

Aspectos generales de la desinfección del agua de piscinas mediante cloro

Los principales agentes derivados del cloro empleados en la desinfección del agua de piscinas son hipoclorito sódico, ácido tricloroisocianúrico (ATCC) y cloro generado *in situ* mediante electrólisis salina. El artículo expone el análisis de las ventajas e inconvenientes de los tres tratamientos. A su vez, se ha efectuado un estudio comparativo de costes (€/mes) de utilización de hipoclorito sódico, ácido tricloroisocianúrico y electrolizador salino.

Texto: **Elena Simón Gaudó**, técnico de I+T de Ercros y **Francisco Andrés Gracia Gorría**, técnico coordinador de I+T de Ercros

Fotografías: **Oriol Conesa**

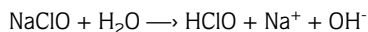
El cloro, en sus distintas formas de uso, es el agente más empleado en la desinfección del agua de piscinas. El verdadero agente desinfectante del agua es el ácido hipocloroso, HClO, que es capaz de destruir bacterias, virus, algas y otros microorganismos.

Las fuentes de ácido hipocloroso más empleadas son tres: el hipoclorito sódico, el ácido tricloroisocianúrico (ATCC) y el cloro generado *in situ* mediante electrólisis salina. También puede emplearse el cloro gas, licuado bajo presión en botellas, pero los riesgos que entraña su manejo hacen que vaya disminuyendo uso y ya no se instala en piscinas de nueva construcción, por lo que no será tratado en este artículo.

Las características de cada una de estas fuentes de cloro, y los mecanismos de formación del ácido hipocloroso, en cada caso, son los siguientes:

Hipoclorito sódico

Este compuesto se presenta en disolución acuosa, normalmente con un contenido de entre un 5 y un 15% de cloro, de color amarillo suave, con olor clásico a lejía y tacto jabonoso. La disolución de este compuesto en el agua produce ácido hipocloroso, de acuerdo con la reacción química:



El tratamiento con hipoclorito sódico es ampliamente usado en piscinas, principalmente por su bajo coste.

Para que una piscina tratada con hipoclorito sódico trabaje correctamente, el valor del pH de la piscina es crítico. Se recomienda que el pH se mantenga entre 7,2 y 7,8 para que la desinfección sea efectiva. Por ello, se requiere una dosificación de un ácido, normalmente bisulfito sódico o ácido clorhídrico, para contrarrestar la tendencia a subir el pH.

La estabilidad del hipoclorito sódico concentrado es baja –unos 100 días de vida media– y requiere un volumen de almacenaje mayor que las otras alternati-



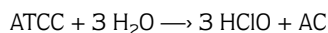
vas. Es por ello que es frecuente su utilización en piscinas de mayor volumen que permiten una optimización de su logística.

Ácido tricloroisocianúrico

El ácido tricloroisocianúrico (ATCC) es un sólido que contiene un 90% de cloro activo. La hidrólisis de este compuesto, gene-

El tratamiento con ATCC ofrece a los clientes un mejor manejo y facilidad de dosificación. Como se dosifica en forma de tableta, la formulación de esta suele contener, además de cloro, compuestos algicidas, floculantes, bactericidas, estabilizantes, etc. Así, el volumen de almacenamiento de desinfectante se reduce sensiblemente y en general aumenta la seguridad

ralmente dosificado en forma de tabletas, produce ácido hipocloroso y ácido cianúrico (AC), según la siguiente reacción química:



La limitada solubilidad del ATCC hace que la tableta vaya liberando el ácido hipocloroso de forma progresiva, manteniendo siempre un nivel de cloro activo adecuado en el agua.

El pH del agua no se modifica apenas, por lo que no es necesario añadir ningún corrector de pH en la piscina.

Al ser un compuesto sólido, el tratamiento con ATCC ofrece a los clientes un mejor manejo y facilidad de dosificación. Como se dosifica en forma de tableta, la formulación de ésta suele contener, además de cloro, compuestos algicidas, floculantes, bactericidas, estabilizantes, etc. Además, el volumen de almacenamiento de desinfectante se reduce sensiblemente y en general aumenta la seguridad.

