

# Qué es el pH?

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. Su expresión viene dada por el logaritmo negativo de la concentración del ion  $H^+$  expresada en moles/ litro.

El agua pura neutra tiene una concentración de ion hidrógeno de  $10^{-7}$  moles por litro, luego el pH será de 7.

Una disolución ácida tiene mayor concentración de ion hidrógeno que el agua pura y por lo tanto su pH será menor que 7. Una disolución básica le ocurre a la inversa y su pH será mayor de 7. Las medidas prácticas del pH se encuentran entre los valores 0 y 14.

En la medición del pH se pueden utilizar varios métodos, siendo el más exacto y versátil el sistema de electrodo de vidrio.

La medida de pH de una disolución se basa en la transformación de la señal eléctrica obtenida por un electrodo de vidrio y uno de referencia. Dicha señal es proporcional a la actividad de los iones  $H^+$ , de acuerdo con la ley de Nernst.

## Valores indicativos

Los niveles aceptables de pH para el agua de la piscina están entre 7 y 7,8 nivel que asegura la eficacia de los productos químicos que se utilicen en el tratamiento y que previene la corrosión de las partes metálicas del equipo de depuración. Un exceso o un defecto puede disminuir la eficacia de la cloración e irritar las mucosas, además de contribuir al enturbiamiento del agua.

## Corrección del pH

### pH elevado (>7,8)

Produce una disminución del poder desinfectante del cloro.

Favorece el crecimiento de algas y bacterias.

Produce irritación de mucosas.

Precipitación de sales cálcicas.

Para aumentar el pH es necesario añadirle un producto alcalino:

- Carbonato de sodio
- Bicarbonato de sodio

### pH bajo (<7,0)

Produce irritación de mucosas.

Aumenta el poder oxidante del cloro.

Aumenta la turbidez del agua.

Para disminuirlo, se debe añadir un producto ácido:

- Ácido clorídrico, sulfamán
- Bisulfato sódico.

## Puntos a tener en cuenta:

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

## Qué es el Cloro?

Los productos clorados son las sustancias utilizadas con mayor frecuencia en el tratamiento químico del agua. Todos los productos clorados utilizados en el tratamiento producen ácido hipocloroso (HClO) al reaccionar con el agua. La cantidad de ácido hipocloroso está muy condicionada por el valor de pH.

En las aguas con un pH alto, la mayor parte de este ácido (cloro activo) se convierte en ión hipoclorito (ClO<sup>-</sup>), una forma de cloro con muy bajo poder desinfectante.

Estas dos formas de cloro se encuentran en el agua en equilibrio, aunque éste depende de los valores de pH.

Cloro libre: Esta forma de cloro posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde, fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito.

Cloro combinado: Tiene un poder desinfectante muy bajo y su presencia causa irritaciones y malos olores. La combinación del cloro libre con el amoníaco y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua, da lugar al cloro combinado (cloraminas).

Cloro total: La suma de cloro libre y el cloro combinado da como resultado el cloro total.

## Por que medir el Cloro - Valores indicativos

La desinfección permanente del agua es necesaria y tiene dos finalidades:

Higiénica: Destruir los virus, bacterias, parásitos, etc. y eliminar los riesgos de contaminación.

De seguridad: Impedir el crecimiento de algas y mantener el agua limpia. El agua sin desinfectante, aunque no se utilice, se deteriora pronto por la proliferación de algas y bacterias.

El cloro libre puede oscilar entre 0,5 mg/l y 2 mg/l. El cloro total no superará más de 0.6 mg/l el nivel medido de cloro libre.

Con un valor del pH de 4 (agua muy ácida), la cantidad de ácido hipocloroso presente es del 100%, lo cual es perfecto, si no fuera por el pH tan agresivo que no permitiría el baño.

En el otro extremo, con un pH de 11 (agua muy alcalina), el 100% se corresponde a ión hipoclorito, lo cual es fatal a nivel de desinfección.

