y oxidación del agua muy completo y que, debido al uso de un ácido débil, genera muchos menos subproductos en la desinfección.

La Ionización cobre-plata

Los iones de cobre y plata aportados en cantidades pequeñas tienen la capacidad de destruir los microorganismos presentes en el agua, destruyendo incluso los protozoos cloro resistentes, permaneciendo estos iones activos durante meses. Es además un sistema muy efectivo para controlar *Legionella* por el elevado poder de destrucción del *biofilm* adherido a tuberías y zonas opacas al tratamiento. Ideal para tratamiento de piscinas, torres de refrigeración y depósitos de agua potable.

Metales pesados como los iones de cobre y plata son conocidos agentes bactericidas ya que actúan sobre la pared bacteriana induciendo la lisis celular y la posterior muerte. Mejora la calidad del agua de su piscina con un alto grado de desinfección y limpieza, elimina la aparición de algas y todo ello sin la adición de ningún producto químico.

En piscinas suprime en un 100% el uso de floculante y antialgas y reduce el uso de cloro evitando el olor y sabor a cloro, los ojos irritados o la piel reseca por el uso de productos químicos. Además, reducirá considerablemente el trabajo de mantenimiento.



En piscinas puede combinarse con la cloración salina para obtener una excelente calidad del agua de la piscina con un mantenimiento mínimo.

La electrólisis del agua

Existe también un proceso de desinfección mediante ruptura de la molécula de agua que no requiere por sí misma la adición de ningún producto.

El proceso se denomina **electrólisis del agua** y consiste en hacer pasar una corriente eléctrica a través del agua de la piscina rompiendo la molécula de H₂O formando H₂ y O₂. Gracias a este proceso se pueden eliminar las bacterias y la materia orgánica en el agua.

Las reacciones que tienen lugar en los electrodos son:

- Reducción en el cátodo: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
- Oxidación en el ánodo: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

Energía eléctrica +2 H₂O --> 2 H₂ + O₂

En la electrólisis existen numerosas reacciones químicas secundarias, que también producen especies iónicas con poder oxidante y desinfectante, como el ozono (O₃), oxígeno monoatómico (O₁) y el peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

Para que la desinfección sea total, la electrólisis del agua se puede complementar con una ionización residual. Con ella (ver apartado **Combinación UV y** electrolisis de sal

La combinación entre la tecnología UV y la electrolisis de sal es una alternativa que mejora la calidad del agua y del aire de la piscina. Se trata de un proceso de doble desinfección (UV+ES) que, en el caso de integrar ambas tecnologías en un mismo reactor, se producen sinergias de ambos procesos que derivan en una reducción potenciada de las cloraminas y una efectiva capacidad de oxidación.

Si además añadimos una regulación del pH mediante la inyección de gas CO₂, conseguimos un tratamiento de desinfección y oxidación del agua muy completo y que, debido al uso de un ácido débil, genera muchos menos subproductos en la desinfección.

La Ionización cobre-plata en este capítulo) los iones de cobre producen una desinfección del agua permanente, incluso con la bomba parada. De este modo el agua de la piscina siempre está en proceso de purificación y siempre lista para disfrutar de ella, puesto que el cobre posee, por sí solo, una acción **biocida** y constituye un excelente **alguicida** y **bactericida**.

Si en este tratamiento incorporamos una pequeñísima cantidad de sal (entre 1 y 2gr sal por litro de agua) bien sea por falta de conductividad o por querer generar un residual tangible, conseguiremos que el mismo sistema además genere un residual de cloro por electrolisis salina a baja concentración. Los productos se descomponen, actúan y se vuelven a regenerar. El desinfectante residual generado por la electrólisis no perjudica a los ojos, piel ni salud del bañista, sin importarnos el hecho de quedarnos sin sal en el agua, puesto que el sistema seguiría desinfectando en modo **electrólisis del agua**. El cloro generado destruye la materia orgánica y patógenos presentes en el agua, transformándose de nuevo en cloruro sódico (sal común), tal y como se ha explicado en el apartado **La cloración salina** anterior.

ANEXO 4. GLOSARIO DE LA QUÍMICA DEL AGUA

Acidez: capacidad cuantitativa de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilos. Se mide por titulación con una solución estándar de una base hasta el punto final especificado. Generalmente se expresa en miligramos de carbonato cálcico por litro.

