



# SISTEMA DE GESTIÓN PISCINAS USO PÚBLICO “CISS-POOL”

## Descripción breve

Revisión de los beneficios del sistema de gestión de piscinas desarrollado por  
OXIDINE

**Fecha:** 26 de junio de 2023

José M. Vilela  
vilela@oxidine.net

## CONTEXTO

Estudios clínicos han demostrado que el ejercicio físico y el estado de la salud de las personas van de la mano. En los últimos años la esperanza de vida en España ha avanzado, en gran medida fruto de la concienciación de la necesidad del mantenimiento físico. En esta última actividad, el ejercicio en piscinas ha tenido y tiene una importancia fundamental y es por ello que el número de estas instalaciones en funcionamiento ha proliferado significativamente por todo el territorio nacional.

Relacionado con ello, cada una de estas piscinas necesitan de centenares o millares de metros cúbicos de agua y de miles de kWh anuales de energía y centenares de kilogramos de reactivos químicos para su mantenimiento en las condiciones higiénicas, microbiológicas y de confort necesarias para la inmersión de los usuarios en las condiciones de salud necesarias para el desempeño de la actividad. En consecuencia, los impactos en huella hídrica y de carbono de las múltiples piscinas en funcionamiento tiene una gran importancia relativa en los impactos asociados con las actividades humanas.

El uso habitual de las piscinas por parte de las personas conlleva una contaminación del agua: sudor, incontinencias, cremas corporales y microorganismos, así como otras sustancias segregadas por el cuerpo humano de los bañistas, hacen necesaria una depuración de la masa de agua de baño. En terminología química: urea y otros compuestos nitrogenados, materia orgánica y microorganismos han de mantenerse en niveles de concentración por debajo de los umbrales marcados por los estándares internacionales.

Además de la salud de los usuarios, la propia contaminación y los agentes químicos empleados habitualmente para combatirla pueden ocasionar otros efectos no deseados. La aparición de biofilm en las conducciones y otros lugares, la proliferación de algas y corrosión elevada en circuitos y bombeos han sido efectos comúnmente observados.

Las altas huellas hídrica y de carbono, la salud de los usuarios y los efectos colaterales descritos indican que la depuración y los mantenimientos han de ser cuidadosamente efectuados y en colaboración con agentes con alta experiencia y capacitación. OXIDINE Water Technology, S.L. lleva más de 25 años trabajando en este tipo de instalaciones y ha realizado IDi para mantenerse a la vanguardia en conocimiento y ofrecer los tratamientos depurativos más avanzados del mercado.

## TRATAMIENTOS TRADICIONALES DE DEPURACIÓN

En la Figura 1 se incluye el flujo de un sistema de depuración convencional de una piscina. En la mayor parte de las instalaciones en funcionamiento en la actualidad, la gestión se basa en medidas puntuales a lo largo del día del cloro libre, cloro combinado, pH y transparencia. Con los valores determinados de las 2 o 3 muestras puntuales tomadas a lo largo del día, directamente, se realizan las siguientes operaciones:

1. Dosificación de reactivos químicos de desinfección, corrección de pH.
2. Descargas de agua y agua de aporte para provocar la retirada y dilución de los contaminantes detectados.
3. Activación de limpieza de los filtros de agua disponibles en las instalaciones.

Habitualmente, el único criterio para esta toma de decisiones es el cumplimiento de las normativas vigentes, pero sin un soporte científico/técnico ni de los impactos ambientales que conlleva la gestión anterior.