Los márgenes de pH aconsejados para la piscina por motivos de salud, de mantenimiento y de ahorro de cloro son entre 7.2 y 7.8:

- A un pH de valor 7.0 la concentración el ácido hipocloroso es del 75.2% del cloro libre.
- A un pH de 7.5 el ácido hipocloroso decrece hasta el 48.93%.

## Acido isocianurico

El cloro libre se descompone rápidamente por la acción de los rayos ultravioletas del sol, perdiendo sus propiedades desinfectantes. Por otro lado, el ácido isocianúrico protege el cloro residual libre de las propiedades de descomposición de la luz solar. Este ácido no es un desinfectante, sino que actúa como filtro de los rayos ultravioleta del sol, evitando la descomposición del ácido hipocloroso y, por tanto, el consumo inútil de cloro.

Este ácido isocianúrico es un producto estabilizante que actúa óptimamente en un intervalo de entre 25 y 50 gr/m<sup>3</sup>. El valor máximo es de 75 mg/l.

Por lo tanto, los productos clorados estabilizados son aquellos que contienen ácido isocianúrico, como el ácido tricloroisocianúrico y el dicloroisocianurato de sodio.

---

## Qué es el Bromo / Ozono?

El bromo es un elemento químico que pertenece, al igual que el cloro, a la familia de los halógenos; tiene características y propiedades similares al cloro. El bromo al mezclarse con el agua reacciona y se convierte en ácido hipobromoso. (HBrO) que es su forma activa de desinfección.

Las diferencias relevantes que resultan de la comparación con el cloro son:

- Tiene una mayor tolerancia a la variación de pH.
- No desprende olores desagradable.
- Mayor coste económico que el cloro.
- Menor eficacia que el cloro.

El ozono es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). La coloración del agua tratada con ozono produce un azul realmente bonito; no comunica ni sabor ni olor al agua; el ozono en ningún caso provoca fermentación de productos que irritan las mucosas. Es conveniente mantener un pequeño residual de ozono en el agua, o en contrapartida añadir un desinfectante como cloro o hipoclorito sódico en muy pequeñas cantidades que harán, por su mayor duración, un mantenimiento del agua más prolongado.

La mayor desventaja del ozono es que requiere de una instalación costosa. Por el contrario, no requiere ningún gasto en reactivos.

## Valores indicativos

La desinfección permanente del agua es necesaria y tiene dos finalidades:

Higiénica: Destruir los virus, bacterias, parásitos, etc. y eliminar los riesgos de contaminación.

De seguridad: Impedir el crecimiento de algas y mantenerla limpia. El agua sin desinfectante, aunque no se utilice, se deteriora pronto por la proliferación de algas y bacterias.

Los valores indicativos o guía para el bromo libre activo oscilan entre 1.0 y 3.0 mg/l.

Para el ozono, se recomienda una concentración máxima antes de la desionización de 0.4 mg/l, y en el vaso de la piscina debe ser de 0.0 mg/l de ozono.

## Otros métodos

Electrólisis de sal: Es equivalente al convencional de cloro, pero en la electrólisis se produce el cloro en la misma instalación, en función de las necesidades. Tiene los mismos problemas que una instalación convencional de cloro. Su implantación es más económica que la de un sistema de ozonización.

Lámparas UV: No se añade ningún componente al agua pero la depuración mediante UV no es tan exhaustiva como la realizada con ozono. Va a hacer falta seguir dosificando una cierta cantidad de cloro. También resulta menos costosa su implantación que un sistema de ozonización.

---

## Qué es la Conductividad y TDS?

Se define la conductividad eléctrica como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica. Es indicativa de la materia ionizable y de la cantidad de sales disueltas presentes.

La conductividad es directamente proporcional a la concentración de sal en el agua. Cuando el nivel de sal disminuye, la conductividad también disminuye. La unidad de medida más utilizada es el microsiemens.

Utilizando medidores de conductividad se puede calcular la dureza del agua con mediana precisión. La causa principal de la dureza del agua es la presencia de iones de calcio o magnesio disueltos.

