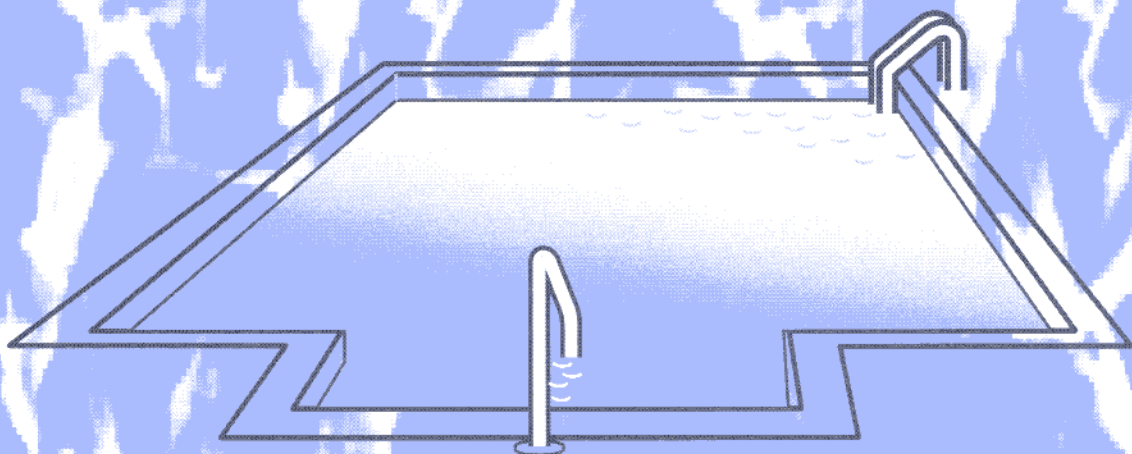


# CONTROL Y GESTIÓN DE PISCINAS DE USO COLECTIVO



Región de Murcia  
Consejería de Sanidad  
y Consumo

**CONTROL Y GESTIÓN DE PISCINAS  
DE USO COLECTIVO**

CONSEJERIA DE SANIDAD Y CONSUMO

Dirección General de Salud

Sección de Sanidad Ambiental

José Sanz Navarro, Farmacéutico de Salud Pública,

M.º Elisa Gómez Campoy, Jefe de la Sección de Sanidad Ambiental

y Carolina Gutiérrez Molina, Jefe de la Unidad Técnica de Sanidad Ambiental

Depósito Legal: MU-956-97

Imprenta Regional

La concepción que se tiene del estado de salud ha cambiado mucho en los últimos años y existen multitud de definiciones con distintos matices según sus autores, pero todos ellos enmarcados en la que realiza la Organización Mundial de la Salud en su preámbulo: "El estado de completo bienestar físico, mental y social y no sólo la ausencia de enfermedad".

Resulta innecesario señalar que existen unas necesidades básicas que deben ser atendidas, como son alimentación, vivienda, asistencia sanitaria y social, etc. Pero, también hay que tener en cuenta otra serie de necesidades que permitan a las personas desarrollarse y contribuyen a incrementar el estado de bienestar físico y social, en definitiva mejorar su calidad de vida.

En nuestra Región, las piscinas se enmarcan precisamente en este grupo de necesidades y son motivo de esparcimiento de gran número de personas que, sobre todo en verano, intentan apaciguar la temperatura que esta estación nos depara. Por ello, tenemos la obligación de que este tiempo de ocio se realice en un marco que salvaguarde la salud y la seguridad de quienes usan este tipo de instalaciones.

La publicación de piscinas que se presenta pretende aunar, en un solo documento, una serie de aspectos relacionados con la seguridad y salubridad de las piscinas de uso colectivo, a la vez que pueda ser utilizado a modo de guía por aquellos profesionales dedicados al mantenimiento de estas instalaciones, pues de su buen hacer depende que el uso y disfrute de ellas no ponga en entredicho el bienestar de los usuarios que las utilizan en busca de unos momentos de ocio o como complemento de un tratamiento terapéutico.

Quisiera para finalizar felicitar a todas las personas implicadas en su elaboración, especialmente al personal de Sanidad Ambiental y al Director General de Salud.

**Francisco Marqués Fernández**  
CONSEJERO DE SANIDAD Y CONSUMO

## INDICE

1. Introducción . . . . .	.7
Capítulo I. Aspectos sanitarios . . . . .	.8
1. Contaminación de una piscina . . . . .	.8
2. Tipos de gérmenes . . . . .	.9
3. Enfermedades de las piscinas . . . . .	.11
Capítulo II. Desinfección del agua de baño . . . . .	.16
4. Desinfectantes utilizados en el agua de baño . . . . .	.17
5. Cloro y derivados . . . . .	.17
6. Acción del ácido hipocloroso . . . . .	.21
7. Consumo de cloro y eficacia desinfectante de los derivados clorados . . . . .	.24
8. Bromo . . . . .	.24
9. Ozono . . . . .	.26
10. Persulfato sódico . . . . .	.27
11. Otros desinfectantes . . . . .	.28
12. Clorimetría . . . . .	.29
13. Control del pH . . . . .	.30
14. Dosificadores de desinfectantes . . . . .	.30
Capítulo III. Otros parámetros del agua . . . . .	.32
15. Alcalinidad del agua . . . . .	.32
16. Dureza . . . . .	.33
17. Sólidos disueltos . . . . .	.34
18. Índice de Langelier . . . . .	.35
19. Diagrama de Taylor . . . . .	.36
Capítulo IV. Algicidas y floculantes . . . . .	.37
20. Algicidas . . . . .	.37
21. Coagulación-Floculación . . . . .	.41
22. Precauciones en el manejo de los productos para piscinas . . . . .	.43
Capítulo V. Circulación y filtración . . . . .	.45
23. Circulación del agua del vaso . . . . .	.45
24. Filtración . . . . .	.47
25. Parámetros de calidad del agua de baño . . . . .	.53
Capítulo VI. Aspectos constructivos y de seguridad . . . . .	.55
26. Vestuarios y enfermería . . . . .	.55
27. Zona de estancia de bañistas . . . . .	.57
28. Vaso y elementos complementarios . . . . .	.57
29. Maquinaria y almacén de productos . . . . .	.58
Capítulo VII. Aspectos administrativos, recomendaciones y obligaciones de las personas relacionadas con piscinas . . . . .	.60
31. Recomendaciones y obligaciones de las personas relacionadas con las piscinas . . . . .	.61

## 1. INTRODUCCION.

La utilización de las instalaciones de las piscinas de uso colectivo es, para los usuarios de las mismas, motivo de placer y disfrute y, en ciertos casos, complemento de tratamientos terapéuticos por motivos de salud (rehabilitación). Por ello, y debido a los riesgos que para la salud, seguridad y placer de los usuarios puede suponer una instalación con deficiencias constructivas o mal controlada desde el punto de vista sanitario, se hace necesario conocer todos los aspectos que inciden directa o indirectamente en un buen mantenimiento de las instalaciones, así como los aspectos administrativos que deben ser tenidos en cuenta.

De este modo, podemos considerar los siguientes aspectos en las piscinas de uso colectivo:

- Aspectos sanitarios.
- Aspectos constructivos y de seguridad.
- Aspectos administrativos y obligaciones de las personas relacionadas con las piscinas.
- Aspecto lúdico.

Cada uno de los componentes que forman parte de una instalación de una piscina de uso colectivo tiene un efecto determinante sobre uno o más de los aspectos considerados anteriormente. Así pues, vamos a considerar cada uno de ellos separadamente.

## CAPITULO I. ASPECTOS SANITARIOS

Los aspectos sanitarios de las piscinas se encuentran íntimamente relacionados con el agua de baño y las superficies húmedas.

### 1. CONTAMINACION DE UNA PISCINA.

La actividad humana que se desarrolla en una piscina puede ser origen de contaminación en la misma. Igualmente, la contaminación medio ambiental puede afectar a estas instalaciones.

Existen una serie de agentes contaminantes que pueden afectar a la piscina y que relacionamos a continuación:

- Bañistas: cada bañista, sea sano o enfermo, introduce, al sumergirse en el agua de baño, gérmenes que se hallan en su piel, mucosas y aparato genito-urinario. El número de bacterias que un bañista puede aportar oscila entre 375 a 750 millones, de las cuales podemos encontrar:
  - 375.000 coliformes
  - 30.000 a 225.000 estreptococos
  - 75 a 150 millones de estafilococos dorados

Estos gérmenes suelen ir vehiculizados por partículas de piel, cosméticos y otras sustancias orgánicas procedentes del bañistas por lo que se encuentran, en cierto modo, protegidos frente a la acción destructora de los productos desinfectantes.

- No bañistas: Las personas acompañantes de los bañistas pueden introducir contaminación a la zona de baño a través del calzado y como consecuencia de ingerir algún tipo de alimento, al dejar restos de comida o basura.
- Animales de compañía: pueden contaminar las instalaciones a través de las deyecciones o de los microorganismos que llevan en sus patas. Está prohibida taxativamente su entrada en las piscinas de uso colectivo.
- Agua: cuando el aporte de agua potable a las instalaciones no está garantizada y se utilizan aguas sin garantía sanitaria, ésta puede aportar contaminación al agua de baño o en la limpieza del recinto.

- Contaminación atmosférica: en las piscinas descubiertas, el viento y la lluvia pueden aportar polvo y otros contaminantes (hojas, polen, sustancias químicas, gérmenes, pequeños insectos, etc.) al agua de baño. En las piscinas cubiertas, el aire interior cargado de humedad puede vehicular la contaminación si no es renovado adecuadamente.
- Productos para tratamiento del agua: cuando los productos no se utilizan en las dosis adecuadas indicadas por el fabricante, o cuando la instalación no está bien diseñada, puede originarse un incremento de estas sustancias en el agua de baño, con lo que se convierten en contaminantes.

## 2. TIPOS DE GERMENES.

Entre los gérmenes patógenos que más frecuentemente se encuentran y transmiten por el agua, podemos citar los siguientes:

### 2.1. Bacterias.

Como hemos visto anteriormente, el bañista puede aportar al agua de baño gran número de bacterias. Estas pueden producir afecciones a otros individuos sanos o a personas con las defensas inmunológicas disminuidas (niños, ancianos, embarazadas, inmunodeprimidos). Las bacterias patógenas que pueden ser transmitidas por el agua pertenecen a los siguientes géneros:

- *Salmonella*
- *Escherichia*
- *Pseudomona*
- *Shigella*
- *Neisseria*
- *Clamidia*
- *Estaphylococcus*
- *Legionella*
- *Vibrio*
- *Streptococcus*

### 2.2. Virus.

Los virus son microorganismos de tamaño inferior al de las bacterias y, al contrario que ellas, necesitan desarrollarse en células vivas. También pueden producir diversas patologías y algunos pueden transmitirse por el agua:



- Poliomiелitis
- Adenovirus
- Cocksackie
- Echo
- Hepatitis, etc.

### 2.3. Hongos.

Son microorganismos que se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden crecer en forma unicelular (*levaduras*) o como filamentos pluricelulares (*mohos*). Las levaduras se reproducen por gemación y los mohos se reproducen por sus extremos a través de esporas. Los hongos pueden adoptar cualquiera de las dos formas de crecimiento, moho o levadura, según el medio en el que se desarrollen. Generalmente, se reproducen en los tejidos en forma de levaduras, aunque ciertos hongos lo hacen en forma de mohos (*Aspergillus* y otros).

Los hongos, se encuentran en las piscinas principalmente en las zonas húmedas (vestuarios, zona de playa). Algunos hongos patógenos que pueden transmitirse por el agua y pertenecen a los siguientes géneros:

- *Tricophyton*
- *Epidermophyton*
- *Aspergillus*

### 2.4. Protozoos.

Son microorganismos unicelulares que pueden ser *saprotitos* (se alimentan de vegetales o animales en descomposición) o *parásitos* (viven en los organismos vivos). Los protozoos parásitos que pueden transmitirse por el agua son:

- *Amebas*
- *Giardia lamblia*

### 2.5. Helmintos.

Los helmintos o gusanos son seres pluricelulares que poseen sistema excretor, nervioso y reproductivo. Algunos son parásitos y la infección se produce por transmisión de huevos o larvas que abandonan el huésped definitivo y completan su desarrollo en el medio ambiente, en un huésped

intermediario o en ambos. Algunos helmintos que pueden transmitirse por el agua son:

- Ascaris
- Oxiuros
- Esquistosomas
- Ancylostomas

### 3. ENFERMEDADES EN LAS PISCINAS.

#### 3.1. Factores que favorecen la contaminación microbiológica.

Existen una serie de factores que favorecen el intercambio o la multiplicación de los gérmenes patógenos y que pueden hacer más fácil la transmisión de enfermedades entre las personas.

- Promiscuidad: la concentración humana en las instalaciones, el intercambio de diversos objetos entre los individuos (toallas, peines, etc.) y la proximidad entre ellas (inhalación de gérmenes eliminados por las vías respiratorias), aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades.
- Aire viciado: la falta de ventilación y la ausencia de acción germicida de los rayos solares en las piscinas cubiertas, aumentan los riesgos sanitarios.
- Humedad y temperatura: en las piscinas cubiertas existe una humedad y temperatura elevadas que proporcionan un ambiente adecuado para la supervivencia de gérmenes y hongos.
- Superficies rugosas: las superficies rugosas de pavimentos y paredes, favorecen la incrustación de la suciedad y dificultan la limpieza, lo que ayuda al asentamiento de los gérmenes.
- Estado de la piel: el calor y la humedad alteran el estado fisiológico normal de la piel, lo que la hace más propensa para la colonización de gérmenes y hongos. Después del baño hemos de secar completamente la piel, especialmente entre los dedos de los pies, para así evitar el asentamiento de los gérmenes. El rozamiento mecánico de la piel y la maceración de la misma, expuesta además a productos químicos, hace aumentar su vulnerabilidad.
- Estado orgánico: las personas que tienen sus defensas disminuidas (niños, ancianos, embarazadas, inmunodeprimidos...) poseen más riesgo de contraer enfermedades que las otras.