Ácido: sustancia que tiene tendencia a perder un protón (H⁺).

Álcali: cualquier sustancia que posee propiedades marcadamente básicas. El término se suele aplicar a sales solubles de sodio, potasio, calcio y magnesio.

Alcalinidad: capacidad del agua para neutralizar ácidos.

Anión: ión con carga negativa.

Bromo: compuesto halógeno que en contacto con el agua forma ácido hipo bromoso con alto poder desinfectante, también forma bromaminas que al contrario de las cloraminas desinfectan. El bromo activo, como desinfectante, es muy estable a las variaciones de pH.

Buffer: también llamada “solución tampón”. Sustancia que estabiliza el pH de las soluciones.

Calibración: determinación, comprobación o rectificación de la graduación de cualquier elemento que se utilice para mediciones cuantitativas.

Cloración: aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua generalmente con fines de desinfección, pero también para oxidación orgánica o control de olores.

Cloramina (Cloro combinado): sustancia que se forma cuando se combina el ácido hipocloroso con compuestos nitrogenados.

Cloro libre: corresponde al cloro activo disponible después de haberse completado totalmente la desinfección. Esta forma de cloro, que posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente a la presencia de ácido hipocloroso y al anión hipoclorito.

Cloro total: suma de cloro libre y cloro combinado.

Colorímetro: instrumento que mide la cantidad de luz de una determinada longitud de onda que es absorbida por una solución.

Conductividad: capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es inversa de la resistencia eléctrica.

Conductivímetro: es el instrumento válido para medir la conductividad eléctrica. La lectura puede ser amperométrica o potenciométrica.

Desinfección: destrucción por medio de un agente desinfectante, como puede ser el cloro, de las bacterias patógenas y fecales y de virus transmitidos por el agua que se encuentra en los suministros de agua potable y efluente de una estación depuradora de aguas residuales

Desinfectante: agente químico que destruye microorganismos, no así esporas bacterianas.

Dureza: característica del agua impartida principalmente por sales de calcio y magnesio, tal como bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos. Se expresa en mg/L o en grados franceses, alemanes.

Índice de Langelier: medida del grado de saturación del carbonato de calcio en el agua, el cual se basa en el pH, alcalinidad y dureza. Si el índice es positivo es un agua incrustante, si es negativo un agua corrosiva.

Índice de Ryznar: Similar al de Langelier y basado en los mismos parámetros. Si el índice de Ryznar tiene un valor de 6.0 o menor, el agua tiene tendencia incrustante, con un índice de 7.0 la incrustación no ocurre. Cuando el valor aumenta a valores superiores de 7.5 a 8.5 se incrementa el problema de la corrosión.

Intercambio iónico: proceso químico en el cual se intercambian iones de dos moléculas diferentes.

Ion: átomo o molécula que ha perdido o ganado uno o más electrones, la partícula se carga eléctricamente.

Método DPD: método analítico para determinar el cloro libre que utiliza el reactivo DPD (n-n-dietil-p-fenilendiamina). Es el ensayo más común y es reconocido oficialmente para la detección del cloro libre. La DPD causa la oxidación del cloro, se produce un cambio de color a magenta (rojo). La intensidad del color es directamente proporcional a la concentración de cloro.

mg/l: miligramos por litro, son las unidades de concentración, es igual que ppm.

Mol: peso molecular de una sustancia, normalmente expresado en gramos.

Nefelómetro: instrumento utilizado para comparar la turbiedad de soluciones que hace pasar un rayo de luz a través de un tubo transparente y mide la relación entre la intensidad de la luz dispersa y la luz incidente, en un ángulo de 90°.

Neutralización: adición de un ácido o una base para obtener un pH próximo a 7.

Ozono: oxidante muy energético, con poder oxidante y desinfectante mayor que el cloro. Para la medida y la desinfección con ozono se requiere inversiones elevadas.

Oxidación: reacción química en la cual el número de oxidación (valencia) de un elemento aumenta debido a la pérdida de uno o más electrones por parte de dicho elemento. La oxidación de un elemento va acompañada por la reducción simultánea del otro elemento.

pH: medición de la concentración de iones hidrógeno o protones (H⁺) en una solución, expresada como el menos logaritmo decimal de la concentración de iones hidrógeno expresado en gr/mol/L. La escala de pH va de 0 a 14, los valores menores indican acidez y los mayores alcalinidad. El valor de 7°C a 25°C indica la neutralidad.