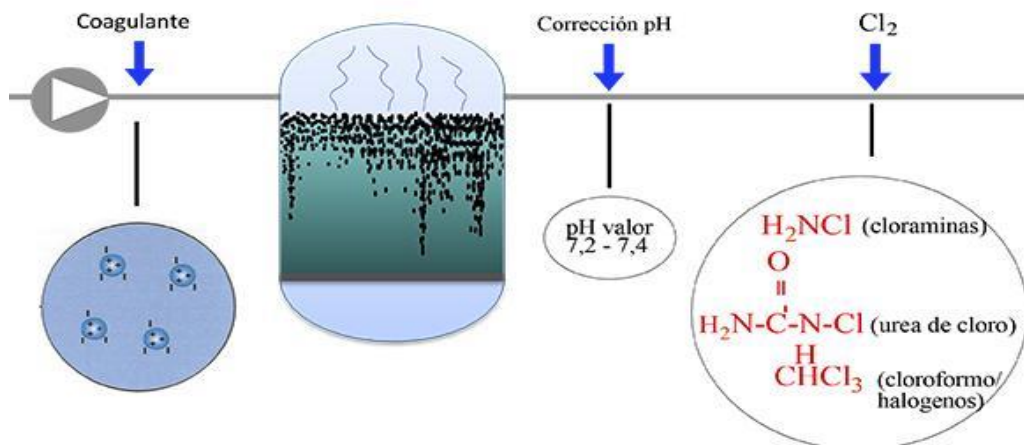


Figura 1. Diagrama de flujo de un sistema de depuración habitual en una piscina de uso público.

Los sistemas de gestión basados en el mantenimiento del cloro combinado y otros parámetros dentro de los límites recomendados puede ser eficaz en lo relativo al cumplimiento de la normativa. Sin embargo, no es eficiente en el uso de los recursos hídricos y energéticos, ni obedece a otros criterios relacionados con la depuración como puede ser el ambiente en la atmósfera de la piscina y el desgaste/corrosión de los elementos de bombeo y circulación relacionados con las características de la matriz química del agua.

Habitualmente, el agente químico empleado para la desinfección es el hipoclorito sódico. Sin embargo, una vez disuelto, su efecto no es únicamente desinfectante, también oxida elementos carbonosos procedentes de la actividad humana. Así, de la combinación del cloro con los compuestos contaminantes, se generan cloraminas (mono-, di-, tricloraminas), cloroformo y trihalometanos (THM). Especialmente la tricloramina, es una sustancia volátil que, una vez generada, pasa a la fase gas de la piscina, generando olores y una atmósfera no deseable en la instalación. Con respecto a los THM éstos, una vez generados, se pueden absorber vía tóxica en los bañistas y en caso de persistencia se ha demostrado que pueden ser causantes de daños en el hígado, riñones e incluso efectos cancerígenos. Además, la agitación y la turbulencia del agua de la natación fomentan también el paso de ciertos componentes volátiles a la fase atmosférica, generando olores e irritación de los oculares.

Las cloraminas y el carácter el balance de carbonatos y dureza del agua pueden ocasionar también efectos corrosivos en las instalaciones que pueden reducir la vida útil de los equipos de bombeo, instrumentación y conducciones por las que circula el agua.

Más allá del cumplimiento de las normativas vigentes, es útil que en los sistemas de gestión de las piscinas se incluyan criterios científicos, técnicos, IDI y experiencia que ayuden a mejorar el ambiente en las fases líquida y en la atmósfera de las piscinas, así como a reducir los efectos indirectos sobre la salud de los usuarios y los trabajadores de las instalaciones. En el sentido anterior, OXIDINE ha desarrollado su propio sistema de gestión de piscinas de uso público que incorpora los criterios anteriores y mejora la calidad del agua y ambiente; e incorpora criterios de reducción de huella hídrica y de carbono asociada a la actividad regular de las piscinas de uso público.

El sistema de gestión de OXIDINE, dispone de la versatilidad de adaptarse a la infraestructura y a los equipamientos presentes en los circuitos de depuración de la piscina. En ese sentido, la implementación del sistema de gestión se plantea en dos fases:

- 1) Una diagnosis inicial en la que se describen los elementos del circuito de depuración de la instalación, así como la búsqueda de un conocimiento profundo del agua tanto de aporte como la presente en el vaso de la piscina.
- 2) En base al conocimiento de la fase 1, se implementarán los elementos necesarios, los nuevos reactivos químicos y la gestión necesaria para la minimización de los requerimientos hídricos y energéticos de la instalación.