### 3.2. Vía de entrada de los gérmenes al organismo.

Para que los microorganismos produzcan enfermedades deben acceder al organismo. Las vías de entrada de los gérmenes al organismo se relacionan a continuación.

- Vía cutánea: la piel es la estructura que envuelve la superficie externa del cuerpo y lo protege del exterior. La piel tiene dos estructuras de tejidos que son la epidermis o capa externa y la dermis o capa interna. Las plantas de las manos y pies tienen una piel más gruesa que el resto del cuerpo.

Las mucosas son estructuras especiales de la piel que tienen menos capas de tejido y se hallan en la boca, fosas nasales, ojos y zonas externas de los órganos de reproducción. La absorción en estas mucosas es más rápida y mayor que en la piel.

La piel lesionada o macerada por el calor y humedad presenta una mayor facilidad para la infección por microorganismos.

Aproximadamente, un 50% de las enfermedades adquiridas en las piscinas se localizan en las mucosas (otitis, faringitis, conjuntivitis, rinitis) ya sean de carácter microbiológico o irritativo por los productos químicos del agua de la piscina.

- Vía respiratoria: el hacinamiento o el aire viciado pueden favorecer la adquisición de enfermedades en los bañistas.
- Vía gástrica: las afecciones gastrointestinales se deben a la ingestión de agua de baño contaminada. Aunque el agua sea sanitariamente adecuada, pueden producirse afecciones al tragarla, debido a los productos químicos que contiene (desinfectantes, algicidas....). Un 20% de las afecciones adquiridas por el baño se deben a problemas gastrointestinales.

### 3.3. Enfermedades adquiridas en las piscinas.

Hemos visto que el agua de baño mal tratada sanitariamente o las superficies húmedas mal desinfectadas pueden ser origen de diversas enfermedades, siendo los problemas que con mayor frecuencia se presentan, los que se indican a continuación.

- Infecciones micóticas.
- Irritaciones de piel y mucosas por los desinfectantes.
- Agrietamiento cutáneo en atópicos (personas con ciertas alergias de carácter hereditario).
- Dermatitis de contacto (trajes de baño mojados).
- Otitis
- Conjuntivitis
- Granuloma
- Pie de atleta
- Meningoencefalitis debidas a la ameba *Naegleria gruberi*, que es destruida por el cloro libre del agua.
- Enteritis debidas a bacterias y virus, como consecuencia de haber tragado agua.

La bibliografía es extensa en problemas de salud relacionados con el uso de las piscinas. Así, en Escocia se relacionó un brote de infección por *E. coli* en niños que utilizaban piscinas de chapoteo. En otro estudio llevado a cabo en Francia, se comprobó que la irritación de ojos en bañistas era debida al baño. El *Cryptosporidium* ha sido considerado un agente potencial de gastroenteritis asociado con el uso de las aguas recreativas, en un estudio realizado en Los Angeles. Un brote de hepatitis A ocurrido en Nueva Orleans se relacionó con el baño en una piscina pública. Un estudio realizado en Puerto Rico en estudiantes universitarios que realizaban cursos de natación, demostró que se habían producido infecciones en los pies por hongos dermatofitos en estos usuarios. Otro estudio llevado a cabo en la Universidad de Montreal indicó que un 15% de los nadadores daban cultivo positivo al hongo que produce el pie de atleta.

Ya en 1955, Bell et al. demostraron la relación entre fiebres faringoconjuntivales producidas por virus (adenovirus) en usuarios de piscinas con cloración insuficiente. El virus se inactiva rápidamente cuando la cloración es adecuada.

La *Pseudomonas aeruginosa* es una bacteria que puede producir dermatitis, otitis externa y mastitis. Esta bacteria se ha aislado en piscinas con buen tratamiento de desinfección. Seyfried y Fraser (1980) demostraron que era capaz de multiplicarse en aguas cloradas con una concentración de cloro libre de 0'5 ppm.

A continuación vamos a estudiar algunas de las enfermedades que tienen mayor incidencia en los bañistas.

### 3.3.1. OTITIS DE LAS PISCINAS.

También llamada «oreja de nadador» es la más frecuente de las otitis externas. Esta otitis se presenta en forma aguda difusa y se produce por exposición a aguas contaminadas o excesivamente cloradas de algunas piscinas.

La humectación de la piel al bañarse o ducharse, aumenta la maceración de la piel del conducto auditivo externo y crea un entorno favorable para el crecimiento bacteriano. Estos cambios ocasionan, además, prurito del oído externo, lo que produce traumatismo de la piel por rasgado, y consecuentemente, una mayor facilidad para el asentamiento bacteriano en la piel lesionada y macerada.

La bacteria más frecuentemente aislada en estas otitis es *Pseudomonas aeruginosa*, siendo *Staphylococcus aureus*, *Sreptococcus sp.*, *E. coli*, *Enterobacter* y *Proteus vulgaris* menos frecuentes. También se observa la presencia de diversas especies de hongos.

Los síntomas clínicos de esta otitis son: dolor intenso, que aumenta con la movilización del pabellón auricular (signo del trago positivo), otorrea serosa que se convierte en seropurulenta cuando la enfermedad evoluciona e hipoacusia (disminución de la capacidad auditiva) de transmisión debido al edema que oblitera (cierra) el conducto auditivo externo.

La prevención se puede realizar aplicando pincelaciones de ácido acético al 2% en glicerina, en el conducto auditivo externo, después del baño.

### 3.3.2. CONJUNTIVITIS DE LAS PISCINAS.

Es una conjuntivitis de inclusión producida por *Chlamydia* que infectan la uretra del varón y el cuello uterino de la mujer. La transmisión a la conjuntiva ocular puede realizarse por vía directa o indirecta, a través del agua de baño.

A los 8-10 días posteriores al baño en piscina con agua mal clorada, aparece hiperemia conjuntival leve, fotofobia, lagrimeo, secreción mucopurulenta y adenopatías preauriculares. La enfermedad comienza en un solo ojo, pero el otro suele afectarse a los 15 días.

En ausencia de medidas terapéuticas, la curación se produce sin secuelas en 5-6 semanas, pero es frecuente que se cronifique, a veces durante más de un año.

También se puede producir una conjuntivitis irritativa debida a los productos químicos del agua de baño, al abrir los ojos bajo ella. Al bucear, se deben proteger los ojos con gafas para evitar este tipo de conjuntivitis.

### 3.3.3. GRANULOMA DE LAS PISCINAS.

Es una enfermedad granulomatosa crónica de la piel, clínica e histológicamente similar a la tuberculosis, causada por la bacteria *Mycobacterium marinum* (*M. balnei*).

El hábitat natural de esta bacteria es el agua, especialmente los depósitos de agua que no son renovados con frecuencia. En América del Norte y Reino Unido se han producido epidemias de granulomas causados por esta bacteria en bañistas de piscinas. Los grupos de más riesgo son niños y adolescentes.

El periodo de incubación es de tres semanas desde que se produce la inoculación. La lesión inicial suele ser única y se presenta en forma de nódulo o pústula, que se rompe formando una úlcera costrosa o un absceso supurativo y en otros casos persiste como una lesión verrucosa. A veces, las lesiones son múltiples o diseminadas, especialmente en inmunodeprimidos.

Como el *M. marinum* sólo es patógeno sobre la piel excoriada (excoriación: pérdida de la capa superficial de la piel, de origen traumático) se afectan con preferencia codos, rodillas, dorso de la mano y pies, nudillos y dedos.

Existe gran tendencia a la curación espontánea en pocos meses, resolviéndose la mayoría de los casos en 1-3 años.

Es bastante efectiva la supercloración del agua de baño para eliminar la bacteria.

### 3.3.4. PIE DE ATLETA.

El pie de atleta (*tinea pedis*) es una infección micótica de los pies que afecta fundamentalmente a los espacios interdigitales y a las plantas. Es la micosis cutánea más frecuente.

Los hongos habitualmente responsables son *Trichophyton mentagrophytes*, var. *interdigitale*, *T. rubrum* y *Epidermophyton floccosum*. Los varones adultos se afectan con más frecuencia que las mujeres y la enfermedad es relativamente corriente en niños pequeños.

Estos hongos se han aislado con frecuencia en suelos y vestuarios de duchas y piscinas públicas, por lo que la incidencia de la enfermedad es corriente entre los usuarios de las mismas.

El pie de atleta puede presentarse clínicamente en tres formas:

1) Forma intertriginosa, caracterizada por descamación, maceración y formación de fisuras en los dedos, prurito persistente y a menudo va asociado a hiperhidrosis (sudoración excesiva).

2) Forma vesiculosa, caracterizada por aparición de vesículas y ampollas en plantas, dorso y dedos de los pies. El líquido vesicular es seroso al principio y purulento posteriormente. Las vesículas suelen romperse y secarse dejando unos collares irregulares de escamas. El hongo aislado en estos casos es el *T. mentagrophytes interdigitale*.

3) Forma escamosa-hiperqueratósica, cursa con cronicidad, afectando a plantas, talones y bordes de los pies. Las zonas afectadas toman color rosáceo debido a la inflamación y se cubren de escamas blanco-plateadas. El hongo más frecuentemente aislado en estos casos es el *T. rubrum*.

La prevención consiste en evitar el calor, la humedad y la maceración mediante el empleo de calzado no oclusivo, utilizar chanclas de goma individuales que eviten el contacto del pie con zonas húmedas y secar bien las zonas interdigitales después del baño.

## CAPITULO II. DESINFECCION DEL AGUA DE BAÑO

Hemos visto con anterioridad, que el agua de baño contaminada puede ser origen de transmisión de enfermedades, por lo que es necesario someterla a un tratamiento adecuado para mantenerla limpia y desinfectada.

El tratamiento del agua de una piscina tiene dos fases claramente diferenciadas: filtración y desinfección. Cada una de estas fases tiene una finalidad: la filtración pretende eliminar las sustancias que se encuentran en suspensión en el agua y que son introducidas principalmente por los bañistas, mientras que la desinfección pretende conseguir un agua sanitariamente aceptable, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos.

#### **4. DESINFECTANTES UTILIZADOS EN EL AGUA DE BAÑO.**

Podemos clasificar los desinfectantes utilizados en el agua de baño de la siguiente forma:

##### 1. Cloro y derivados.

- Cloro gas.
- Hipoclorito sódico
- Hipoclorito cálcico.
- Hipoclorito de litio.
- Acido tricloroisocianúrico.
- Dicloroisocianurato sódico.
- Dicloroisocianurato potásico.

##### 2. Bromo.

##### 3. Iodo.

##### 4. Clorhidrato de polihexametilén biguanida.

##### 5. Persulfato sódico.

##### 6. Plata coloidal.

##### 7. Ozono.

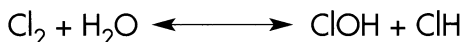
#### **5. CLORO Y DERIVADOS.**

##### **5.1. Cloro gas.**

Es un gas amarillo verdoso, de olor irritante, lo que permite detectarlo olfativamente incluso con débil concentración. Es tóxico, ya que produce irritación de mucosas respiratorias y ojos.



Reacciona con el agua de la siguiente forma:



originando ácido clorhídrico (ClH), que disminuye el pH, por lo que con cierta frecuencia hemos de añadir sustancias alcalinas que lo aumenten, como son hidróxido sódico, carbonato sódico, etc.

Tiene el inconveniente de que es explosivo, y necesita de grandes medidas de seguridad (detectores ambientales de gas cloro, ventilación de locales adecuada, etc.) para evitar accidentes.

### **5.2. Hipoclorito sódico.**

Es un líquido de olor dulzaino desagradable y color amarillento, soluble en agua fría. Con el  $\text{CO}_2$  del agua forma bicarbonatos que hacen precipitar las sales cálcicas produciendo incrustaciones y enturbiando y alcalinizando el agua de baño.

Las preparaciones comerciales de hipoclorito sódico contienen una riqueza en cloro activo del 13-18%. Además contienen otras sustancias como cloruro, hidróxido sódico y otros componentes.

Al añadirlo al agua se origina la siguiente reacción:



Vemos que se produce hidróxido sódico, por lo que el agua se alcaliniza, de modo que debe añadirse un ácido para que el ácido hipocloroso no pierda efectividad.

Al contacto con la luz el hipoclorito sódico se deteriora, por lo que debe mantenerse en sitios oscuros, en garrafas herméticamente cerradas para que no se evapore el cloro, y a bajas temperaturas.

### **5.3. Hipoclorito cálcico.**

Es un producto de color blanco, sólido, que se presenta en el mercado en forma de pastillas o gránulos, lo que facilita su manejo. El contenido en cloro activo es del 70%.

Con el  $\text{CO}_2$  del agua y la dureza contenida en ella produce precipitaciones de carbonato cálcico, enturbando el agua y aumentando la alcalinidad de la misma.

El hipoclorito de cal (no confundirlo con el hipoclorito cálcico) es una mezcla de hipoclorito, cloruro e hidróxido cálcico que tiene un contenido en cloro activo del 32-35%. No es aconsejable su utilización en la piscina pues puede producir fácilmente turbiedad y aumento de la dureza del agua.

El hipoclorito cálcico se disuelve lentamente en agua y en ésta produce la reacción siguiente:



y del mismo modo que en el caso del hipoclorito sódico, al formarse hidróxido cálcico se produce alcalinización del agua, por lo que debe añadirse un producto que baje el pH, como puede ser ácido clorhídrico diluido en 20 veces su volumen de agua.