Potencial REDOX (ORP): Potencial requerido para transferir electrones del oxidante al agente reductor. En el proceso de la oxidación, los electrones se transfieren de la sustancia que se oxidará al oxidante. Simultáneamente, al oxidarse una sustancia, se reduce otra. Los oxidantes son donantes de electrones, y los reductores son aceptadores de electrones. Normalmente los oxidantes son cáusticos y los reductores ácidos. La medida del potencial Redox depende del pH.

Reducción: adición de electrones a una sustancia química con el objeto de disminuir su valencia.

Sólidos disueltos totales (TDS): suma de todos los sólidos disueltos volátiles o no volátiles en el agua o en una solución.

Sólidos en suspensión: sólidos insolubles que flotan en la superficie o están en suspensión en el agua, o en otros líquidos.

Turbidez: grado de opacidad producido en el agua por la presencia de partículas en suspensión. Se mide en NTU o FTU.

Turbidímetro: instrumento para medir la turbidez que utiliza como referencia una solución estándar.

Turbiedad: condiciones del agua causada por la presencia de materia en suspensión que produce la dispersión y absorción de luz.

ANEXO 5.

PRINCIPIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO

Introducción

Este Anexo resume una serie de buenas prácticas recomendadas por ASOFAP que puedan servir de ayuda a todos los profesionales del sector a la hora de dimensionar y poner en marcha una instalación.

Parámetros de filtración

Renovación

Volumen de agua de la piscina + volumen del depósito de compensación: **4 horas máximo.**

En función de cómo sea la distribución hidráulica de nuestra piscina (recogida, nº de boquillas, longitud del rebosadero...), el agua filtrada se distribuirá de manera más o menos homogénea; sin embargo, es un hecho que el agua que pasa por nuestro sistema de filtración es una mezcla de agua ya filtrada y de agua que todavía no lo ha sido, por lo que podemos concluir que:

- 4 h teóricas = 15 h reales (60% en 4 h.)
- 5 h. teóricas = 24 h. en realidad (60% en 5 h.)
- 6 h. teóricas = 30 h. en realidad (60% en 6 h)

Por tanto, desde ASOFAP, recomendamos no superar las 5 h de renovación.

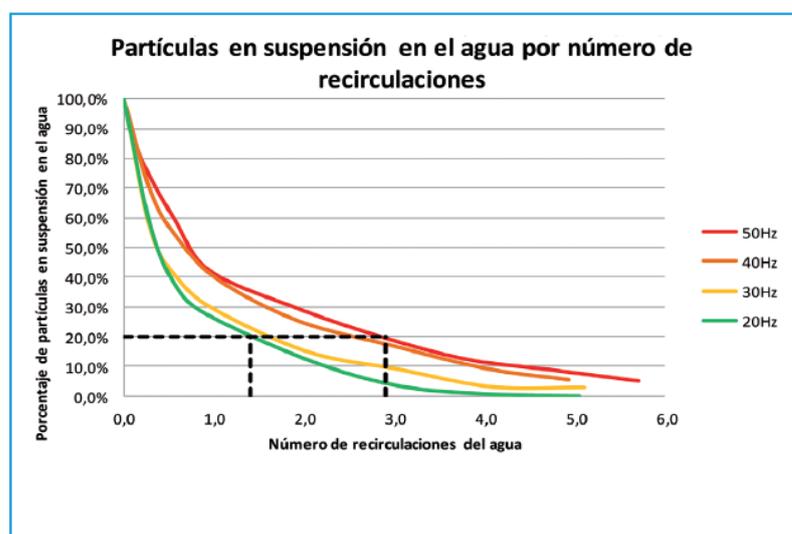
Funcionamiento de la filtración

La filtración debe estar realmente funcionando las 24 horas. El agua tiene una gran inercia, tanto térmica como en parámetros y es más fácil mantenerlos si el sistema funciona constantemente.

Además, con la introducción de la velocidad variable se puede mover el mismo volumen, consumiendo menos, alargando el tiempo de depuración.