La unidad de medición de dureza más común es el ° Francés (°f), definido como:

1°f = 10 mg/l de CaCO<sub>3</sub>

Otra relación experimentada es:

1mg/l de CaCO<sub>3</sub> equivale aproximadamente a 2 uS/cm = 1°francés equivale a 20 uS/cm

El TDS indica la totalidad de materia que está disuelta en el agua que corresponde a la materia que quedaría si toda el agua se evaporase.

Los sólidos disueltos totales lo componen sustancias disueltas como son las sales minerales, los productos químicos añadidos, polvo, tierra y sustancias introducidas por los bañistas (orina, sudor, cremas, etc...)

## Valores indicativos

El valor límite de la conductividad es de 1.200 – 1.700 uS/cm.

La conductividad y los TDS reflejan con buena precisión el momento de cambiar una parte del agua de la piscina por un agua "nueva". Para una conductividad superior a 1.200 uS/cm sería interesante reemplazar parte del agua del vaso de la piscina.

Un agua potable puede tener aproximadamente entre 200 y 400 gramos de sólidos disueltos por cada m<sup>3</sup>, el agua salobre contiene entre 3.000 y 5.000 mg/l y el agua de mar 35.000 mg/l por la gran cantidad de sales que tiene disueltas, principalmente, cloruro de sodio (NaCl). Las piscinas de agua dulce no deben sobrepasar un TDS de 1.000 mg/l, aunque es recomendable no superar los 500 mg/l.

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

La disminución de la conductividad y de los sólidos disueltos totales (TDS) se debe efectuar reemplazando una parte del agua de la piscina con agua nueva que tendrá poca cantidad de sólidos disueltos.

---

# Qué es el Potencial Redox?

El Redox se refiere a un tipo de reacciones en las que las sustancias participantes se intercambian electrones. En ellas, coexisten dos procesos:

- Oxidación: Pérdida de electrones.
- Reducción: Ganancia de electrones.

Cuando una sustancia pierde electrones, otra los tendrá que ganar y al revés. Los procesos de oxidación y de reducción tienen que ir necesariamente ligados. Por eso se habla de reacciones de reducción-oxidación o REDOX.

Se denomina oxidante la sustancia que produce la oxidación de otra sustrayéndole electrones. La ganancia de estos electrones produce la reducción del oxidante.

Se denomina reductor la sustancia que produce la reducción de otra cediéndole electrones. La cesión de estos electrones produce la oxidación del reductor.

Los oxidantes son normalmente cáusticos y los agentes reductores son normalmente ácidos. La medida del potencial redox depende del pH.

## Valores indicativos

El Redox es una medida rápida y económica del poder de desinfección de los biocidas oxidante.

Los instrumentos que miden Redox son válidos para el cloro, bromo y ozono.

El potencial Redox nos da información sobre el grado de desinfección del agua de la piscina. La Organización Mundial de la Salud dice que a un valor de ORP superior a 650 mV, el agua se encuentra perfectamente desinfectada y es inactivada.

## Que es la Temperatura

La temperatura del agua de piscina puede variar entre 20°C y 30°C según los Reglamentos Autonómicos. Desde el punto de vista de HANNA Instruments, la temperatura recomendada oscilará entre 24°C y 28°C y de 27°C a 30°C para la temperatura del ambiente.

Por debajo de los 18°C se considera agua fría y sin problemas; sobre los 24°C puede presentar precipitaciones de sales cálcicas y enturbiamiento. Cuanto más alta sea la temperatura más se desarrollan las bacterias, algas y otros microorganismos.

Los recintos interiores dispondrán de instalaciones que garanticen la renovación del aire del recinto manteniendo un volumen de 8m<sup>3</sup> de aire por m<sup>2</sup> de superficie de lámina del agua.

---

# Qué es la Dureza y la Alcalinidad?

La dureza indica la cantidad de sales de calcio y de magnesio disueltas en el agua. Se expresa en gramos de carbonato de calcio por cada metro cúbico de agua. También se expresa en grados hidrotimétricos franceses.