#### **5.4. Hipoclorito de litio.**

Es un producto sólido que se presenta en el mercado en forma de polvo, con una riqueza del 35% en cloro activo.

Es un producto muy estable y muy soluble en agua y no origina precipitaciones ni aumenta la dureza el agua.

La reacción en contacto con el agua es la siguiente:



al originar un hidróxido produce aumento del pH.

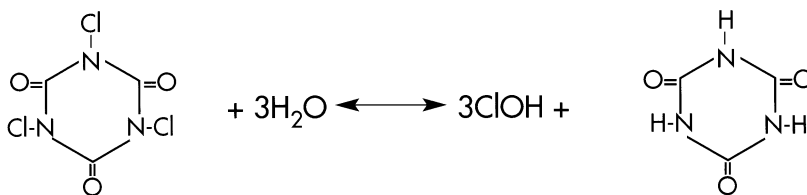
#### **5.5. Compuestos cloroisocianurados.**

Son productos sólidos que se presentan comercialmente en polvo, granulado y tabletas. Son productos muy fáciles de manejar, transportar, almacenar y dosificar.

No modifican el pH del agua o lo hacen muy ligeramente (ácido tricloroisocianúrico). Son muy estables a pH neutro (7'2-7'4), el adecuado para el agua de la piscina. No contienen calcio ni otros elementos capaces de aumentar la dureza del agua de la piscina.

### 5.5.1. Acido tricloroisocianúrico.

Tiene un contenido en cloro activo del 88%, y en contacto con el agua se disocia de la siguiente forma:



Ac. tricloroisocianúrico

Ac. hipocloroso

Ac. cianúrico

El ácido cianúrico es un producto tóxico e inodoro, pero tiene la ventaja de ser biodegradable.

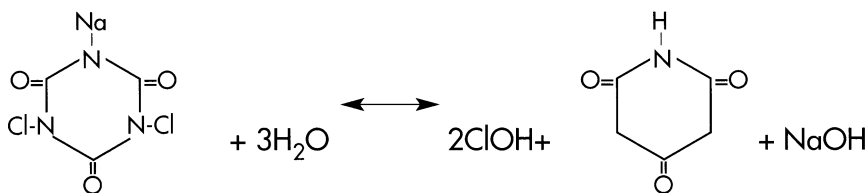
El ácido tricloroisocianúrico ejerce una acción protectora sobre el cloro, evitando que éste sea destruido por los rayos UV del sol. No aumenta el pH del agua ni su dureza, al no contener elementos alcalinos.

Es poco soluble en agua, y por ello, la formación del ácido hipocloroso es lenta, por lo que las concentraciones de cloro libre mantienen un nivel constante durante mucho tiempo.

### 5.5.2. Dicloroisocianurato sódico.

Es un producto que contiene una concentración de cloro activo del 65%. Presenta las mismas propiedades protectoras sobre el cloro que el producto anterior.

En contacto con el agua se produce la siguiente reacción:



Dicloroisocianurato sódico      Ac. hipocloroso    Ac. cianúrico

Es un producto muy soluble en agua, por lo que origina con facilidad ClOH, y por ello es aconsejable cuando se quiera conseguir una cloración rápida del agua.

### 5.5.3. Dicloroisocianurato potásico.

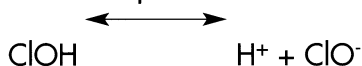
Se disocia en el agua de manera semejante al dicloroisocianurato sódico, dando hidróxido potásico, ácido cianúrico y ácido hipocloroso. Es un producto que contiene una riqueza en cloro activo del 55%.

## 6. ACCION DEL ACIDO HIPOCLOROSO.

Hemos visto con anterioridad que todos los desinfectantes clorados originan, al disolverlos en agua, ácido hipocloroso (ClOH). Este es un oxidante fuerte, y por tanto oxida la materia orgánica y los compuestos nitrogenados, destruyendo las algas y bacterias.

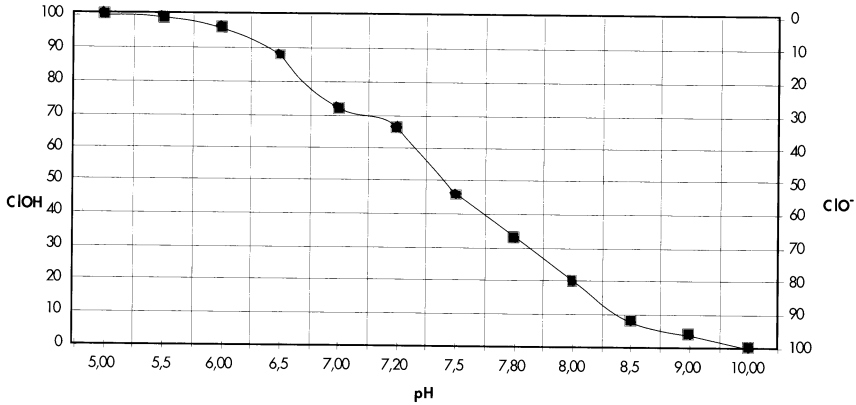
Sobre algas y bacterias actúa interfiriendo químicamente en las reacciones biológicas y destruyendo la pared celular de las bacterias.

El ácido hipocloroso se encuentra en equilibrio con la forma ionizada:



El equilibrio de la reacción está relacionado con el pH, y la forma activa sobre los gérmenes y algas es la forma no disociada, ClOH. En el gráfico siguiente podemos comprobar que al aumentar el pH disminuye el porcentaje de ClOH, es decir, del cloro desinfectante, y aumenta la proporción de ión hipocloroso. En los márgenes de pH ideales (pH = 7,2-7,6) observamos que el ácido hipocloroso se encuentra en el agua a una concentración que varía, aproximadamente, del 35 al 65%. A pH inferiores a 7, el agua de baño es ácida, y puede originar irritaciones en piel

y mucosas, aunque presente mayor poder desinfectante por ser mayor la concentración de ácido hipocloroso.



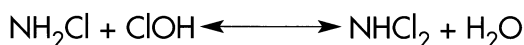
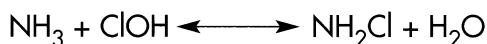
Veamos algunas definiciones:

- Cloro residual libre: es el cloro residual que desinfecta y oxida. Está representado por el ClOH y el ClO<sup>-</sup>.
- Cloro residual combinado: es el correspondiente a las cloraminas formadas al reaccionar el ácido hipocloroso con el amoníaco y las sustancias nitrogenadas. También comprende los compuestos orgánicos no aminados que han sido oxidados por el cloro, aunque éstos se encuentran en muy baja proporción en el agua, por lo que en la práctica se simplifica diciendo que el cloro residual combinado es el debido a las cloraminas formadas al reaccionar el amoníaco y compuestos aminados con el ácido hipocloroso. Esta forma de cloro (cloraminas), es la principal responsable de la irritación de ojos y mucosas, así como de los malos olores. Las cloraminas tienen un poder desinfectante muy bajo.
- Cloro residual total: es la suma del cloro residual libre y del cloro residual combinado.
- Cloración al breakpoint: consiste en adicionar una cantidad suficiente de cloro para oxidar el cloro combinado y los residuos nitrogenados a nitrógeno elemental:



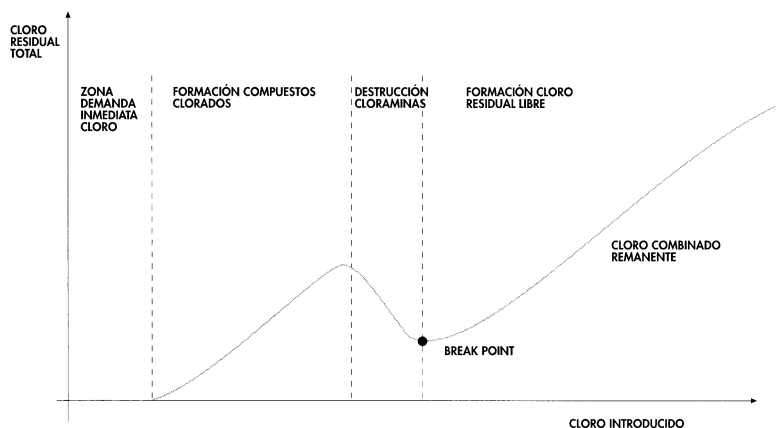
Los compuestos nitrogenados que forman las cloraminas con el cloro provienen de la degradación química de la urea, proteínas y aminoácidos introducidos por los bañistas al usar la piscina. La urea de la orina es una fuente rica de amoniaco (555 ppm). Los compuestos nitrogenados también pueden proceder de la introducción directa del amoniaco arrastrado por la lluvia, de los fertilizantes, etc.

Las cloraminas se originan al reaccionar el ácido hipocloroso con los compuestos nitrogenados:



Las cloraminas producen irritación de ojos y mucosas, malos olores y una desinfección deficiente.

El gráfico siguiente muestra las variaciones de cloro residual total frente al cloro añadido al agua. En ella observamos que al ir añadiendo cloro, el cloro total residual pasa por un máximo, después disminuye pasando por un mínimo y crece luego regularmente. Ello es debido a que el cloro, en una primera fase, se combina con la materia orgánica del agua y el amoniaco libre o combinado en forma de aminas, formando compuestos clorados, los cuales se eliminan, en una segunda fase, al aumentar el cloro añadido. El punto crítico o break point es la dosis de cloro correspondiente al mínimo de la curva, para la cual existe cloro libre y trazas de cloraminas en el agua.



## 7. CONSUMO DE CLORO Y EFICACIA DESINFECTANTE DE LOS DERIVADOS CLORADOS.

El consumo del cloro del agua de baño depende principalmente del:

- Tipo de piscina: las piscinas descubiertas tienen un mayor consumo de cloro que las cubiertas, debido a la acción de los rayos solares.
- Temperatura del agua de baño: cuanto mayor sea la temperatura mayor será la evaporación del cloro del agua. Al aumentar 1 °C la temperatura del agua se elimina un 15-20% de cloro.
- Radiación solar: los rayos U.V. del sol transforman el cloro en cloruros inactivos, por lo que es difícil mantener los niveles adecuados de cloro libre en piscinas descubiertas en épocas de fuerte insolación. Si se emplean productos clorados estabilizados (derivados isocianurados) se eliminará este problema.
- Productos clorados estabilizados: la utilización de productos clorados estabilizados asegura una protección del cloro frente a los rayos U.V. y, por tanto, un menor consumo de producto.
- Filtración adecuada: si la materia orgánica del agua pasa por los filtros sin quedar retenida se produce un mayor consumo de cloro, ya que éste se emplea en oxidarla.

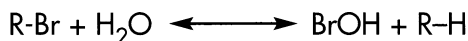
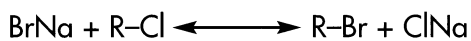
Hemos visto anteriormente que la eficacia desinfectante de los diversos derivados de cloro es distinta. En la tabla siguiente podemos observar el tiempo necesario para destruir el 99% de una bacteria indicadora de contaminación fecal como es el E. coli y para una misma cantidad de producto.

Forma de cloro	Tiempo inactivación
ClOH	1 min. 40 seg.
ClO <sup>-</sup>	40 min.
Monocloraminas	más de 8 h.

## 8. BROMO.

Es un líquido pesado, de color rojo oscuro, moderadamente soluble en agua y volátil a temperatura ambiente, formando un gas de color marrón muy tóxico. Como tal no se utiliza, ya que da una coloración pardo-rojiza al agua, desprende humos muy irritantes y quema la piel.

Se utiliza en la desinfección del agua compuestos de bromo, como bromuro sódico, junto con compuestos clorados. El bromo desplaza al cloro formando ión bromuro, que se disuelve fácilmente en agua y se forma cloruro sódico.



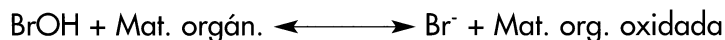
El 1-bromo-3-cloro-5,5-dimetilhidantoína es un producto sólido, blanco, poco soluble en agua, con un contenido en bromo activo del 60% y del 30% en cloro activo.

Produce buena desinfección a pH altos, no origina cloraminas por lo que no irrita ojos y mucosas y no desprende malos olores. Es muy estable en envase cerrado y en lugar fresco y seco. Se aplica al agua mediante dosificadores adecuados.

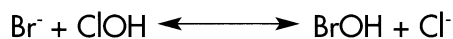
Al entrar en contacto con el agua se produce la siguiente reacción:



El ácido hipobromoso, al entrar en contacto con la materia orgánica disuelta, bacterias y algas, las oxida y se produce ión bromuro:



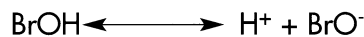
y a su vez, el ión bromuro reacciona:



Así pues, el ácido hipocloroso regenera el ácido hipobromoso.

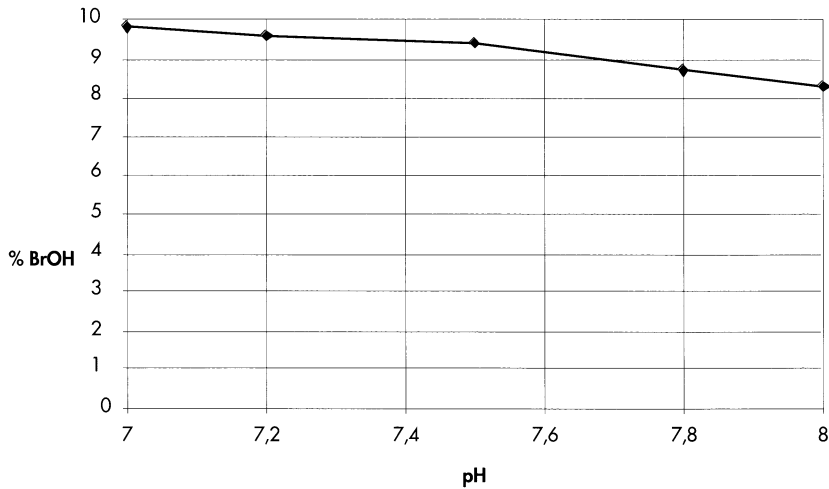
Para una buena desinfección del agua de la piscina, el bromo total debe estar comprendido entre 0'8-2 ppm., y el pH debe mantenerse entre 7'8-8'2.