Por otro lado, el ácido cianúrico generado es un agente estabilizador del ácido hipocloroso, ya que actúa como filtro para la luz solar y previene su descomposición por acción de los rayos ultravioleta. Por este motivo, este tratamiento es especialmente adecuado en piscinas al aire libre.

Sin embargo, niveles excesivos de ácido cianúrico retardan la actividad bactericida del cloro, lo que obliga a una purga sistemática del agua de la piscina.

Electrólisis de cloruro sódico

Otra de las formas de suministrar cloro a una piscina es generar cloro in situ mediante un pequeño electrolizador, utilizando como materia prima cloruro sódico (sal común). El cloro generado en el ánodo es inestable en el rango del pH típico del agua de una piscina (7,0- 8,0) transformándose en ácido hipocloroso/hipoclorito. En el cátodo se produce hidrógeno, por reducción del ión H⁺ del agua. En el seno de la disolución quedan iones Na⁺ y OH⁻. Todos los iones se recombinan para producir ácido hipocloroso, el verdadero agente desinfectante.

El electrolizador salino tiene la ventaja del bajo coste de transporte, almacenamiento y gestión, comparado, sobre todo, con el del hipoclorito sódico comercial.

Además, el cloruro sódico trabaja en un ciclo cerrado, ya que el ácido hipocloroso, una vez que ha reaccionado con la materia orgánica y con los patógenos para destruirlos, vuelve a convertirse en cloruro,

mientras el sodio permanece disuelto sin intervenir en ninguna reacción.

Este sistema no es válido para piscinas muy grandes, de más de 200 m³. Por otro lado, el electrolizador debe estar perfectamente diseñado para el tamaño de la piscina. Su mayor inconveniente es que conlleva el riesgo de la generación de hidrógeno, gas altamente explosivo que necesita ser venteadado de forma segura.

La concentración óptima de sal en el agua es de 1,5 a 3 gramos/litro, lo cual proporciona un ligero sabor salado al agua de la piscina.

Aspectos económicos

Con el fin de realizar una comparación de costes de explotación de los tres tratamientos de desinfección de piscinas anteriormente expuestos, se ha elegido una piscina de 500 m³, con una afluencia de 500 bañistas al día y un consumo de cloro estimado de 4,5 Kg/día.

En la **tabla 1** aparece el estudio comparativo de los tres tratamientos.



El tratamiento que utiliza un electrolizador salino es algo más caro que los otros dos (ATCC o hipoclorito sódico), principalmente debido al mantenimiento de la instalación (recambio de los electrodos y amortización del equipo).



Tabla 1. Aspectos económicos del tratamiento de aguas

	TOTAL (euros/mes)		
	ATCC	NaClO	Electrólisis
Materia Prima			
ATCC (4,9 Kg/día a 3 euros/Kg)	445		
Hipoclorito (90 Kg/día a 0,20 euros/Kg)		540	
NaCl (reposición electrólisis 75 Kg/día a 0,18 euros/Kg)			405
Electricidad (500 g cloro/hora Depuración 9 h/día Potencia 4 KW Coste 0,08 euros/KWH)			86
Mantenimiento de la instalación			
Amortización del electrolizador Coste equipo: 34.000 euros en 10 años			283
Recambio electrodos Coste 12.000 euros Duración 12.000 horas			274
Control de pH			
Trat. con hipoclorito (6,4 Kg/día a 0,35 euros/Kg)		67	
Trat. con electrólisis (3,2 Kg/día a 0,35 euros/Kg)			34
Coste de renovación del agua			
Trat. con ATCC (75 ppm AC) (37 m ³ /día a 1 euros/m ³)	1.097		
Trat. con hipoclorito (5% diario del volumen total) (25 m ³ /día a 1 euros/m ³)		750	
Trat. con electrólisis (5% diario del volumen total) (25 m ³ /día a 1 euros/m ³)			750
TOTAL (euros/MES)	1.543	1.357	1.832