La alcalinidad indica la cantidad de sustancias alcalinas (carbonatos, bicarbonatos y hidróxidos) que contiene el agua.

Los componentes alcalinos que contiene el agua actúan como reguladores del pH del agua. Esto significa que una alcalinidad adecuada garantiza que el pH se pueda mantener prácticamente constante cuando se añaden pequeñas cantidades de ácido o de base.

La alcalinidad se expresa en gramos de carbonato de calcio por cada m<sup>3</sup> de agua. También se expresa en grados hidrotimétricos franceses. 1° Francés equivale a 10 mg/l de carbonato cálcico (grCaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>).

## Valores indicativos

Una dureza muy baja puede producir daños en el vaso de la piscina y corrosión en las partes metálicas en contacto con el agua (escaleras, focos, etc). Por el contrario, una dureza excesiva puede producir turbiedad en el agua, incrustaciones, obturación de los filtros y las tuberías, rugosidades y manchas en la superficie de la piscina.

Si la alcalinidad es muy baja resulta muy difícil la regulación del pH, ya que el agua es muy sensible a ligeras variaciones. Además puede favorecer la corrosión y la aparición de manchas en las partes metálicas. Una alcalinidad excesivamente alta produce incrustaciones, agua turbia, pH elevado e irritaciones de las mucosas de los bañistas.

Los valores indicativos son:

La dureza ideal oscila entre 150 y 250 mg/l.

La alcalinidad aconsejada oscilará entre los 125 y 150 mg/l

## Corrección de la Dureza y Alcalinidad

La dureza puede aumentarse añadiendo cloruro cálcico. En el caso de que sea necesario disminuir la dureza, puede conseguirse sustituyendo una parte del agua de la piscina por otra agua de menor dureza. Asimismo, este objetivo puede alcanzarse incorporando al agua un agente quelante o secuestrante que ayude a mantener disueltas las sales de calcio.

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

Tanto la dureza como la alcalinidad se deben controlar en la propia piscina. En caso de dificultad se pueden realizar los análisis en un laboratorio. Los dos parámetros son necesarios para conocer y calcular el equilibrio del agua por medio del Índice de Langelier.

---

## Qué es el Índice de Langelier? Equilibrio del Agua.

El índice de saturación desarrollado por el Dr. Wilfred Langelier se usa ampliamente para predecir el equilibrio de las aguas de las piscinas. Es un cálculo estimativo de la capacidad de las soluciones para disolver o precipitar los depósitos de carbonato de calcio. Un cierto nivel de esta precipitación (película) es conveniente para aislar las tuberías y calderas del contacto con el agua. Cuando no se forma esta película protectora, se considera que el agua es corrosiva. Por otro lado, las incrustaciones causan fallos en el sistema.

Por tanto, el Índice de Langelier es una potente herramienta para calcular el equilibrio del agua y para predecir los problemas de corrosión e incrustaciones. Para el cálculo de este índice, se requiere conocer los valores de pH, temperatura, alcalinidad y dureza aplicándose la siguiente fórmula:  
 $IL = pH + TF + HF + AF - 12,5$

Donde, IL=Índice de Langelier / pH = pH del agua / TF = factor de temperatura / HF= factor de dureza / AF= factor de alcalinidad. Estos factores se pueden obtener en la siguiente tabla:

TEMPERATURA °C	TF	DUREZA ppm....HF	ALCALINIDAD ppm....AF
0.....	0,0	5 .....	0,7
4.....	0,1	25 .....	1,4
8.....	0,2	50 .....	1,7
12.....	0,3	75 .....	1,9
16.....	0,4	100 .....	2,0
20.....	0,5	150 .....	2,2
24.....	0,6	200 .....	2,3
28.....	0,7	250 .....	2,4
32.....	0,7	300 .....	2,5
36.....	0,8	400 .....	2,6
40.....	0,9	500 .....	2,7
50.....	1,0	1000 .....	3,0