La forma activa desinfectante del bromo es el BrOH, y al igual que en el caso del ácido hipocloroso, se disocia:

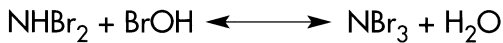
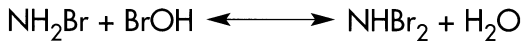
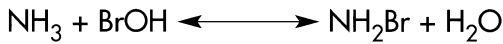




También se puede construir la gráfica de disociación del ácido hipobromoso en el agua en función del pH de la misma.



El ácido hipobromoso también reacciona con los compuestos nitrogenados formando bromaminas, que sí son compuestos desinfectantes, muy inestables y con una actividad semejante al ácido hipobromoso:



El ión bromuro forma con las cloraminas, y especialmente con la monocloramina:



originando monobromamina, buen desinfectante, carente de olor y no irritante de ojos y mucosas.

## 9. OZONO.

Es una de las formas alotrópicas del oxígeno elemental, de fórmula  $\text{O}_3$ . El ozono gaseoso posee un perceptible color azul y al disolverse en el agua le da a ésta color azul.

El ozono se obtiene al hacer pasar aire u oxígeno a través de unos electrodos, resultando una mezcla que contiene oxígeno, o aire, y ozono.

El ozono es el desinfectante más potente que se conoce, debido a su acción oxidante, por lo que se recomienda especialmente en casos difíciles (presencia de amebas, etc.). 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. Como el ozono se destruye con mucha rapidez, carece de poder desinfectante residual, por lo que es necesario después de la ozonización una desinfección complementaria con otro desinfectante en pequeñas dosis.

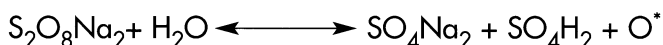
La velocidad de descomposición del ozono en el agua se ve favorecida por un aumento de las materias oxidantes en el agua, por un aumento de la temperatura y por una elevación del pH.

La dosis residual mínima de ozono, después de 4 minutos por lo menos de contacto entre el aire ozonizado y el agua a tratar, debe ser de 0'4 mg/l. El ozono residual debe ser eliminado antes de introducir el agua tratada en la piscina, bien mediante filtración con carbón activo o con un dispositivo desgasificador. Como este agua carece de poder desinfectante residual, hemos de añadir cloro o bromo en pequeñas cantidades que garanticen en la piscina el poder desinfectante. Se comprueba, además, que la dosis necesaria de éstos es muy inferior que la requerida sin ozonización previa, y el efecto irritante del cloro o del bromo es menor que si no ha habido ozonización.

La desinfección con ozono exige inversiones relativamente costosas, pero sus gastos de explotación son moderados.

## 10. PERSULFATO SODICO.

Comúnmente es llamado oxígeno activo. Es un producto sólido, de color blanco, que se presenta en el mercado en forma de pastillas. Es inodoro y reacciona con el agua liberando oxígeno:



en esta reacción, el oxígeno liberado, oxígeno activo ( $\text{O}^*$ ), es el que actúa como agente desinfectante oxidando a la materia orgánica presente en el agua de la piscina.

La concentración de oxígeno residual no debe ser superior a 6-8 ppm. y es aconsejable mantener el pH entre 7'2-7'6.

El persulfato no varía el pH del agua y se mantiene estable si permanece envasado y almacenado en buenas condiciones de humedad. Se utiliza principalmente en piscinas privadas.

## **11. OTROS DESINFECTANTES.**

Los siguientes desinfectantes se emplean en piscinas privadas.

### **11.1. Polihexametilen biguanida.**

Se utiliza el clorhidrato de polihexametilen biguanida que es un producto líquido, inodoro y estable frente a los rayos U.V. del sol.

Su poder bactericida se debe a la coagulación de las proteínas bacterianas. Su efectividad desinfectante no depende del pH ni tampoco lo modifica.

Se aplica a la piscina manualmente y su concentración en el agua se controla mediante la ayuda de kits comerciales. El intervalo óptimo de pH es de 7'2-7'8 y su concentración en el agua debe ser de 25-50 ppm.

Es un producto compatible con peróxido de hidrógeno, simazina, derivados de aluminio, ácidos, álcalis, bicarbonato sódico y cloruro cálcico.

No debe utilizarse junto a los siguientes productos: cloro y derivados, ciertos amonios cuaternarios, sales de cobre, secuestradores de cal, persulfato sódico y bromo.

### **11.2. Plata coloidal.**

Se utiliza en suspensión con agua oxigenada entre 200-840 mg/l. Posee gran poder desinfectante y junto al agua oxigenada, oxida la materia orgánica presente en el agua de baño.

Es inestable a la luz, por lo que se debe conservar en envases totalmente opacos. Se incorpora al agua mediante dosificadores adecuados.

La dosis activa es 0'05 ppm, expresada en plata.

Debe evitarse el contacto con la piel, pero una vez diluido no presenta problemas.

Se puede utilizar también un sistema de electroionización, que emplea electrodos de plata y cobre.

## **12. CLOROMETRIA.**

La clorometría consiste en la determinación del cloro en el agua. Se puede efectuar por dos métodos: el de Palin, que utiliza la dietil-parafenilén-diamina, o DPD, y el método de la ortotolidina.

La toma de muestras del agua de baño para realizar los controles necesarios se debe realizar a una profundidad de unos 40 cm. y a una distancia del borde del vaso de unos 50 cm., es decir, hay que hundir el brazo en el agua para efectuar la obtención de la muestra. En general, la muestra debe efectuarse en el punto más representativo del vaso.

El método de la DPD es el más adecuado para medir el cloro de piscinas, ya que permite medir cloro libre y cloro combinado, mientras que la o-tolidina mide solamente cloro total.

Si el desinfectante utilizado es el bromo, también se puede conocer el bromo residual total utilizando como reactivo la ortotolidina.

### **12.1. Dietilparafenilén-diamina (DPD).**

En presencia de cloro, la dietil-p-fenilén-diamina da, a  $\text{pH}=6'2-6'5$ , una coloración roja susceptible de una valoración volumétrica. El método se ha adaptado a la determinación del cloro libre y de las cloraminas, por adición conveniente de yoduro potásico.

En el mercado existen diferentes kits para efectuar las medidas de cloro, unos más sencillos (solución tampón y solución de DPD), que miden sólo el cloro libre y otros con más reactivos que miden el cloro libre y el cloro total, y por diferencia, el cloro combinado (cloraminas).

### 13. CONTROL DEL pH.

Hemos visto con anterioridad que los valores de pH del agua de baño influyen directamente sobre la efectividad desinfectante (ácido hipocloroso) de los productos clorados y por ello es muy importante que este parámetro se encuentre en el rango de valores adecuado para una mejor desinfección del agua.

El pH óptimo de un agua de piscina se encuentra entre 7'2 y 7'6.

Valores inferiores de pH pueden originar:

- Corrosión de los circuitos y maquinaria de la instalación
- Deterioro del vaso
- Irritación de ojos y piel

Valores superiores de pH pueden originar:

- Formación de incrustaciones
- Aguas turbias
- Decrecimiento de la eficacia desinfectante
- Irritación de ojos

Los factores que disminuyen el valor del pH del agua son: cloro gas, tricloroisocianúrico, lluvia ácida, polución ambiental y naturaleza del agua.

Los factores que aumentan el valor del pH del agua son: hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico, hipoclorito de litio, orina y naturaleza del agua.

El valor del pH se determina con el rojo fenol, que es un indicador que vira del amarillo al rojo a medida que aumenta el pH. El intervalo de viraje de pH del rojo fenol es de 6'8 a 8'2.

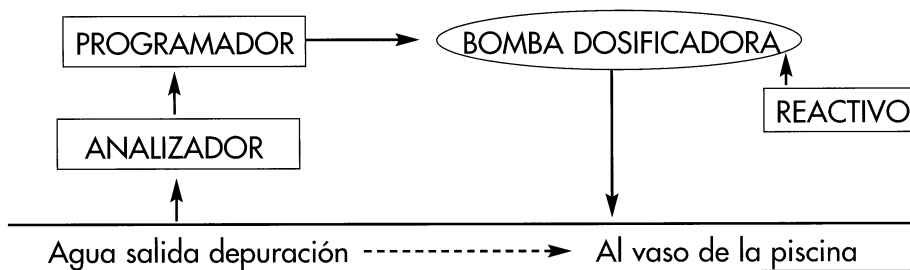
### 14. DOSIFICADORES DE DESINFECTANTES.

La aplicación de desinfectantes al agua de baño se debe realizar por medio de aparatos dosificadores automáticos que nos aseguren un aporte continuo de desinfectante, de modo, que se mantengan en el agua de baño los niveles adecuados del mismo para efectuar su función con la

necesaria garantía sanitaria. Además, el Reglamento sobre condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia, obliga a que existan dosificadores automáticos de desinfectantes en todos los vasos de la instalación y sólo de manera excepcional, siempre fuera del horario al público, autoriza la dosificación manual de productos.

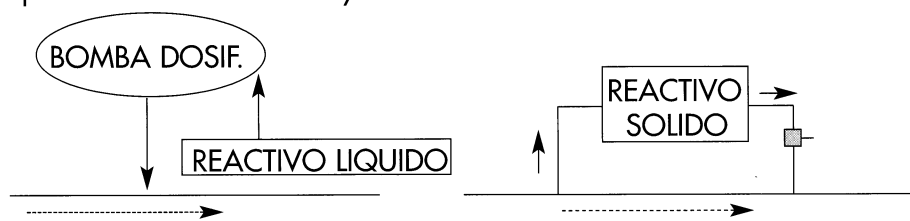
En el mercado existen dos tipos de dosificadores de desinfectantes, unos totalmente automáticos y otros semiautomáticos.

Los automáticos realizan una toma de agua proveniente de la piscina, efectúan el análisis de cloro residual libre e inyectan el producto desinfectante necesario para mantener los niveles de cloro libre previamente fijados por el encargado del mantenimiento, en el agua que va a la piscina.



Los semiautomáticos para hipoclorito sódico consisten simplemente en una bomba inyectora con botón regulador conectada a la garrafa de reactivo. El encargado de la instalación mide el cloro libre del agua del vaso y ajusta el botón regulador del aparato según esté alto o bajo el cloro libre.

Los dosificadores semiautomáticos de productos sólidos (ácido tricloroisocianúrico) llevan una llave reguladora que hace pasar más o menos agua de la piscina por el recipiente donde se halla el producto, de modo que éste se disuelve en mayor o menor cantidad.



Los dosificadores semiautomáticos son más baratos que los automáticos, pero requieren un mayor control del encargado del mantenimiento de la piscina sobre el agua de baño.

### CAPITULO III. OTROS PARAMETROS DEL AGUA

#### 15. ALCALINIDAD DEL AGUA.

La alcalinidad total de un agua corresponde a la presencia de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{=}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). Estos compuestos alcalinos actúan como reguladores de los cambios de pH y los intervalos de éste entre los cuales se hallan mayoritariamente cada uno de ellos son:

	BICARBONATO	CARBONATO	HIDROXIDO
pH	6,0	8,3	10,2

Cuando el agua de la piscina tiene el pH en el intervalo óptimo (7,2-7,6), su alcalinidad es principalmente bicarbonatada.

El intervalo óptimo de alcalinidad total para diversos materiales de construcción del vaso de la piscina son:

- Piscina de material cerámico: 100-150 ppm.
- Piscina de fibra de vidrio, vinílica o pintada: 125-175 ppm..

Así pues, podemos considerar que el intervalo óptimo de alcalinidad se halla comprendido entre 100-175 ppm.

Si la alcalinidad total se encuentra elevada se nos pueden presentar diversos problemas:

- Ajuste difícil del pH.
- Agua turbia por precipitaciones de estos elementos.
- pH altos.

La alcalinidad baja puede ocasionarnos diversos problemas:

- Fluctuación del pH
- Corrosión
- pH bajo
- Irritación de los ojos
- Agua verde.

En el mercado existen productos para aumentar o disminuir la alcalinidad total, que deberán añadirse en la cantidad indicada por el fabricante.

## 16. DUREZA.

La dureza total o grado hidrotimétrico ( $T_H$ ) de un agua corresponde a la suma de los cationes metálicos, con excepción de los metales alcalinos y del ión hidrógeno. En la mayoría de los casos, la dureza se debe principalmente a los iones  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ . La dureza se expresa en mg/l de Ca (ppm) y en miliequivalentes de concentración de  $CO_3Ca$ . También se expresa en grados franceses ( $^{\circ}H$  ó  $^{\circ}f$ ) y un grado francés contiene 10 mg de carbonato cálcico por litro, o sea, 4 mg de calcio por litro, es decir,  $1/5$  meq. e inversamente, 1 meq de Ca =  $5^{\circ}H$ .

Dependiendo de la procedencia del agua, ésta puede tener un contenido variable en dureza total. En nuestra Región éste oscila entre 250-500 ppm de Ca.

La dureza cálcica corresponde al contenido global de sales de calcio y el valor ideal para un agua de piscina se halla comprendido entre 175-300 ppm. de Ca.

Valores bajos de dureza cálcica producen:

- Deterioro del vaso.
- Agua agresiva (corrosión).

Valores elevados de dureza cálcica originan:

- Formación de incrustaciones.
- Calcificación de los filtros.
- Agua turbia.
- Ineficacia del intercambiador de calor.
- Aumento de la resistencia al paso del agua por los circuitos (reduce la circulación).