# GESTIÓN OXIDINE DE PISCINAS DE USO PÚBLICO

## FASE 1. EVALUACIÓN Y DIAGNOSIS SISTEMA DEPURACIÓN

En la fase inicial se parte de la instalación actual en la que se desea implementar el sistema de gestión circular y sostenible de piscinas CISS-POOL de OXIDINE a nivel sensórica, equipamiento e infraestructura disponibles. También se recopila información general acerca del número de usuarios y la tipología de uso y la gestión actual. En la Figura 2 se muestra una hoja de toma de datos iniciales en una nueva instalación objeto de estudio.

DATOS PISCINA		DATOS CIRCUITO		LAVADO FILTROS	
Volumen (m3)	400,00	Tipo Material Filtrante	Arena	Posible Independencia	Si
Profundidad Media (m)	1,30	Nº Filtros en Uso	2	Cuantos lavan mismo tiempo	2
Largo (m)	25,00	Orientación Filtro	Vertical	Nº Bombas utilizadas	2
Ancho (m)	12,50	Díametro Filtro (mm)	2.500	Consumo Agua Contralavado (m3)	15,00
Días Apertura Año	360,0	Largo o Alto Filtro (mm)	2.300	Duración Contralavado (minutos)	10,00
Horas Apertura Día	15,0	Altura lecho filtrante base (mm)	1.400	Intervalo Contralavado (días)	2
Horas Cierre Día	9,0	Area Filtración (m2)	9,82	<b>SUMINISTROS</b>	
Temp. Agua Reposición (°C)	15,00	Brida Conexión Filtro (mm)		Consumo Agua Reposición (m3)	20,00
Temp. Agua Piscina (°C)	28,00	Nº Bombas en Uso Apertura	2	Fecha lectura inicial	19/2/2016
<b>USOS - BAÑISTAS</b>		Nº Bombas en Uso Cierre	2	Fecha lectura final	20/2/2016
Ocupación Máxima	104	Consumo Unitario Bombas (kw/h)	7,50	Agua de Reposición	Agua
Temporada Alta		Caudal Recirculación (m3/h)	185,00	Precio Coste (€)	3,160
Usos Media/Día (personas)	110,0	Diámetro Tubería Aspiración (mm)		Combustible utilizado	Gas Natural
Periodo	Invierno por Semana	Diámetro Tubería Impulsión (mm)		Precio Coste (€)	0,040
Temporada Baja		Diámetro Tubería Desagüe (mm)		Energía utilizada	Electricidad
Usos Media/Día (personas)	100,0	Presión Entrada (bar)		Precio Coste (€)	0,100
Periodo	Verano	Presión Salida (bar)		Desinfectante utilizado	Hipoclorito sódico
<b>ULTRAVIOLETA</b>				Precio Coste (€)	
Consumo Energético (kw/h)				Consumo (kg/Año)	
Horas Funcionamiento Día (h)				Concentración (%)	

Figura 2. Datos recogidos en el programa de OXIDINE para el estudio de una nueva instalación.

## INFORMACIÓN GENERAL

En las primeras visitas se recopila información general acerca del uso de piscina (público, privado, buceo, spa, juegos u otros), el número de usuarios por año y/o día, si es una piscina cubierta o de verano así como las horas/días de funcionamiento al año. También se revisa si existen atracciones u accesorios como chorros, caídas de agua etc.

## DATOS TÉCNICOS

Con respecto a la infraestructura disponible, se realiza una descripción exhaustiva del circuito de depuración de las piscinas. Se define la tipología de tratamiento actual de depuración: sin tratamiento, ultravioleta (UV), ozono, filtración, etc.

Se toma nota del volumen de la piscina y de su vaso de compensación. Se revisan los equipamientos instalados con sus especificaciones técnicas; a las bombas de recirculación se comprueba su potencia, caudal de trabajo, presión, régimen de funcionamiento entre otros. A los filtros de agua, el material filtrante, el diámetro y la altura de lecho; también el régimen actual de limpieza de los mismos. En la medida que la disponibilidad de datos ofrezca, las incidencias habituales en la operación de las piscinas.