El tratamiento con hipoclorito sódico es el más utilizado tradicionalmente, y resulta el más económico. No obstante, presenta ciertas complejidades para su manipulación y almacenamiento debido a su dilución y baja estabilidad, lo que hace que su utilización sea más adecuada en piscinas de mayor volumen



Para el caso del tratamiento con ATCC, se ha tenido en cuenta una renovación del agua de $37 \text{ m}^3/\text{día}$, necesaria para mantener un nivel de ácido cianúrico en el agua inferior a 75 mg/Kg , de acuerdo con lo que exige la normativa sobre piscinas públicas y de uso colectivo en España, que es de carácter autonómico, y por tanto, puede variar de una comunidad a otra.

Para el tratamiento con hipoclorito sódico o con electrolizador salino, se ha considerado una renovación diaria del agua de la piscina del 5% del volumen total de la misma ($25 \text{ m}^3/\text{día}$) para mantener, dentro de los límites legales, determinados parámetros (conductividad, pH, cloro total, turbidez, etc.). Esta renovación es la que se exige en la mayoría de las normativas autonómicas en España, excepto en algunas comunidades como Cataluña, Castilla la Mancha, Madrid o Navarra, donde no se especifica un volumen determinado de renovación pero se exige aportar agua nueva en cantidad suficiente, de manera que se garanticen los parámetros de calidad de la misma.

La aportación diaria de una cierta cantidad de cloruro sódico, en el caso del trata-

miento con electrolizador salino, se debe también a la renovación diaria del agua del vaso. Si no hubiese tal renovación, no sería necesario aportar sal nueva ya que el cloro se mantendría en un ciclo cerrado (HClO/Cl^-) en el que no habría consumo de sal.

No aparece ningún coste en el control del pH para el caso del tratamiento con ATCC, ya que no es necesario añadir ningún producto químico adicional corrector del pH, que es otra de las ventajas del tratamiento con este producto.

Conclusiones

El tratamiento con hipoclorito sódico es el más utilizado tradicionalmente, y resulta el más económico. No obstante, presenta

ciertas complejidades para su manipulación y almacenamiento debido a su dilución y baja estabilidad, lo que hace que su utilización sea más adecuada en piscinas de mayor volumen.

El tratamiento de generación de cloro *in situ* mediante electrólisis salina presenta como ventaja principal el no almacenamiento del desinfectante, puesto que el cloro se genera directamente para ser consumido en la piscina. Sin embargo, también es el más caro, debido principalmente a la amortización del equipo y al recambio de los electrodos. Además, puede entrañar riesgos de explosión si los diseños de la instalación son deficientes, al generarse hidrógeno gas en el cátodo.

El tratamiento de desinfección con ácido tricloroisocianúrico (ATCC) presenta varias ventajas. Por un lado, se destaca la facilidad de manejo, para cualquier usuario, tanto en piscinas públicas como en particulares, al ser un compuesto sólido, normalmente compactado en forma de tableta. Por otro lado, es un tratamiento bastante económico, ligeramente superior al del hipoclorito sódico, y entre un 15% y un 20% menor que la electrólisis



in situ. Tiene la importante ventaja de estabilizar la acción del cloro mediante el ácido cianúrico residual, que frena la acción destructora de los rayos ultravioletas. El único inconveniente de este sistema está relacionado con la obligada renovación del agua de la piscina para mantener un nivel adecuado de ácido cianúrico residual, que estabilice el cloro sin frenar su acción bactericida pero, tal y como se ha indicado en los puntos anteriores, se exige una renovación del agua en cualquiera de los desinfectantes utilizados, para garantizar que los parámetros de calidad de la piscina se mantienen dentro de los límites permitidos.

Para más información:

Ercros.S.A.

Avda Diagonal, nº 595

08014 (Barcelona)

Tel.: 934 393 009

Fax: 934 308 073

tratamientoaguas@ercros.es

www.ercros.es