- Superficies de piscina rugosas.
- Irritación de los ojos.

En el mercado existen productos para aumentar la dureza cálcica.

Para disminuir los niveles elevados de dureza cálcica podemos realizar algunas de las operaciones siguientes:

- Aumentar la cantidad de agua renovada.
- Compensar los niveles altos de dureza cálcica bajando el pH y la alcalinidad.
- Descalcificar el agua.
- Utilizar un agente quelante para ayudar a mantener el calcio en solución.

## **17. SÓLIDOS DISUELTOS.**

El agua contiene cierta cantidad de sólidos disueltos, los cuales podríamos pesar si evaporamos todo el agua. Estos sólidos disueltos proceden de la materia orgánica aportada por los bañistas, las cremas, desinfectantes, algicidas, contaminación ambiental, dureza total, alcalinidad total, la propia agua, etc.

El contenido aceptable del total de sólidos disueltos (TDS) en un agua de piscina no debe sobrepasar las 2.000 ppm. Cuando el TDS está elevado:

- Se reduce la efectividad del desinfectante.
- Se reducen las propiedades algicidas.
- Aumenta la turbidez.
- Se favorecen las incrustaciones.
- Produce corrosión en las superficies.
- Se incrementa la corrosión natural.

El TDS puede medirse con un conductímetro. Para disminuir el TDS, podemos realizar las siguientes operaciones:

- Incrementar el periodo de contralavados y reemplazar el agua eliminada con agua nueva.
- Vaciar periódicamente la piscina.

## 18. INDICE DE LANGELIER.

Ciertas aguas naturales pueden corroer en frío a metales, calizas, y materiales de construcción (cemento, hormigones, ...). Esta corrosión o agresividad depende principalmente del anhídrido carbónico libre, alcalinidad y pH, aunque también otros elementos pueden intervenir como ácidos húmicos, oxígeno, sulfhídrico, sales, microorganismos, etc.

Langelier expuso una fórmula para conocer el grado de agresividad de un agua. Esta es la siguiente:

Indice de agresividad:

$$i = \text{pH} - F - \log \frac{1}{\text{Ca}^{2+}} - \log \frac{1}{\text{Alc.}}$$

Siendo:

- Alc.= alcalinidad total en carbonato cálcico,  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (mg/l).
- $\text{Ca}^{2+}$ = concentración  $\text{Ca}^{2+}$  en calcio (mg/l).
- F = extracto seco (mg/l).

Simplificando la fórmula y aplicando factores, resulta:

$$i = \text{pH} + \text{CF} + \text{AF} + \text{TC} + \text{TSD} \quad \text{siendo,}$$

- CF: dureza cálcica en ppm.
- AF: alcalinidad total en ppm.
- TC: temperatura en °C.
- TDS: total sólidos disueltos.

En la mayoría de las piscinas el TSD es menor a 1.000 ppm., y el factor correspondiente es -12,1. En las tablas siguientes podemos hallar la equivalencia entre los valores de cada uno de los parámetros y el factor adecuado.

Temperatura	
°C	TC
0	0,0
5	0,1
8	0,2
12	0,3
15	0,4
19	0,5
24	0,6
29	0,7
34	0,8
40	0,9
55	1,0

Dureza cálcica	
ppm.	CF
5	0,5
25	1,0
50	1,3
75	1,5
100	1,6
150	1,8
200	1,9
300	2,0
400	2,1
800	2,2
1000	2,5

Alcalinidad total	
ppm.	AF
5	0,7
25	1,4
50	1,7
75	1,9
100	2,0
150	2,2
200	2,3
250	2,4
300	2,5
400	2,6
800	2,9

Los valores que podemos obtener para el índice de agresividad son los siguientes:

- $i < 0$  (Agua agresiva)
- $i = 0$  (Agua inerte)
- $i > 0$  (Agua incrustante).

Se considera que el índice es el adecuado cuando se encuentre entre  $\pm 0,5$ .

Si tenemos un agua con los siguientes valores podemos calcular el índice de agresividad, viendo los factores correspondientes en las tablas anteriores.  $\text{pH} = 7,4$ ; temperatura =  $24\text{ }^\circ\text{C}$ ; dureza cálcica =  $150\text{ ppm}$ . y alcalinidad total =  $200\text{ ppm}$ .

$$i = \text{pH} + \text{CF} + \text{AF} + \text{TC} + \text{TSD}$$

$$i = 7,4 + 0,6 + 1,8 + 2,3 - 12,1 = 0,0$$

Así pues, nuestra agua tendría un carácter inerte.

## 19. DIAGRAMA DE TAYLOR.

El diagrama de Taylor sirve también para conocer el grado de agresividad del agua de la piscina, pero es un método más fácil y rápido que

el índice de Langelier. En éste existe sólo una constante, el TSD, mientras que el diagrama de Taylor presenta dos constantes. Este diagrama es válido para aguas con un contenido máximo en TSD de 2000 ppm y temperaturas entre 20-32 °C.

Los tres parámetros, pH, dureza cálcica y alcalinidad total se pueden medir con kits adecuados existentes en el mercado.

Las lecturas de la dureza cálcica y alcalinidad total se marcan en el diagrama y se unen con una línea recta que cortará a la escala de pH en un punto. Si el pH del agua que hemos medido se halla entre ( 0,5 del valor de pH del diagrama de Taylor el agua es inerte.

Cuando el pH del agua sea >0,5 puntos del diagrama de Taylor el agua es incrustante, mientras que si es <0,5 puntos será corrosiva.

*Ejemplo:* si tenemos un agua con pH=7,7, dureza cálcica de 250 ppm, alcalinidad total de 100 ppm, TSD menor de 2000 ppm y temperatura de 29 °C y vamos al diagrama de Taylor con estos valores, encontramos un pH óptimo de 7,5, que se halla 0,2 unidades por debajo del que hemos medido, podemos concluir que el agua de nuestra piscina está en equilibrio.

Hemos visto que la temperatura, el total de sólidos disueltos, el pH, la dureza cálcica y la alcalinidad total son importantes para mantener unas condiciones adecuadas del agua de nuestra piscina. Todos juntos se engloban bajo el concepto de *balance del agua*. Este debe ser equilibrado, pues de lo contrario se podrá afectar a los materiales de la piscina y a la maquinaria y equipamiento.

## CAPITULO IV. ALGICIDAS Y FLOCULANTES.

### 20. ALGICIDAS.

#### 20.1. Sales de cobre.

El sulfato de cobre es un producto que ha sido muy usado como algicida en las piscinas. Actúa inhibiendo las enzimas de los microorganismos y precipitando las proteínas celulares (bactericida).

Se presenta en forma de cristales o polvo azulados, muy solubles en agua, dando soluciones coloreadas de color azul. Es un producto muy tóxico, y no deben sobrepasarse las concentraciones del 1/1000.

Actualmente, y debido a la toxicidad del sulfato de cobre se utilizan otros derivados de cobre menos tóxicos, como es el caso de los quelatos de este metal.

## **20.2. Organometálicos de estaño.**

Son productos de muy amplia actividad bactericida, fungicida y algicida.

El más importante de todos ellos es el bis-tributil-estaño-óxido o TBTO, que es un producto ligeramente amarillo. Es poco soluble en agua y no origina a las dosis de uso ningún olor ni sabor al agua de la piscina. No altera el pH de la misma ni aumenta su dureza.

Posee un amplio espectro de acción, sobre todo tipo de algas y bacterias Gram (+) y, unido a los amonios cuaternarios, aumenta su acción algicida y bactericida, especialmente sobre las Gram (-).

Es un producto moderadamente tóxico, con una DL<sub>50</sub> de 200 mg/kg en rata. Es unas 10 veces menos tóxico que el resto de los compuestos metálicos empleados en el agua de las piscinas, y tiene la ventaja de degradarse en compuestos inorgánicos totalmente inocuos.

Las dosis de utilización son muy bajas, 0'2 ppm. en agua.

Es un producto muy costoso y de difícil formulación, aunque su empleo es muy sencillo, ya que se aplica directamente al vaso de la piscina.

Una aplicación interesante de este producto es añadirlo a la pintura del vaso, con lo cual se obtiene una acción algicida residual y no tóxica (debido a su insolubilidad) en las paredes y fondo del mismo.

## **20.3. Sales de amonio cuaternario.**

Son sustancias tensoactivas que tienen una acción bactericida frente a bacterias Gram (+) y algo menor frente a bacterias Gram (-). También presentan actividad frente a algunos hongos y protozoos (*Trichomonas vaginalis*).

Los principales compuestos son: benzalconio, benzetonio, cetilpirimidinio, cetrimonio y decualinio. El más utilizado en el agua de la piscina es el cloruro de benzalconio.

Son productos líquidos, solubles en agua y neutros (no modifican el pH del agua).

El mecanismo de acción más probable es a nivel de membrana celular, provocando la rotura de la misma y originando la salida de las sustancias contenidas en el interior de la bacteria.

Por su carácter orgánico son compatibles con casi todos los compuestos clorados diluidos, aumentando la acción bactericida-algicida de éstos y confiriendo un poder residual desinfectante en el agua de la piscina.

El compuesto de amonio cuaternario más eficaz para el agua de la piscina es el cloruro de miristil-dimetil-bencil amonio, con un índice de fenol de 900.

Son productos sin toxicidad a las dosis de uso, con una  $DL_{50}$  de 570 mg/kg en rata. Las dosis recomendadas para agua de la piscina son las siguientes:

- Dosis inicial: 2 ppm.
- Dosis de mantenimiento, una vez a la semana: 1 ppm.

## 21. COAGULACION-FLOCULACIÓN

La filtración del agua de la piscina mejora y se acelera cuanto mayor es el tamaño de las partículas a eliminar. Si las partículas son muy pequeñas puede ocurrir:

- Que pasen a través del filtro de arena regresando al vaso.
- Que apelmacen el filtro con facilidad, lo que obliga a lavar éste con frecuencia, con la consiguiente pérdida de agua y disipación de calorías en las climatizadas.

Muchas de las sustancias que se encuentran en el agua de

baño son de pequeño tamaño y no quedan retenidas en el filtro. Estas partículas se llaman coloides, tienen un tamaño de 0'1-0'01  $\mu$  (micras) y poseen carga eléctrica que hace que se repelan entre sí.

La adición al agua de ciertas sustancias llamadas coagulantes (sales de hierro o aluminio, complejos hidróxido-aluminosos, etc.), hacen que estas cargas se neutralicen y que las partículas coloidales se desestabilicen y comiencen a unirse en pequeños aglomerados. Este fenómeno se conoce con el nombre de *coagulación*.

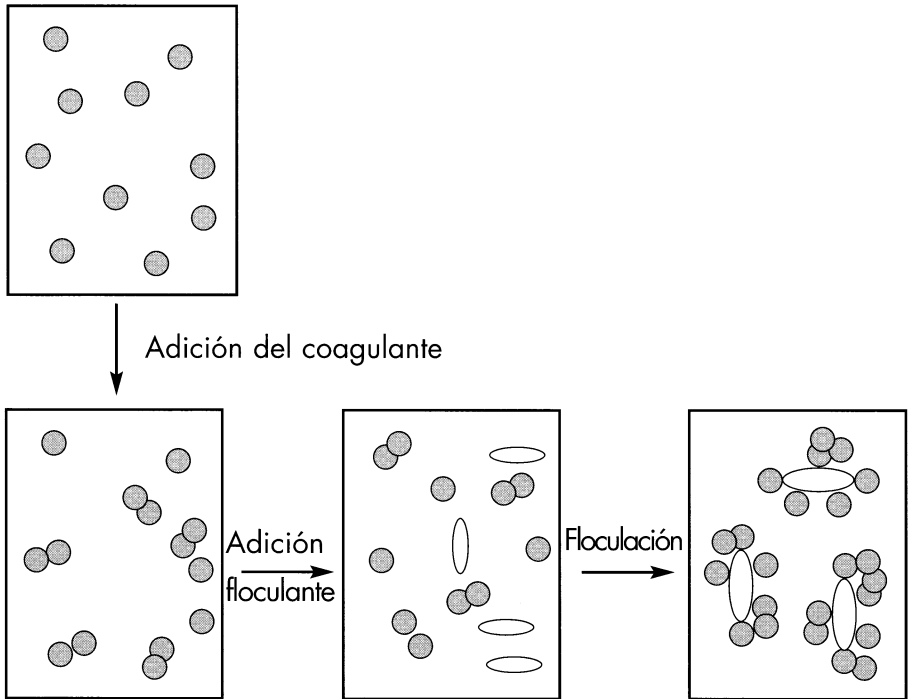
La adición al agua de floculantes ayuda a la reunión de los pequeños aglomerados, aumentando su tamaño y favoreciendo su precipitación. Este fenómeno se conoce con el nombre de *floculación* y existen sustancias que ayudan a esta unión entre los pequeños aglomerados, como son la sílice activada y diversos polímeros orgánicos (poliacrilamidas, polielectrólitos aniónicos, polielectrólitos catiónicos).

En piscinas se utilizan sustancias coagulantes, que aunque su función principal es la de neutralizar las cargas coloidales, tienen también un cierto poder floculante.

Los floculantes tienen la misión de aumentar el tamaño de partícula a filtrar, lo que se traduce en:

- Un agua más transparente.
- El filtro trabaja con más eficacia.
- A la larga se ahorra tiempo de filtración, y por tanto, energía.

La función del floculante es aglomerar las partículas que se hallan suspendidas en el agua, de modo que se forman grumos que poseen un tamaño mayor que son retenidas en los filtros. A continuación vemos un esquema de la actuación del coagulante y floculante, en el que las partículas redondeadas representan las sustancias en suspensión y las elípticas el floculante.