### Ejemplo de calculo:

Condiciones del agua	Factores	$pH + TF + HF + AF - 12,5 = 7,2 + 0,7 + 2,4 + 1,9 - 12,5 = - 0,3$
Temperatura 30°C	TF = 0,7	<b>Conclusión: El balance es aceptable pero existe riesgo de que el agua llegue a ser corrosiva; se recomienda verificar frecuentemente.</b>
pH	7,2	
Alcalinidad	80 ppm	
Dureza	230 ppm	

La interpretación del resultado obtenido al aplicar la fórmula de cálculo del IL es la siguiente:

- Si el índice es cero, indica que el agua está perfectamente equilibrada.
- Si el índice es negativo, indica que el agua tiene tendencias corrosivas.
- Si el índice es positivo, significa que el agua tiene tendencias incrustante.

Los valores del IL se consideran absolutamente óptimos en el intervalo ( - 0,3, + 0,3) y aceptables entre ( - 0,5 y + 0,5)

## Qué es la Turbidez?

La turbidez es una medida del total de luz absorbida por el agua, a causa de la materia suspendida en la misma. Es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta de la muestra.

Es un claro indicador del buen funcionamiento del sistema de tratamiento del agua de la piscina y en general de la eficacia de la depuración.

Los resultados se expresan en NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez)

El hierro se encuentra en las aguas naturales bajo dos formas:

- En estado mineral ( sales Ferrosas =  $Fe^{2+}$  y sales férricas =  $FeCl_3$  ó hidróxido =  $Fe(OH)_3$ ).
- En estado orgánico (coloides).

El agua turbia produce una turbidez alta y suele ser consecuencia de un pH alto y/o una alcalinidad alta, una filtración pobre, unas contracorrientes ineficaces y formación de algas. La turbidez alta da irritación en los ojos, reduce el efecto biocida del cloro o el desinfectante utilizado y aumentan la incrustación.

## Qué es el Hierro?

El hierro es un indicador de la corrosión del agua en el circuito de la piscina. La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH y de las condiciones oxidantes o reductoras del medio.

La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. Las sales de hierro y manganeso producen un color marrón. Las sales de cobre producen una coloración azul/verde.

El valor indicativo de la turbidez será igual o inferior a 2 NTU.

Los metales disueltos en el agua, entre otros, son responsables de dar una coloración a las aguas.

Una baja alcalinidad también produce un color verde en el agua.

El tratamiento que ha de llevarse a término será:

- Ajustar el pH entre 9 y 10. Los compuestos metálicos precipitan.
  - Efectuar una cloración de choque.
  - Flocular
  - Enviar la basura al desagüe con el limpiafondos al cabo de unas horas.
  - Filtrar
  - Ajustar el pH entre 7,2 y 7,6 cuando el agua se haya recuperado
-

# Valores indicativos de la Calidad del Agua en piscinas

Cada Comunidad Autónoma ha elaborado un Decreto donde se establecen las condiciones higiénico sanitarias aplicables a piscinas de uso colectivo donde se exponen los valores de los parámetros físico-químicos del agua de la piscina . (Veáse [www.hannainst.es](http://www.hannainst.es) / Biblioteca / normativa)

Por parte del Ministerio de Sanidad se publicó el R. Decreto 865/2.003 del 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénicos sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. En el se clasifica las bañeras de hidromasaje y piscinas como instalaciones de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de legionella. Indicando como debe ser el diseño, revisión, limpieza y desinfección de estas.

En la siguiente tabla se presentan los valores indicativos de los parámetros físico-químicos más importantes en la piscina.