Con respecto a las necesidades de reactivos químicos se han de estudiar las tipologías de desinfectante, químico regulador de pH y floculante empleado; así como las cantidades empleadas correspondientes.

Además, se va a realizar una analítica que describa las características tanto del agua de aporte como del agua presente en el vaso de la piscina. Entre los parámetros de interés que se determinarán están la alcalinidad, las durezas total, cálcica/magnésica, el pH, la conductividad y la temperatura. También se determinará el índice de Langelier que indicará si el agua tiene carácter incrustante o corrosivo para evaluar qué reactivos y dosis harán falta para lograr mantener este índice en la neutralidad.

## RUTINAS DE MANTENIMIENTO

También se realizan visitas a la instalación para comprobar el número de medidas y frecuencia de muestreo de los parámetros habituales: cloro libre, cloro combinado y pH, entre otros. Los mantenimientos rutinarios y la periodicidad que se realizan a los elementos que componen el circuito de depuración de la piscina, con especial énfasis en la periodicidad de la limpieza de los filtros y las descargas de agua.

Se estimarán también los consumos de agua y energía que se producen inicialmente en la instalación para tener una base comparativa para cuando esté en funcionamiento el sistema de gestión de OXIDINE.

Con los elementos anteriores se completará la diagnosis del estado actual de la instalación con elementos infraestructurales, químicos del agua y los mantenimientos y operaciones rutinarias en el circuito de depuración de la piscina. Una vez completada la diagnosis se podrán calcular las dosis de reactivos químicos coagulante, floculante, balanceador de pH y oxidante que se añadirán en la nueva gestión.

## FASE 2. SISTEMA DE GESTIÓN OXIDINE

El sistema de gestión de piscinas CISS-POOL (“*Circular and sustainable pool management system*”) de OXIDINE es un sistema de gestión basado en una diagnosis profunda de la instalación en la que se va establecer, a la que se le aplicará la metodología, el conocimiento y la experiencia de OXIDINE cosechado en los 25 años trabajando en circuitos de piscinas.

### COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

Los compuestos carbonosos liberados por las personas habitualmente son de muy pequeño tamaño, invisibles al ojo humano y cargados eléctricamente en su superficie; comúnmente se agrupan dentro de las partículas de tipo coloidal.

Su naturaleza eléctricamente negativa, hace que entre ellas existan reacciones de repulsión. Además su tamaño hace difícil su retención en los filtros de arena que habitualmente existen en los circuitos de depuración por lo que únicamente se liberarán con descargas de agua al sistema público de alcantarillado.

En el sentido anterior, el sistema CISS-POOL neutraliza este efecto mediante la adición de un reactivo capaz de fomentar el efecto combinado de la coagulación y la floculación. Mediante la coagulación se consigue la neutralización de las partículas eléctricamente cargadas con la adición de un químico con cargas positivas. Tras este paso, se lleva a cabo la floculación en la que un polímero orgánico de cadena larga aglomera estas partículas pequeñas tejiendo una red que aglutina un número de estas partículas y siendo generadas partículas macroscópicas de mayor tamaño. Al incrementarse el tamaño de las partículas carbonosas, se facilita su retención en los circuitos de los filtros de depuración y se retiran de la masa de agua de las piscinas, consiguiendo un buen grado de depuración, aunque todavía no completo.

Además, el material filtrante embebido en el filtro cuenta con una capa inicial filtrante doble con una capa superior de MultiSorp A y otra subsecuente de MultiSorp C. Estos materiales innovadores han demostrado su mayor eficacia en la absorción de materiales minimizando la penetración de contaminación a las capas siguientes del filtro. El resultado de lo anterior es una durabilidad superior entre los ciclos de filtración y una menor necesidad de mantenimiento. Su efecto se puede observar si se comparan los filtros integrados en el antes (Figura 1) y después (Figura 3) de la implementación del sistema de gestión de piscinas CISS-POOL.