El coagulante se puede adicionar al agua del vaso de varias formas:

- Directamente al agua del vaso: pulverizándolo sobre ella y dejándolo actuar unas 8 h., se pasa el limpiafondos para recoger las partículas floculadas.
- Colocándolo en forma de cartuchos, comprimidos o dosificadores en los esquimers (rebosaderos discontinuos), para que sea disuelto en el agua.
- Inyectado en el circuito de agua circulante por medio de una bomba dosificadora. Es el método más eficaz para piscinas con una capacidad superior a 150-200 m<sup>3</sup> (la mayoría de las piscinas públicas).

Algunos coagulantes y flocculantes que se utilizan son aluminato de sodio, polihidroxicluro-sulfato de aluminio, polihidroxicluro de aluminio, polímeros derivados de los ácidos acrílico y metacrílico, sulfato de aluminio y ácido policarbónico.

### 21.1. Derivados del aluminio.

Son los que más se emplean en piscinas, ya que poseen fácil manejo y el hidróxido de aluminio, responsable de los coágulos que se forman,



es totalmente incoloro, a diferencia de los hidróxidos de hierro que también son floculantes.

**1.-Sulfato de aluminio.** Se emplea cristalizado y en solución. Si el agua no tiene la suficiente basicidad ha de emplearse junto con productos básicos, como sosa, carbonato sódico, etc., para que se formen bien los coágulos.

Las soluciones de sulfato de aluminio se emplean a dosis de 5-20 ppm.

a) Ventajas: La ventaja de utilización de este producto es que sus soluciones son fácilmente estables.

b) Inconvenientes:

- Se necesita ajustar la basicidad, ya que si queda aluminio sin precipitar irrita los ojos, y si hay exceso de basicidad los coágulos son muy pequeños y pasan al filtro.
- El ión sulfato liberado forma con la cal del agua incrustaciones en el vaso y tuberías y apelmaza la arena del filtro.
- Posee una floculación lenta.
- Produce coágulos pequeños y poco densos.

**2.-Oxocloruros de aluminio.-** Forman coágulos de mayor tamaño que otras sales de aluminio.

Las soluciones de oxocloruro de aluminio se emplean a dosis de 0'5-2 g/m<sup>3</sup>.

a) Ventajas:

- Floculación muy rápida.
- No queda aluminio sin precipitar.
- No contienen sulfatos que puedan producir incrustaciones.
- Se emplea a dosis menores que el sulfato de aluminio.

## **21.2.-Polielectrolitos.-**

Son floculantes y se utilizan poco en piscinas ya que el agua de éstas tiene pocos sólidos en suspensión. Su campo preferente de utilización son las aguas potables y residuales.

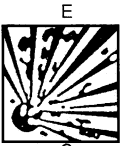
Además, tienen el inconveniente de que las soluciones son poco estables y dificultosas de preparar y para obtener un agua transparente ha de potenciarse su acción con floculantes salinos.

## 22. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE LOS PRODUCTOS PARA PISCINAS.

### 22.1. Clasificación de los productos químicos por su peligrosidad.

Los productos para piscinas (desinfectantes, algicidas, floculantes, etc.) son sustancias químicas cuya manipulación puede suponer un riesgo para el operario. Estos productos deben ir debidamente etiquetados y llevar en la etiqueta las recomendaciones de uso, frases de riesgo y pictogramas (ilustraciones) de peligro.

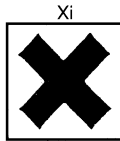
A continuación indicaremos las definiciones de clasificación de productos químicos según su peligrosidad.



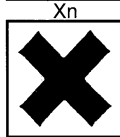
*Explosivo*: es aquel producto que puede explotar bajo el efecto de una llama.



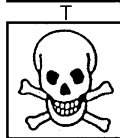
*Corrosivo*: es aquel producto que en contacto con los tejidos vivos puede ejercer sobre ellos una acción destructiva.



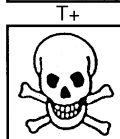
*Irritante*: es aquel producto no corrosivo, que, por contacto directo o prolongado con la piel o mucosas, puede provocar reacción inflamatoria.



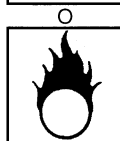
*Nocivo*: es aquel producto que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puede entrañar riesgos para la salud de gravedad limitada.



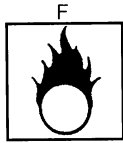
*Tóxico*: es aquel producto que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puede entrañar riesgos graves para la salud, agudos o crónicos, e incluso la muerte.



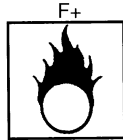
*Muy tóxico*: es aquel producto que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puede entrañar riesgos extremadamente graves para la salud, agudos o crónicos, e incluso la muerte.



*Comburente*: es aquel producto que en contacto con otros, particularmente los inflamables, origina una reacción fuertemente exotérmica (desprende calor).



*Fácilmente inflamable:* es aquel producto que, a temperatura ambiente, en el aire, y sin aporte de energía puede calentarse e incluso inflamarse.



*Extremadamente inflamable:* es aquel producto cuyo punto de destello es inferior a 0 °C y su punto de ebullición inferior o igual a 35 °C.

## 22.2. Precauciones de manejo de los productos para piscinas.

A continuación se dan una serie de consejos que el cuidador de piscinas debe tener en cuenta cuando maneje los productos que utiliza para el tratamiento del agua del vaso y limpieza.

- Por su seguridad y la de los usuarios, emplee siempre productos de reconocida calidad y debidamente etiquetados.
- Utilice siempre los productos a las dosis indicadas por el fabricante y siga sus recomendaciones de uso.
- Guarde los productos en sus propios envases y cierre los bien.
- Nunca trasvase productos de sus envases originales a otros recipientes para proceder a su almacenamiento.
- Deposite los productos en almacenes con llave, bien ventilados, frescos y secos.
- Nunca almacene los productos con alimentos o sobre materiales sensibles a la corrosión.
- Nunca mezcle productos entre sí, ni aunque sean del mismo tipo (albicidas, desinfectantes, etc.).
- No almacene los productos junto con otros inflamables o explosivos (pinturas, disolventes, papeles, etc.).
- Nunca vierta agua sobre los productos, siempre el producto sobre el agua y agitando.
- Evite las salpicaduras sobre los ojos y la piel. Utilice ropa exclusiva y guantes y gafas protectoras.
- Si se han producido salpicaduras, lave inmediatamente con abundante agua. Consulte al médico e indíquelo el nombre del producto.

## CAPITULO V. CIRCULACION Y FILTRACION.

### 23. CIRCULACION DEL AGUA DEL VASO.

La recirculación del agua consiste en hacer pasar ésta por un circuito cerrado en el que se efectúa su tratamiento (filtración 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.

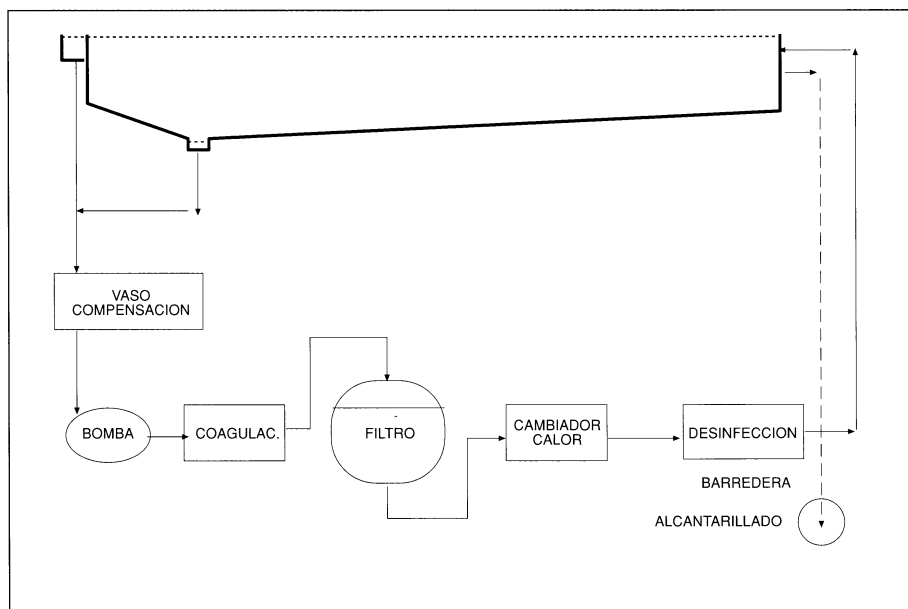
La recirculación adecuada del agua es fundamental para:

- 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.

#### 23.1. Circuito del agua.

El agua que se recoge por la superficie de lámina a través de los esqui-mers (rebosaderos discontinuos) o del rebosadero continuo, pasa a un depósito que sirve para la aspiración de las bombas de circulación del circuito de regeneración. Antes de la entrada a las bombas, se instalan unos filtros o tamices, para eliminar las sustancias gruesas (cabellos, hojas, etc.) que pudiera llevar el agua y que pueden afectar al funcionamiento de la bomba. Estos filtros son móviles y de acceso y limpieza fáciles.

En el esquema siguiente podemos observar el circuito de circulación del agua y la situación de los diferentes elementos que intervienen en el tratamiento.



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 eskimers y por desagüe de fondo.
2. Retención de sustancias grandes (hojas, cabellos....) en los filtros de gruesos (cestillos de los eskimers....).
3. Paso del agua al vaso de compensación en las piscinas con rebosaderos continuos perimetrales.
4. Sistema de coagulación automático, que inyecta el producto coagulante en forma continua.
5. Filtración del agua para retener las partículas finas.
6. Sistema de calentamiento del agua.
7. Dosificación de desinfectante y ajuste del pH.
8. Retorno del agua tratada al vaso de la piscina.

El Reglamento de piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia obliga a que cada vaso de la instalación posea sus propios dispositivos de alimentación y evacuación de agua, así como también sistemas independientes de tratamiento del agua.

## 23.2. Formas de recirculación del agua del vaso.

- 1 Inversa: después de que el agua ha sido tratada es introducida al vaso por impulsores situados en el fondo del mismo, de modo que la circulación del agua se produce de abajo arriba y la recogida se realiza solamente por los esquimers o rebosadero continuo. Tiene la ventaja de que se fuerza la salida del agua superficial hacia el tratamiento, pero tiene el inconveniente de que los depósitos del fondo no se eliminan adecuadamente.
- 2 Mixta: el agua de retorno al vaso se realiza a través de impulsores situados en las paredes del mismo, y su recogida se realiza por los eskimer o rebosadero y desagüe de fondo. Tiene la ventaja de que se elimina el agua de la lámina superficial y los depósitos del fondo. El inconveniente es que este tipo de circulación es más difícil de controlar. La eliminación del agua de superficie debe ser al menos el 50% de la total recirculada. Es el sistema más adecuado, ya que toma el agua de la superficie y del fondo.
- 3 Tradicional: el retorno del agua tratada se efectúa en la pared menos profunda, y la recogida se realiza solamente por el desagüe de fondo, en fuerte depresión. Este sistema es el menos aconsejable ya que no permite la recirculación del agua superficial, donde se acumula la mayor parte de la contaminación y, además, no está permitido por la Reglamentación de piscinas de uso colectivo.

## 24. FILTRACION.

La filtración tiene como finalidad eliminar las sustancias en suspensión contenidas en el agua de baño. Para ello, se hace pasar ésta por unos filtros, generalmente de sílice, que retienen las materias en suspensión. El agua ya filtrada se introduce de nuevo en el vaso de la piscina.

Los objetivos de la filtración son:

- Obtener un agua más clara y transparente.
- Eliminar la materia orgánica.
- Retener las sustancias coloidales.

Para la filtración pueden utilizarse diversos tipos de filtros:

- Filtros de arena.
- Filtros de diatomeas.
- Filtros de cartuchos.

Para obtener agua perfectamente clara después de la filtración, conviene añadir un coagulante para coagular las materias coloidales en suspensión, que quedarán retenidas en la parte superior del filtro, mientras que si no se utilizara éste, la materia coloidal atravesaría el filtro sin quedar retenida. Además, el empleo de coagulantes hace que se consuma menos desinfectante (cloro, en la mayoría de los casos), ya que éste se combina con las materias en suspensión que no son retenidas por el filtro y al mismo tiempo se produce una concentración menor de cloruro y se originan menos compuestos orgánicos, siempre indeseables.

### **24.1. Filtros de cartucho.**

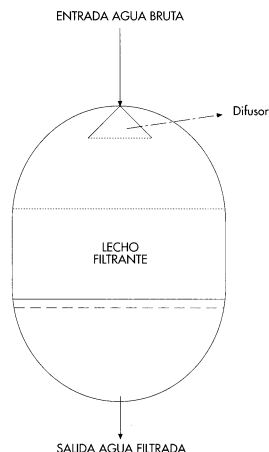
Son filtros que trabajan a presión y utilizan cartuchos de celulosa o fibra sintética. Se limpian con agua a presión hasta que su deterioro exige su sustitución por otros nuevos. No se emplean coagulantes para este tipo de filtros. Sólo se utilizan para piscinas privadas.

### **24.2. Filtros de diatomeas.**

Las diatomeas son los esqueletos microscópicos silíceos de plancton o algas unicelulares. Los filtros de diatomeas producen un agua muy clara, siempre que la velocidad de filtración sea de unos  $4-6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ . Un inconveniente de este tipo de filtros es que se producen atascamientos cuando empiezan a aparecer en la piscina algas microscópicas (plancton). Al mismo tiempo, se debe proceder a la reposición de las diatomeas cuando las condiciones de explotación son difíciles, frecuentación elevada, plancton, etc., lo que encarece dicha explotación. El tamaño de partículas retenidas es de  $1-5 \mu$ . No se deben utilizar floculantes, pues originarían una rápida colmatación del filtro.