Recirculaciones

El siguiente gráfico muestra el porcentaje de partículas en suspensión en función del número de recirculaciones de agua. Cada línea coloreada muestra la situación en función de la velocidad de la bomba, que afecta directamente al volumen que mueve y, por tanto, a la velocidad de filtración:



En el gráfico se aprecia que, con el mismo filtro, si bajamos la velocidad de filtración podemos realizar el mismo trabajo con menos recirculaciones, aunque penalizaremos el tiempo de renovación.

Es un hecho que, aunque el tiempo de renovación sea el doble, el trabajo realizado es el mismo; sin embargo, los consumos se habrán reducido un 70%.

La velocidad del agua en las tuberías

La velocidad del agua por el interior de las tuberías depende de la parte del circuito en la que nos encontremos. Nos es la misma cuando circula de los rebosaderos hacia el

depósito por tubos sin apenas pendiente, que cuando está próxima a la bomba (en aspiración) o cuando atraviesa la bomba, donde lo que hace en realidad es aumentar la velocidad. Éste, de hecho, es el punto de máxima velocidad, e irá disminuyendo progresivamente en función del rozamiento que se encuentre (pérdida de carga).

Como resulta evidente, tenemos un cierto control sobre lo que pasa después de la bomba, pero mucho menos en el tramo de aspiración. Debemos, por tanto, dimensionar nuestras tuberías en función de las velocidades que podamos alcanzar en cada tramo, según la tabla adjunta elaborada para tubería de PVC.

Tabla de caudales admisibles para tuberías de PVC de 20-110 mm en m³/h a 7,5 bar

V=m/s	Ø 20	Ø 25	Ø 32	Ø 40	Ø 50/DN40	Ø 63/DN50	Ø 75/DN65	Ø 90/DN80	Ø 110/DN100
0,5	0,4	0,7	1,2	2	3	4,8	6,7	9,5	15
0,6	0,5	0,8	1,4	2,3	3,6	5,7	8	11,5	18
0,7	0,6	1	1,6	2,7	4,2	6,7	9,4	13,5	21
0,8	0,7	1,1	1,8	3,1	4,8	7,6	10,8	15,5	24
0,9	0,8	1,3	2,1	3,5	5,2	8,6	12,1	17,5	27
1	0,85	1,4	2,3	3,9	6	9,5	13,5	19,5	30
1,1	0,9	1,5	2,5	4,3	6,6	10,4	14,9	21,5	33
1,2	1	1,7	2,8	4,7	7,2	11,4	16,2	23,5	36
1,3	1,1	1,8	3	5,1	7,8	12,3	17,6	25,5	39
1,4	1,2	2	3,2	5,5	8,4	13,3	18,9	27,5	42
1,5	1,3	2,1	3,5	5,9	9	14,3	20,2	29	45
1,6	1,4	2,2	3,7	6,2	9,6	15,2	21,6	31	48
1,7	1,5	2,4	3,9	6,6	10,2	16,2	22,9	33	51
1,8	1,6	2,5	4,1	7	10,8	17,1	24,3	35	54
1,9	1,7	2,7	4,4	7,4	11,4	18,1	25,6	37	57
2	1,7	2,8	4,6	7,7	12	19,1	27	39	60
2,1	1,8	2,9	4,8	8,2	12,6	20	28,4	41	63
2,2	1,9	3,1	5,1	8,6	13,2	21	29,7	43	66
2,3	2	3,2	5,3	9	13,8	21,9	31,1	45	69
2,4	2,1	3,3	5,5	9,4	14,6	22,9	32,4	47	72
2,5	2,2	3,5	5,8	9,8	15	23,8	33,7	48,5	75
2,6	2,3	3,6	6	10,1	15,6	24,7	35,1	50,5	78
2,7	2,4	3,8	6,2	10,5	16,2	25,7	36,4	52,5	81
2,8	2,4	3,9	6,4	10,9	16,8	26,6	37,8	54,5	84
2,9	2,5	4	6,7	11,3	17,4	27,6	39,1	56,5	87
3	2,5	4,1	6,9	11,6	18	28,5	40,5	58,5	90