## DESINFECCIÓN Y OXIDACIÓN

Otra fracción de la materia carbonosa no es coloidal, permanece en fase soluble tras el tratamiento anterior. Para la reducción de su concentración hasta valores no peligrosos en los sistemas de gestión tradicional se añade únicamente hipoclorito sódico, el cual realiza las funciones de oxidación y desinfección simultáneamente. La realización de estas últimas dos tareas al mismo tiempo y con el mismo compuesto químico ocasiona una falta de especificidad en las reacciones químicas que lleva a la aparición de productos no deseados como las cloraminas y el cloroformo.

En el sistema CISS-POOL se basa en la especialización de las tareas de oxidación y desinfección por diferentes compuestos clorados. En el medio acuoso, en que se mantendrá siempre un residual de hipoclorito, se adiciona un precursor del dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), el Hydroxan, con dosificación controlada. El contacto entre este precursor y el hipoclorito en medio acuoso genera  $\text{ClO}_2$ . Este compuesto químico cuenta con un poder oxidante 2,6 veces superior al del hipoclorito. De este modo, la capacidad de oxidación será mucho más efectiva, selectiva y dirigida que la del hipoclorito, con lo que se minimizará la aparición de subproductos no deseados como los THM, cloroformo y/o cloraminas. Otro beneficio que ofrece el empleo de  $\text{ClO}_2$  es su capacidad de reducción de biofilm en las conducciones instaladas en los circuitos de la piscina. Su estructura molecular y su distribución de carga electrónica, facilitan la interacción entre sus electrones y las proteínas que componen las membranas celulares de los microorganismos que componen el biofilm. El resultado de esta interacción será la desintegración de las células que lo componen minimizando y manteniendo controlada la aparición de esta película capa de contaminación biológica. La capacidad de reducir la aparición de biofilm, sirve también para justificar que los ciclos de lavado de los filtros de agua, ver diagrama de flujo en Figura 3, serán de menos frecuencia, con el consecuente ahorro de agua, y también para observar una reducción de *Cryptosporidium*, resultado de las incontinencias, del 99,9%.



Además de la propia generación del dióxido, el hipoclorito será el encargado de desinfectar el agua de la piscina, mediante el mantenimiento de un residual medible de hipoclorito garantizará la ausencia de contaminación microbiológica en el medio durante el tiempo de uso de la piscina. El pH se mantendrá en 7,6 - 7,8 en pos de aumentar la capacidad de desinfección del cloro.

Además, en el mercado existen numerosos dispositivos para la medición sencilla del cloro libre de las piscinas, tanto puntualmente como de forma continuada.

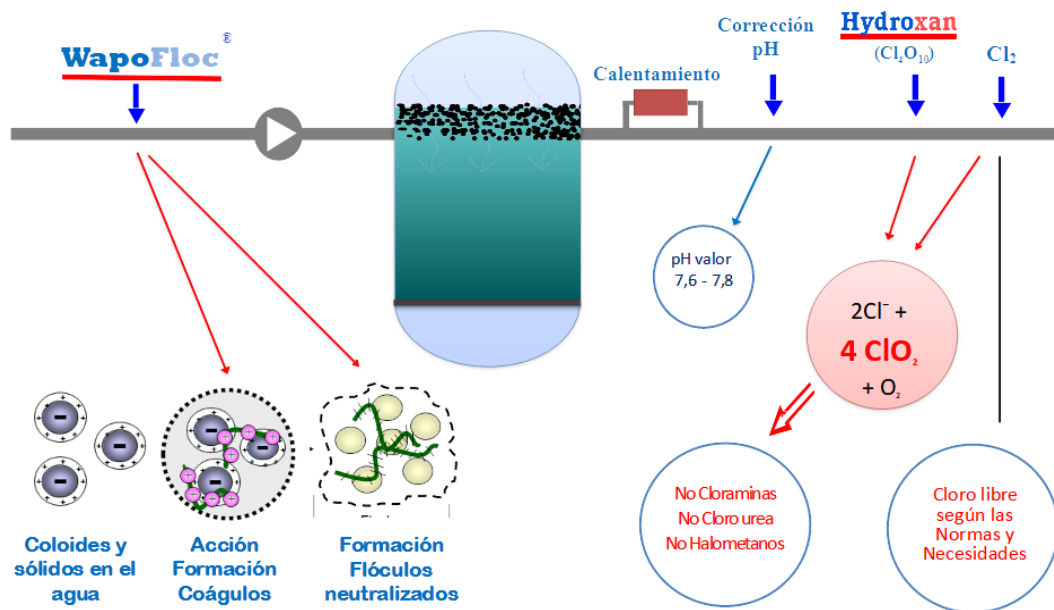


Figura 3. Diagrama de flujo modificado con las mejoras del sistema de gestión CISS - POOL