### **24.3. Filtros de arena.**

Los más usuales consisten en cilindros cerrados de poliéster o acero que llevan en su interior una columna de arena de sílice (lecho filtrante). Estos filtros trabajan a presión y el agua entra por la parte superior, pasa a través del lecho filtrante donde quedan retenidas las partículas, y es evacuada por la parte inferior.



Los filtros de arena trabajan a velocidades de filtración comprendidas entre  $5-40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  y utilizan arena de fina granulometría. El lavado del filtro se efectúa a contracorriente, eliminando el agua de lavado. El tamaño de partículas retenidas es de  $20-30 \mu$ .

Normalmente, los filtros instalados en las piscinas públicas son de arena con granulometría adecuada.

En la tabla siguiente podemos comparar los distintos tipos de filtros y sus características.

	<b>ARENA</b>	<b>DIATOMEAS</b>	<b>CARTUCHOS</b>
Coste instalación	Medio	Alto	Bajo
Coste mantenimiento carga buen funcionamiento	Bajo	Medio	Muy alto
Facilidad operación	Fácil	Complicado	Consumo tiempo
Contralavados	Si	Si	No
Pérdida agua contralavado	$0'5-1'5 \text{ m}^3$		Ninguna
Caudal de contralavado	$0'5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de superficie de filtración	$0'05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de superficie de filtración	Ninguna
Calidad filtración	$30-80 \mu$ (dependiendo de la velocidad de filtración)	$4-6 \mu$	$15-25 \mu$
Caudal operativo	$5-30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (velocidad filtración lenta) $30-60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (velocidad filtración rápida)	$4-6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$



### 24.3.1. Lechos filtrantes.

En la tabla siguiente se observan los parámetros de los distintos tipos de lechos filtrantes de arena y sus correspondientes parámetros de trabajo.

PARAMETRO	FILTRO ABIERTO	PRESION Y VELOCIDAD LENTAS	PRESION Y VELOCIDAD RÁPIDA
Velocidad filtración	$\leq 8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$\leq 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$\leq 60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
Velocidad lavado	$\geq 20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$\geq 40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (agua) $\geq 20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (agua) + $\geq 50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (aire)	$\geq 40$ $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (agua)
Lavados	Agua + floculante	Agua + floculante Agua+aire+floculante	Agua + floculante
Espesor lecho filtrante	$> 0'6 \text{ m.}$	$> 0'6 \text{ m.}$	$> 0'6 \text{ m.}$
Granulometria sílice	$0'5\text{-}0'9 \text{ mm.}$	$0'9\text{-}1'3 \text{ mm.}$	$0'4\text{-}0'6 \text{ mm.}$
Utilización	No adecuado pisc. públ.	Adecuado piscina pública	No recomendado piscinas públicas

Existen otros tipos de lechos filtrantes llamados bicapa, que se componen de arena silíceo y antracita. La máxima eficacia de este tipo de filtros se obtiene cuando la relación entre la granulometría de los materiales filtrantes se aproxima a 2. La antracita es menos densa que el sílex, y por tanto, ocupa la parte superior del lecho filtrante. Para que el filtro sea efectivo, la antracita debe tener una granulometría de tamaño superior al sílex, de modo que las partículas gruesas queden retenidas en la parte superior y la filtración se realice en profundidad.

Estos filtros bicapa son adecuados para todas las piscinas y se recomienda, en general, que se laven con agua y aire.

### 24.3.2. Lavado de filtros.

Después del lavado del filtro, el enturbiamiento del agua filtrada disminuye paulatinamente (etapa de maduración), hasta que llega un momento en que la turbidez se estabiliza. Este es el periodo de normal funcionamiento del filtro. Posteriormente, se produce un aumento de turbidez y una pérdida importante de caudal. Es el periodo de colmatación del filtro, que se puede controlar por las diferencias de lecturas entre los manómetros de entrada y salida del agua de los filtros.

Para eliminar las partículas retenidas en el filtro es necesario proceder a su lavado. Este se realiza a contracorriente con agua del vaso de la piscina, eliminando el agua de lavado al alcantarillado. El tiempo de lavado suele ser de unos minutos y termina cuando el agua de lavado salga limpia.

Para realizar el lavado de los filtros bicapa se debe proceder de la siguiente manera:

1. *Vaciado parcial del agua del filtro:* se hace descender el nivel del agua hasta aproximadamente unos 2 cm. por encima del lecho de antracita.
2. *Lavado con aire:* se introduce el aire a contracorriente, con el fin de soltar las partículas orgánicas retenidas entre los granos del lecho.
3. *Lavado con agua y reclasificación de los lechos filtrantes:* se introduce el agua a contracorriente para arrastrar la materia en suspensión. El caudal de agua de lavado debe ser el necesario para producir una expansión del lecho de un 15%.
4. *Llenado:* finalizada la fase anterior se procede a llenar el filtro, que queda dispuesto para empezar a trabajar.

El lavado de los filtros monocapa se realiza de manera semejante al de los bicapa.

#### **24.4. Velocidad de filtración.**

Se define como la relación existente entre el caudal de agua ( $m^3/h$ ) que pasa por el filtro y la superficie filtrante ( $m^2$ ). La expresión matemática es la siguiente:

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

Como hemos visto, la velocidad de filtración depende del tipo de filtro (arena, diatomeas o cartucho) y de la estructura del mismo (filtros de velocidad lenta o rápida). Los filtros de arena de velocidad lenta ( $5-30 m^3/h/m^2$ ) consiguen retener partículas de menor tamaño ( $30-40 \mu$ ) que los de velocidad rápida ( $30-60 m^3/h/m^2$ ), cuyas partículas tienen un tamaño mayor ( $40-80 \mu$ ).

Conociendo una serie de parámetros de la piscina podríamos calcular fácilmente el tamaño de filtro que habría que instalar. Así por ejem-

plo, supongamos que tenemos una piscina con los siguientes datos conocidos y vamos a calcular cuál es el tamaño de filtro que hay que colocar en esa instalación:

- Superficie de lámina de agua:  $25 \text{ m} \times 12'5 \text{ m} = 312'5 \text{ m}^2$
- Profundidad:  $1'7 \text{ m}$
- Volumen:  $531'25 \text{ m}^3$
- Tiempo de recirculación:  $4 \text{ h}$ .
- Velocidad de filtración:  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  (Aconsejada)

Con estos valores determinamos el caudal/hora que deberán soportar los filtros:

$$Q = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo (h)}} = \frac{531'25}{4} = 132'8 \text{ m}^3/\text{h} \cong 133 \text{ m}^3/\text{h}$$

A este valor habrá que sumarle el 5% ( $7 \text{ m}^3$ ), correspondiente al caudal de circulación y renovación (vaso de compensación).

Relacionando el caudal con la velocidad de filtración, obtendremos la superficie necesaria de filtración:

$$S = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{h)}}{V \text{ (m}^3/\text{h}/\text{m}^2)} = \frac{133 + 7}{30} = 4'67 \text{ m}^2$$

Si se instalan dos filtros, cada uno deberá tener una superficie de filtración de  $2'34 \text{ m}^2$  ( $4'7/2$ ), por lo que el radio de los mismos deberá ser:

$$\text{Como, } S = \pi r^2 = 2'34 \text{ m}^2 ; r^2 = \frac{2'34}{3'14} = 0'75$$

Resulta:  $r = 0'86 \text{ m}$ , y el diámetro del filtro será, por tanto, de  $1'74 \text{ m}$ . Buscando estos diámetros de filtros en los catálogos de fabricantes, y para la velocidad de filtración escogida, los filtros adecuados serán de  $1'8 \text{ m}$ . de diámetro.

## 25. PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE BAÑO.

Una vez realizada la filtración y desinfección del agua de baño, obtendremos un agua de calidad sanitaria adecuada. Para conocer la calidad de ese agua podemos ayudarnos de ciertos parámetros que nos indicarán la bondad del agua tratada.

El agua de llenado y renovación de los vasos deberá proceder de la red general de abastecimiento de agua potable, siendo preceptivo la autorización previa de la D. G. de Salud para utilizar agua de otro origen (pozo, río, etc.). Preferentemente deberemos utilizar agua procedente de la red general de abastecimiento, ya que, en principio, será un agua de mayor calidad que otras.

En el anexo I, vienen recogidos los diferentes parámetros de calidad del agua así como sus valores guía y límites según el Reglamento sobre condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia. Podemos dividir los diferentes parámetros en los siguientes grupos:

### Indicadores de la eficacia del tratamiento y la depuración:

- Turbidez.
- Espuma, grasas y materias extrañas.
- pH
- Cloro residual libre.
- Cloro residual combinado.
- Amoníaco.
- Materia orgánica (oxidabilidad).
- Parámetros microbiológicos.

### Indicadores de la calidad de llenado y vaso:

Un incremento de estos parámetros sobre el contenido inicial en el agua del vaso es atribuible a la contaminación aportada por los bañistas. Un valor excesivamente alto, respecto al agua de llenado, significará un recambio insuficiente del agua del vaso. Estos parámetros son:

- Conductividad iónica.
- Oxidabilidad.
- Nitratos.

### Indicadores tóxicos o irritantes:

- Acido cianúrico.
- Ozono.
- Cu, Al, Ag y Fe.

Vamos a ver sucintamente el significado de cada uno de los parámetros de calidad del agua de baño:

- Olor: el agua debe ser inodora, o en su caso, presentar ligero olor a las sustancias aportadas en el tratamiento.
- Turbidez: procede de los sólidos disueltos o en suspensión. Es un parámetro significativo de contaminación por sustancias extrañas y constituye un nutriente y receptáculo para formas microbiológicas indeseables, además de un obstáculo para la acción del desinfectante.
- pH: mide la acidez o basicidad del agua. Su valor debe estar comprendido entre 7-8'2 como valores extremos, y 7'2-7'6 como valores guía.
- Conductividad: depende de los iones presentes en el agua. Un aumento sobre el valor de este parámetro en el agua de llenado indica un insuficiente aporte de agua nueva al vaso (agua renovada).
- Oxidabilidad: es una medida indirecta del grado de contaminación del agua, ya que indica la presencia de sustancias reductoras y materia orgánica. Un incremento elevado sobre el agua de llenado indicaría insuficiente renovación de la misma.
- Nitratos: proceden del agua de llenado del vaso y de la oxidación de las sustancias orgánicas nitrogenadas aportadas por los bañistas. Contenidos altos de nitratos en el agua del vaso favorecen la presencia de algas. Un incremento elevado sobre el agua de llenado indicaría insuficiente renovación de la misma.
- Amoniaco: se halla presente en el vaso por descomposición de la materia orgánica aportada por los bañistas (urea, proteínas y aminoácidos), procedente del agua de alimentación, etc.
- Acido cianúrico: es el resultado de la adición al agua de derivados orgánicos clorados.

- Tensioactivos catiónicos: proceden de la adicción al agua de productos algicidas que los contienen. El análisis de estas sustancias es dificultoso, por lo que la determinación del cloro combinado nos orienta en la necesidad de realizar una determinación específica de los mismos.
- Cu, Al y Fe: provienen de la adicción al agua de flocculantes o algicidas que los contienen.
- Ag: provienen de la utilización de procedimientos electrofísicos para la desinfección del agua de baño.
- Aerobios totales: es un indicador microbiológico primario, y nos da idea de la eficacia de la desinfección.
- Coliformes totales y fecales: son bacterias indicadoras de contaminación fecal reciente.
- Streptococos fecales: son bacterias indicadoras de contaminación fecal algo más antigua.
- Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa: son microorganismos que están relacionados con la mayoría de las infecciones de piel, mucosas y oídos.

## **CAPITULO VI. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y DE SEGURIDAD.**

Vamos a estudiar cómo deben ser las instalaciones de piscinas de uso colectivo según el Reglamento de Piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia desde el punto de vista constructivo y de seguridad. Para ello, haremos varios apartados para mejor comprensión de estas instalaciones:

- Vestuarios y enfermería.
- Zona de estancia de bañistas.
- Vaso y elementos complementarios.
- Maquinaria y almacén de productos.

### **26. VESTUARIOS Y ENFERMERIA.**

-Tamaño de los vestuarios: los vestuarios de una piscina deben estar dimensionados según el aforo máximo de la instalación. Este viene deter-

minado por la suma de las superficies de lámina de agua de los vasos, de tal modo que en las descubiertas será de 3 personas/2 m<sup>2</sup> de superficie de lámina, y en las cubiertas 1 persona/m<sup>2</sup>. En las piscinas cubiertas los vestuarios tendrán una superficie adecuada para que puedan ocuparlos 1/4 del aforo máximo y en las descubiertas 1/6 de dicho aforo, debiendo disponer en ambos casos de 1 m<sup>2</sup> por persona. En los vestuarios existirá separación de sexos.

-Acceso a vestuarios: los vestuarios constarán con dos accesos o circuitos independientes, uno para personas calzadas y vestidas con traje de calle y otro para descalzos o con chanclas y en traje de baño.

-Materiales y recubrimientos: los materiales de construcción y los recubrimientos de los paramentos verticales y horizontales serán impermeables, sin ángulos ni aristas vivas, y de fácil limpieza y desinfección. Los suelos serán antideslizantes. La zona de duchas de vestuarios estará provista de sistemas de drenaje.

-Duchas y retretes: los vestuarios dispondrán como mínimo, y por cada 25 personas de aforo máximo de un retrete, con un mínimo de dos. Los retretes se repartirán a partes iguales entre hombres y mujeres, pudiendo sustituirse en el caso de los hombres por urinarios hasta el 50% de retretes.

Los vestuarios dispondrán, como mínimo, de una ducha por cada 40 personas de aforo máximo. Las duchas de piscinas cubiertas dispondrán de agua caliente. Los lavabos poseerán jabón líquido y toallas de un solo uso o secadores de manos por aire.