V=m/s	Ø 125	Ø 140	Ø 160	Ø 180	Ø 200	Ø 225	Ø 250	Ø 310
0,5	19	23	31	43	57	68	84	135
0,6	22	28	38	51,6	67,8	81,6	100,8	162
0,7	26	33	44	60,2	79,1	95,2	117,6	189
0,8	30	38	50	68,8	90,4	108,8	134,4	216
0,9	34	42	57	77,4	101,7	122,4	151,2	243
1	37	47	63	86	113	136	168	270
1,1	41	52	69	94,6	124,3	149,6	184,8	297
1,2	45	56	76	103,2	135,6	163,2	201,6	324
1,3	49	61	82	111,8	146,9	176,8	218,4	351
1,4	52	66	88	120,4	158,2	190,4	235,2	378
1,5	56	70	94	129	169	204	252	405
1,6	60	75	101	137,6	180,8	217,6	268,8	432
1,7	64	80	107	146,2	192,1	231,2	285,6	459
1,8	67	85	113	154,8	203,4	244,8	302,4	486
1,9	71	89	120	163,4	214,7	258,4	319,2	513
2	75	94	126	172	226	272	336	540
2,1	78	99	132	180,6	237,3	285,6	352,8	567
2,2	82	103	139	189,2	248,6	299,2	369,6	594
2,3	86	108	145	197,8	259,9	312,8	386,4	621
2,4	90	113	151	206,6	271,2	326,4	403,2	648
2,5	93	118	157	215	283	340	420	675
2,6	97	122	164	223,6	293,8	353,6	436,8	702
2,7	100	127	170	232,2	305,1	367,2	453,6	729
2,8	105	132	176	240,8	316,4	380,8	470,4	756
2,9	108	136	182	249,4	327,7	394,4	487,2	783
3	112	141	189	258	339	406	504	810

El canal desbordante

La velocidad del agua de retorno de rebosadero (velocidad entre 0,2 y 0,5 m/s), al circular por gravedad, depende de la inclinación de la tubería de retorno, que debe tener al menos un 1%. Si aumentamos la pendiente, aumentamos la velocidad y por lo tanto podremos reducir el diámetro.

El depósito de compensación

En realidad, el depósito de compensación se utiliza para “compensar” los consumos de agua de la piscinas. Estos consumos se centran en los siguiente puntos:

- Agua utilizada para el lavado de los filtros (V_r)
- Agua desplazada por los bañistas (V_v)
- Agua desplazada por soplantes o atracciones acuáticas (V_w)

Por tanto, el cálculo del volumen del depósito de compensación se realizará de este modo:

$$V = V_r + V_v + V_w$$

V_r : Agua de lavado a velocidad de $55\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ (para arena)

V_v : Desplazamiento de agua bañistas = 75l por bañista

V_w : Desplazamiento de agua de soplantes y atracciones acuáticas = $40\text{l}/\text{m}^2$

No obstante, una regla “orientativa” muy sencilla para el cálculo del tamaño del depósito de compensación es considerar 10 m^3 por cada 100 m^2 de superficie de lámina de agua. Dicho de otro modo: 10% de la superficie de lámina de agua del vaso (m^2), expresado en m^3 . Pero esta regla sencilla no incluye el cálculo del agua para el lavado de los filtros, por lo que se aplicará un coeficiente corrector ($\times 1,3$) como margen de seguridad.

Parámetros de bombeo

El circuito de aspiración

Para la aspiración consideraremos una velocidad máxima de $1,0 - 1,5\text{ m/s}$. Si aspiramos de colector, consideraremos $0,5\text{ m/s}$.

Si el diámetro de la tubería de aspiración es demasiado pequeño, se ofrece demasiada resistencia, por lo que la bomba no podrá trabajar según sus características de diseño y por tanto no conseguiremos una velocidad de lavado adecuada. Tendremos un rendimiento deficiente en el caso de atracciones acuáticas y un mayor consumo energético.

La cavitación

La cavitación es un fenómeno que se genera cuando una presión muy baja dentro de la turbina, produciéndose una implosión. Este fenómeno es muy agresivo, genera mucha energía y provoca daños muy importantes en la turbina y en el cuerpo de la bomba. Produce una especie de “ruido de piedras” debido a las pequeñas explosiones.



Este fenómeno se mantiene mientras la presión en la turbina sea baja, volviendo de nuevo a ser aire disuelto en el agua cuando se entra de nuevo a recuperar la presión en el interior de la turbina.

La cavitación se suele producir habitualmente cuando la bomba no puede aspirar correctamente y por cambios bruscos cerca de la entrada de la bomba que provocan turbulencias, las cuales: reducen la sección del agua, aumentan la velocidad y bajan la presión.