## EQUILIBRIO DEL AGUA

Además de la propia calidad del agua, CISS-POOL también se centra en el cuidado de las conducciones y paredes que conforman el sistema de circulación de agua en la piscina. El contenido en dureza y alcalinidad condicionan el comportamiento del agua en su interrelación con las conducciones, esta caracterización se cuantifica habitualmente con el índice de Langelier, que determina si el agua es corrosiva o incrustante. CISS-POOL también se preocupará de mantener el valor del índice en -0,5 - 0,5; valores recomendados para maximizar la vida y el estado de las conducciones y paredes. Valores más negativos que los recomendados indican un comportamiento corrosivo del agua que fomentará una paulatina disolución de metales en su contenido. Valores más positivos que el rango, favorecerán el depósito de incrustaciones que disminuirán, paulatinamente, el diámetro de la tubería y también su

capacidad de intercambio de calor con los sistemas de calefacción y/o refrigeración existentes en la instalación.

## FASE 3. SEGUIMIENTO

Tras la implementación del sistema CISS-POOL en el/los circuitos de la piscina, se establece un protocolo de vigilancia que se ejecutará mediante la realización de informes mensuales por un técnico de OXIDINE. En este informe se registran los valores de parámetros clave que describan y sirvan para monitorizar los siguientes aspectos:

1. El estado químico del agua.
2. Los ahorros en consumo de agua respecto a los consumos iniciales de agua antes de la implementación de CISS-POOL. La comparativa y la vigilancia se realizará mediante el registro de los valores de volumen indicados por los contadores.

## BENEFICIOS IMPLEMENTACIÓN SISTEMA GESTIÓN

La eficaz y eficiente depuración efectuada por el sistema de gestión CISS - POOL permite grandes ahorros de agua y energía. La eficacia en la depuración provoca que las necesidades de renovación del agua se minimicen, ver Figura 5. Además, el agua de aporte que comúnmente viene de la acometida municipal requiere más energía para su calentamiento antes de pasar al vaso de la piscina que el mero mantenimiento del agua que está ya dentro del circuito.

Además de la gran reducción de los impactos hídricos y de carbono, se incluyen los siguientes:

- Posibilidad de automatizar las dosificaciones de los reactivos químicos.
- Minimización del número de reactivos químicos a emplear.
- Reducción de los subproductos químicos que generan los problemas de irritaciones a usuarios y operarios, corrosión en las instalaciones y reducción de la vida útil de los equipos.
- Número de lavados del filtro. La eficacia en la depuración permite la reducción en el número de lavados semanales de los filtros del agua.

- Renovación de agua. Se reducen las renovaciones masivas de agua para el cumplimiento de parámetros. Únicamente se necesitará el aporte de agua para amortiguar las evaporaciones, fugas, pérdidas arrastradas por los usuarios y los lavados de filtros.
- Corrosión. La reducción de los subproductos y el mantenimiento del balance del índice de Langelier del agua minimizan la corrosión de las partes metálicas de la infraestructura y de los equipos auxiliares.
- Mejora de la climatización. La minimización de subproductos volátiles permitirá que se reduzca el paso de compuestos que aportan olor y efectos respiratorios a la atmósfera de la piscina, reduciendo velocidad de caudal y reduciendo la renovación de aire.



Figura 5. Visualización gráfica de ahorros en consumo eléctrico obtenidos de la aplicación del sistema CISS-POOL en un complejo deportivo ubicado en España. Los caudales están expresados en m<sup>3</sup>/d.