-Enfermería: la instalación estará dotada de un local de uso exclusivo para la prestación de los primeros auxilios dotado con camilla basculante, sistema de respiración portátil y botiquín con los medicamentos indicados en el Reglamento. Tendrá también agua corriente y lavabo. Deberá existir en la misma un cartel con instrucciones de primera asistencia a accidentados.

Durante el horario de apertura al público, las instalaciones dispondrán de un socorrista acreditado.

## 27. ZONA DE ESTANCIA DE BAÑISTAS.

-El paseo que rodea al vaso será de material higiénico, antideslizante e impermeable, con una anchura mínima de 1 m. y pendiente hacia el exterior del vaso. Para evitar encharcamientos dispondrá de drenaje.

-Cuando la zona de estancia sea de tierra, césped o arena deberá estar acotada y dispondrá de pediluvios con profundidad de 0'10 m., anchura mínima de 1 m. con fluido continuado de agua con poder desinfectante.

-Se podrá prescindir de los pediluvios cuando, estando la zona de césped acotada, se instalen túneles de duchas de acceso al paseo.

-En piscinas descubiertas se instalará un número de duchas igual al nº de escaleras de acceso al vaso. La plataforma de las mismas estará impermeabilizada e inclinada hacia el desagüe.

-En las cercanías de la zona de estancia existirán bocas de riego para realizar la limpieza de la zona de playa.

-En todos los vasos, y opcionalmente en los infantiles, deberán existir al menos dos flotadores salvavidas dotados de cuerdas, situados uno a cada lado del vaso.

-Los bares y chiringuitos se instalarán fuera de la zona de bañistas o con suficiente delimitación o separación del vaso.

## 28. VASO Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.

-Tipos de vasos:

-*Infantil o de chapoteo:* debe estar aislado del de adultos o al menos a 10 m. La profundidad máxima será de 0'4 m. y pendiente máxima del 6%.

-*De recreo o polivalentes:* profundidad mínima 1 m. con pendiente máxima del 6-10%, hasta 1'40 m, pudiendo aumentar a partir de este punto progresivamente. Profundidad máxima de 3 m.

-*Deportivos o de competición,* con las características determinadas por los organismos deportivos correspondientes.

-El revestimiento del vaso se realizará con materiales lisos, claros, de fácil limpieza y desinfección.



-El fondo del vaso tendrá una pendiente mínima del 2'5%, y máxima comprendida entre el 6-10%. en profundidades menores a 1'40 m. Para profundidades superiores no podrá ser mayor del 30%.

-Deberán señalizarse en las paredes del vaso y sobresalir de la superficie del agua: cambios de pendiente, profundidad máxima y mínima y 1'40 m.

-Los rebosaderos del vaso serán continuos en piscinas de nueva construcción.

-Existirán escaleras en los cuatro ángulos del vaso y en los cambios de pendiente, serán de materiales inoxidables y peldaños antideslizantes y deberán estar empotradas en su parte superior.

-Los toboganes, trampolines y palancas de saltos serán de material inoxidable y las escaleras de acceso estarán provistas de barandillas de seguridad.

-Los trampolines flexibles de más de 0'5 m. y palancas rígidas de más de 1 m. no se podrán emplear durante el uso recreativo de la instalación, debiendo acotarse en todo caso la zona de saltos.

-Las torres de saltos o trampolines de más de 3 m. estarán instaladas obligatoriamente en piscinas de saltos.

-Los toboganes estarán ubicados en vasos especiales o zonas acotadas en los vasos de recreo o natación.

## **29. MAQUINARIA Y ALMACEN DE PRODUCTOS.**

-El agua de llenado y renovación de los vasos, así como la de los servicios complementarios, deberá proceder preferentemente de la red general de abastecimiento de agua potable. En caso contrario, necesitará autorización previa de la D. G. de Salud para su uso.

-Cada vaso dispondrá de sus propios dispositivos de alimentación y evacuación independientes de los otros vasos.

-Cada vaso dispondrá de su sistema de depuración y dosificación de desinfectante independiente.

-El tiempo de recirculación (depuración) de toda la masa de agua no podrá exceder de los siguientes periodos de tiempo:

- Vaso de chapoteo: 1 h.
- Vasos de profundidad <1'5 m.: 2 h.
- Vasos de profundidad >1'5 m.: 4 h.
- Vasos deportivos: 8 h.

-El sistema de depuración deberá estar dimensionado de modo que se produzca la recirculación de agua de los vasos, al menos en los tiempos previstos anteriormente, según el tipo de vaso.

-El sistema de depuración deberá permanecer en funcionamiento mientras que la piscina permanezca abierta al público.

-Se instalarán dos contadores de agua (caudalímetros), uno a la entrada de alimentación al vaso y otro después del sistema de depuración. El sistema de fontanería deberá ser tal que se pueda proceder a la retirada de los caudalímetros cuando se estropeen para efectuar su reparación, sin tener que vaciar el vaso de la piscina.

-La sala de máquinas y almacén de reactivos deberán poseer ventilación para eliminar los vapores generados por los productos químicos y evitar así el riesgo de accidentes de los encargados.

-Los productos utilizados en el tratamiento del agua deberán ser los legalmente autorizados. De cualquier modo, se aconseja la utilización de productos de casas comerciales de reconocido prestigio.

-Los almacenes de productos deberán ser inaccesibles al público y deberán estar dotados de puertas con cerradura y estarán ventilados.

## CAPITULO VII

### ASPECTOS ADMINISTRATIVOS, RECOMENDACIONES Y OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS RELACIONADAS CON PISCINAS

#### 30. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.

-La construcción, ampliación o reforma de piscinas de uso colectivo requerirá autorización administrativa por parte del Ayuntamiento correspondiente.

-Previo a la autorización, la Dirección General de Salud, deberá emitir el correspondiente Informe Sanitario, que será vinculante en caso de ser negativo.

-Para la emisión del Informe Sanitario, los Ayuntamientos enviarán a la Dirección General de Salud un ejemplar del Proyecto a visar y la documentación complementaria necesaria para proceder a la emisión de dicho informe. Este deberá ser emitido antes de un mes contado a partir del día siguiente al que se reciba en la Dirección General de Salud, el Proyecto y documentación.

-Para la concesión de la licencia de apertura o reapertura por parte del Ayuntamiento, será necesario el Informe Sanitario previo de la Dirección General de Salud, que será vinculante en caso de que fuera negativo.

-Sin menoscabo de las competencias de inspección reconocidas a las Corporaciones Locales, los técnicos de la Dirección General de Salud realizarán las visitas de control necesarias para vigilar el cumplimiento de las condiciones técnico-sanitarias de las instalaciones, que deberán quedar reflejadas en el Libro Oficial, del que existirá uno para cada vaso de la instalación.

-Para cada vaso de la instalación deberá existir un Libro de Registro Oficial, que será diligenciado por los Servicios correspondientes de la Dirección General de Salud.

-Si se utilizara para llenar el vaso de la piscina o para uso de las instalaciones agua no procedente de la red general de abastecimiento, será necesario solicitar la autorización de uso a la Dirección General de Salud

## **31. RECOMENDACIONES Y OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS RELACIONADAS CON LAS PISCINAS.**

### **31.1. Usuarios.**

-Deberán mantener en buen estado de uso y limpieza, los servicios e instalaciones a las que tienen acceso.

-Deberán ducharse antes de la inmersión en el agua de baño, especialmente si han empleado protectores solares, y utilizar los túneles de duchas o pediluvios cuando accedan al paseo desde la zona de césped.

-Evitarán orinar en el agua de baño, ya que la orina forma con el cloro, cloraminas, sustancias irritantes de ojos y mucosas y disminuidoras de la eficacia del desinfectante.

-No se debe correr alrededor de la piscina, ya que los resbalones pueden resultar peligrosos.

-Hay que tomar precauciones al lanzarse de cabeza, tirarse del trampolín, etc., ya que puede haber algún bañista sumergido y producirse un accidente.

-No se deberán bañar si no han transcurrido al menos dos horas después de haber comido.

-Debe tomarse el sol progresivamente, para evitar quemaduras y se emplearán camisetas, gorros y protectores solares, especialmente en los niños.

-Se recomienda el uso del gorro de baño en las piscinas descubiertas, siendo obligatorio en las cubiertas.

-Se deben utilizar zapatillas de baño en locales destinados a vestuarios y aseos.

-Está prohibido beber y comer en zona de playa, debiendo utilizar las papeleras y ceniceros distribuidos por la instalación para tirar los desperdicios.

-Está prohibido fumar en las piscinas cubiertas.

-No se puede entrar vestido con ropa y calzado de calle a la zona de baño.

-Está terminantemente prohibida la entrada de animales a las instalaciones.

### **31.2. Personal encargado.**

-EL personal de la instalación cuidará de mantener en adecuado estado de higiene y limpieza todas las dependencias de la misma, especialmente las zonas más delicadas desde el punto de vista higiénico, como son zonas húmedas de duchas y vestuarios, paseo que rodea al vaso, etc., así como cuidar y mantener que el agua de baño reúna las debidas condiciones higiénicas.

-Velará y cuidará que los bañistas observen las debidas conductas higiénicas y de respeto hacia los demás usuarios.

-El encargado del mantenimiento deberá estar provisto de los reactivos necesarios y en buenas condiciones de uso para realizar tres veces al día, por la mañana, en el momento de máxima concurrencia y por la tarde, las determinaciones siguientes del agua del vaso:

- Cloro residual libre.
- Cloro residual combinado.
- pH
- Turbidez.

-Además cumplimentará diariamente los datos especificados en las hojas dedicadas al efecto del Libro Oficial, anotando en el mismo aquellas incidencias de interés sanitario que se produjeran (rotura de caudalímetros, adicción de algicidas, lavado de filtros, etc.).

-El socorrista deberá permanecer en la instalación mientras que ésta permanezca abierta al público, y estará encargado del mantenimiento de las adecuadas condiciones del local de enfermería y del material y medicamentos de la misma.

### **31.3. Servicios de inspección.**

-Los Servicios de Inspección de la D. G. de Salud emitirán los Informes Sanitarios de los Proyectos de ampliación, reforma o nueva construcción de las piscinas de uso colectivo de la Región de Murcia.

-Procederán a emitir los Informes Sanitarios previos a la apertura o reapertura de las instalaciones para cada temporada de baño.

-Controlarán y vigilarán, durante la temporada de baños, las condiciones higiénico-sanitarias de las instalaciones.

-Informarán y asesorarán a las personas e instituciones interesadas sobre las condiciones técnico-sanitarias que deben reunir las piscinas de uso colectivo.

ANEXO I

	PARAMETROS	VALOR GUIA	VALOR LIMITE
SOCIOLOGICO	Olor	Ausencia	Ligero olor característico del sistema de tratamiento
	Turbidez	-	Visibilidad perfecta de las marcas en fondo en zona más profunda
	Espuma permanente, grasas y materias extrañas	-	Ausencia
FISICO / QUIMICOS	pH (unidades de pH)	7,2 - 7,6	7 - 8,2
	Cloro residual libre (mg./l) (1)	-	0,6 - 1,2 con pH 7 - 7,6; 0,8 - 1,4 con pH 7,6 - 8,2
	Cloro residual combinado (mg./l)	-	Cl <sub>2</sub> 0,3 mg./l con pH 7 - 7,6; Cl <sub>2</sub> 0,5 mg./l con pH 7,6 - 8,2
	Bromo residual libre (mg./l)	-	0,8 - 2 con pH 7,8 - 8,2
	Turbidez nefelométrica (UNT)	≤ 1 UNT	2 UNT
	Conductividad μS/cm. -1	Incremento menor de 500 respecto al agua de llenado y renovación	Incremento menor a 1.000 respecto del agua de llenado y renovación
	Oxidabilidad Mn O <sub>4</sub> K mg./l O <sub>2</sub>	-	Incremento ≤ 4 mg./l sobre el agua de llenado y renovación
	Nitratos (mg./l NO <sub>3</sub> )	-	Incremento ≤ 10 mg./l respecto del agua de llenado y renovación
	Amoniaco (mg./l NH <sub>4</sub> )	0,5	1 - 2
	Acido Cianúrico (mg./l)	-	75
	Ozono (mg./l)	Ausencia	0,01
	Tensioactivos catiónicos (sales amón. cuat.) (mg./l)	-	≤ 5
	Cu (mg/l)	-	1,5
	Al (mg/l)	0,1	0,5
	Ag (μg/l)	0,1	10
	Fe (mg/l)	-	0,3 o menor
	Sustancias Tóxicas y/o irritantes	-	Concentración no nociva para la salud
MICROBIOLOGICOS	Aerobios totales (24 h. 37° C) (U.F.C./ml)	-	100
	Coliformes totales (U.F.C./100 ml)	Ausencia	10
	Coliformes fecales (U.F.C./100 ml)	Ausencia	Ausencia
	Estreptococos fecales (U.F.C./100 ml)	-	10
	Staphilococcus aureus (U.F.C./100 ml)	-	Ausencia
	Pseudomonas aeruginosa (U.F.C./100 ml)	-	Ausencia
	Otros microorganismos y parásitos patógenos/l	-	Ausencia
	Algas, larvas u organismos vivos de cual. tipo	-	Ausencia
	Recuento e identificación de mohos y levaduras patógenos en superficies húmedas	-	Ausencia

(1) Cuando el tratamiento con cloro sea sólo complementario de otros tratamientos (físicos, mecánicos o químicos), los intervalos límite se reducirán en dos décimas, en general. En piscinas cubiertas y de competición, los valores de cloro residual libre se reducirán al límite inferior y el valor de cloro residual combinado será 0,15 mg/l.

# DIAGRAMA DE TAYLOR