## Valores Recomendados:

	Valor mínimo	Valor máximo
pH	7,0	7,8
Cloro Libre (mg/l)	0,5	2,0
Cloro combinado (mg/l)	--	0,6
Bromo total (mg/l)	3,0	6,0
Biguanida (mg/l)	25	50
Acido isocianúrico (mg/l)	--	< 75
Ozono (vaso ) (mg/l)	--	0
Ozono (antes de )	0,4	--
Temperatura del agua °C	24	30
Turbidez (NTU)	--	< 1
Oxidabilidad (mg/l)	--	< 3
Nitratos (mg/l)	--	< 20
Amoniaco (mg/l)	--	< 0,3
Hierro (mg/l)	--	< 0,3
Cobre (mg/l)	--	< 1,5
Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	100	160
Conductividad (uS/cm)	--	<1700
TDS (mg/l)	--	< 1000
Dureza (mg/l)	150	250

## Diferentes formas de Cloro en el agua

El ácido hipocloroso es la forma activa del cloro, el cual le da el poder desinfectante. Para poder tener una concentración adecuada es importante que el pH se encuentre dentro de unos márgenes. Se recomienda que el pH se mantenga entre 7,0 y 7,8.

El cloro necesario para mantener un óptimo poder desinfectante está en función del pH, como muestra la tabla siguiente:

pH	7,0	7,4	7,7	7,9
Cloro residual libre necesario (mg/l)	0,5	0,7	1,0	1,8

El cloro residual libre puede oscilar entre el 0,5 y 2 mg/l. El cloro total no debe sobrepasar más del 0,6 mg/l del nivel de cloro residual libre.

### Cloro residual:

Fracción de cloro añadido que conserva las propiedades desinfectantes.

### Cloro residual libre:

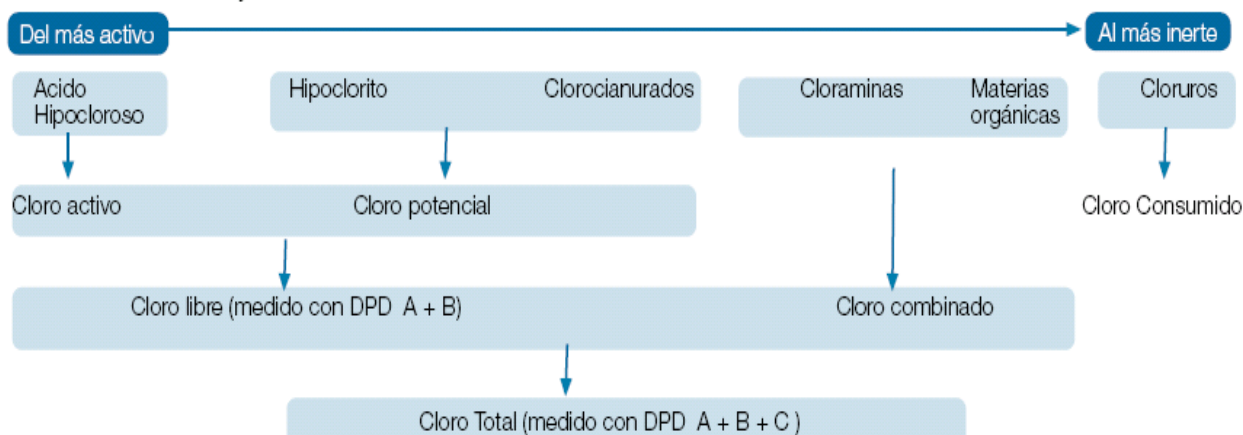
Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso o hipoclorito.

### Cloro residual combinado:

Cantidad de cloro presente en el agua en forma de cloraminas o de otros compuestos orgánicos del cloro.

### Cloro residual total:

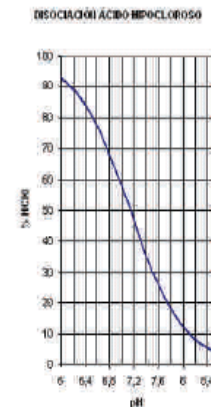
Suma del cloro residual libre y del cloro residual combinado.