Para evitar este fenómeno es muy importante que las tuberías estén correctamente dimensionadas y que las reducciones se realicen mediante elementos cónicos justo a la entrada de la bomba.

La pérdida de carga

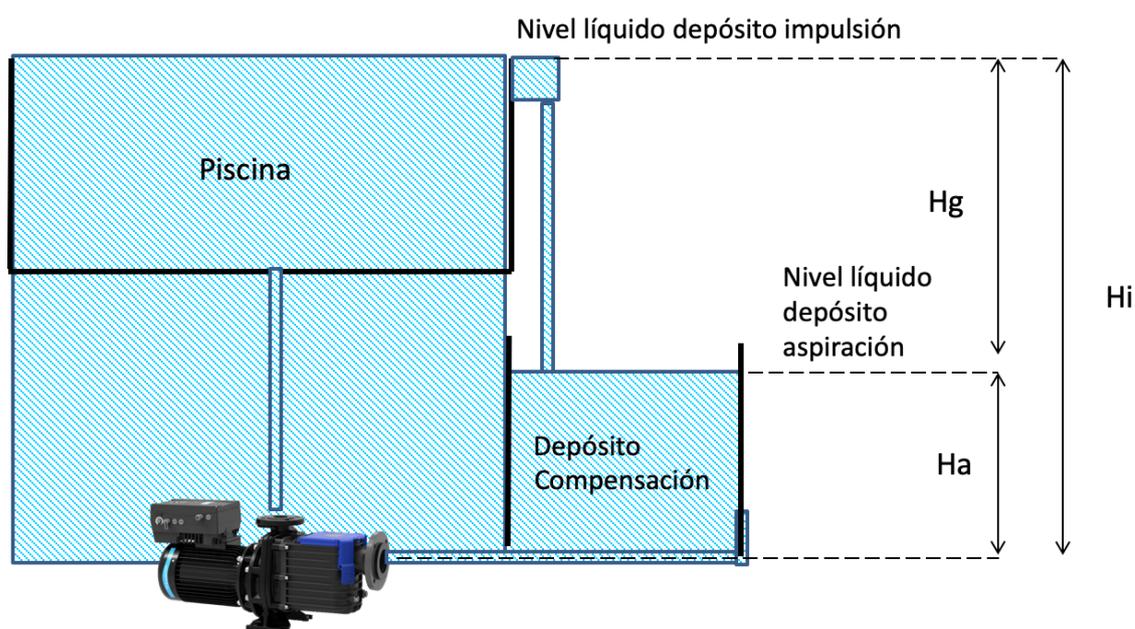
Instalación en carga

Cuando una bomba se encuentra en carga, su punto de funcionamiento viene dado por la siguiente fórmula:

Altura manométrica total (Hm) = Hg + pérdidas de carga en la instalación

Hi (altura de impulsión) - Ha (altura aspiración) = Hg (altura geométrica)

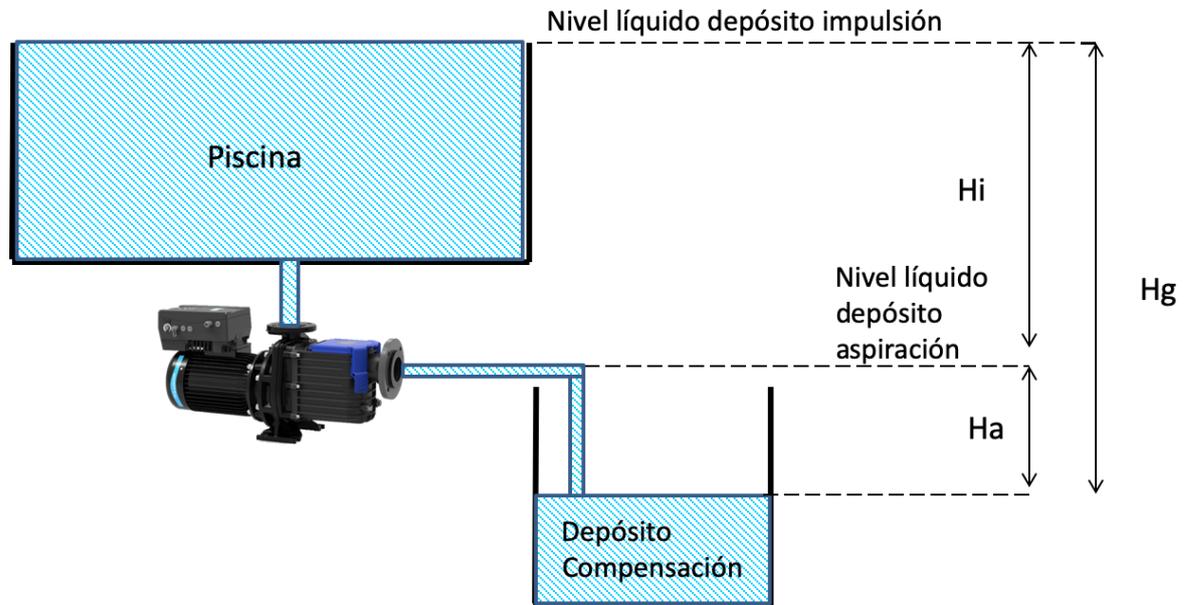
De acuerdo con el siguiente esquema:



En el diseño de la instalación se debe tener en cuenta que la HI nunca supere la presión máxima de trabajo de cualquiera de los elementos (filtro, bomba)

Instalación en aspiración

Sin embargo, cuando la bomba se encuentra “en aspiración”, tendríamos el siguiente esquema:



En este caso:

Altura manométrica total (H_m) = H_g + pérdidas de carga en la instalación

H_a (altura de aspiración) + H_i (altura de impulsión) = H_g (altura geométrica)

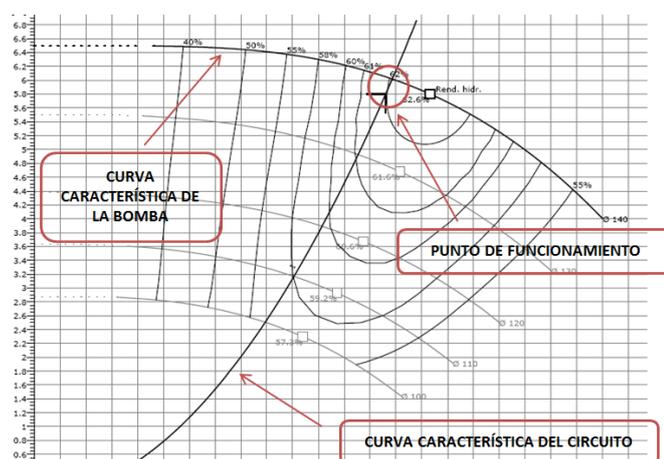
Cálculo de la pérdida de carga

La pérdida de carga de la instalación es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad a la que circula el agua por las tuberías. Su valor depende de los elementos que formen parte de la instalación: accesorios de PVC, válvulas, filtros, longitud de tuberías, etc. Existen tablas que nos dan la pérdida de carga de cada elemento. Como referencia, adjuntamos dos ejemplos a continuación:

Accesorio	Descripción	Pérdida ζ
	Codo 90°	0,8
	Curva 90°	0,5
	Codo 45°	0,3
	Reducción 2-3	0,8
	Te Desviación	1,3
	Te Unión	0,9
	Te División	1,5

Velocidad en m/s	Pérdida de carga
0,1	0,1
0,2	0,2
0,3	0,5
0,4	0,8
0,5	1,3
0,6	1,8
0,7	2,5
0,8	3,2
0,9	4,1
1	5
1,1	6,1
1,2	7,2
1,3	8,5
1,4	9,8
1,5	11,3
1,6	12,8
1,7	14,5
1,8	16,2
1,9	18,1
2	20
2,1	22,1
2,2	24,2
2,3	26,5
2,4	28,8
2,5	31,3

El cálculo de la pérdida de carga de la instalación, junto con los requisitos de la misma (caudal y presión en un determinado punto de funcionamiento), nos permiten calcular cuál será la bomba necesaria para dicha instalación. La intersección entre la curva de pérdida de carga de la instalación (curva característica del circuito) y la curva característica de la bomba (ambas representan la presión en función del caudal), nos dará el **punto de funcionamiento de la instalación**.



Un adecuado dimensionamiento de dicha bomba es muy importante para que la instalación funcione correctamente, pero también es fundamental para minimizar el consumo, hacer la instalación más sostenible y minimizar los gastos de mantenimiento.