## Gráfica del % de Cloro activo en función del pH

La cantidad de ácido hipocloroso presente en el agua está muy condicionada por el valor del pH. En las aguas con un pH alto, la mayor parte del cloro activo se convierte en ion hipoclorito, (ClO<sup>-</sup>), una forma de cloro con muy bajo poder desinfectante. El ácido hipocloroso tiene mayor poder oxidante y bactericida que el ion hipoclorito, por lo que, es importante mantener un valor de pH adecuado para obtener una desinfección eficiente. En las aguas con un pH básico, disminuye el porcentaje de ácido hipocloroso, y aumenta el del ion hipoclorito con un poder oxidante inferior, de manera que disminuye el poder desinfectante del agua. El valor de pH idóneo para obtener una mayor desinfección es entre 7.0 y 7.2.

pH	% cloro activo	% cloro inactivo
6,0	95	5
6,5	90	10
7,0	75	25
7,2	66	34
7,5	47	53
8,0	22	78
8,5	8	92

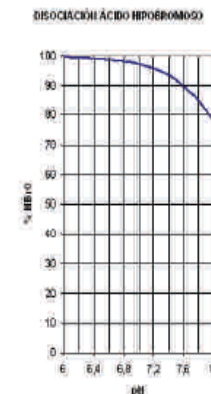


## Gráfica del % de Bromo activo en función del pH

A diferencia de lo que sucede con el ácido hipocloroso, la cantidad de ácido hipobromoso presente en el agua varía muy poco con los cambios del pH.

Tal y como se observa en la siguiente gráfica:

pH	% bromo activo	% bromo inactivo
6,0	100	0
7,0	98	2
7,2	96	4
7,8	87	13
8,0	83	17



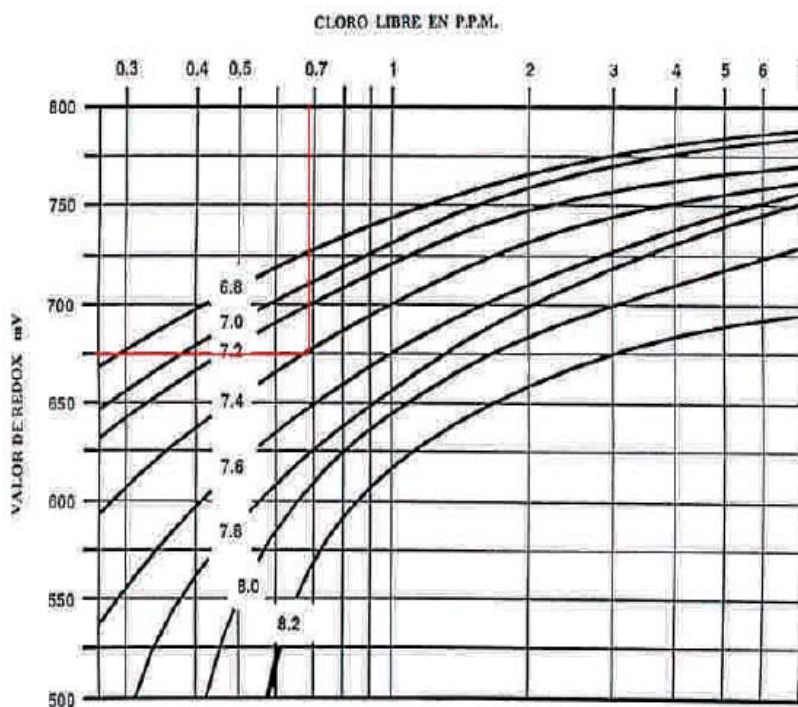
## Relación Redox - pH - Cloro

La tecnología de la lectura de ORP para controlar un desinfectante ha sido reconocida e incorporada en Europa y en el mundo del agua desde hace años. En 1972, la Organización Mundial de la Salud reconoció en sus "Standards for Drinking Water (WHO1972) que un nivel de ORP de 650 mV en el agua desinfecta e inactiva viralmente de forma casi instantánea.

Alemania, que tiene algunos de los estándares más restrictivos de la calidad del agua en el mundo, ha fijado su estándar en 750 mV para las piscinas y los balnearios. En 1988, el Instituto Nacional del Balneario y de la Piscina (NSPI) indicó que el ORP se podría utilizar como medida suplemental de la actividad apropiada de la esterilización cuando el cloro y el bromo se utilizan como el desinfectante primario. El NSPI también indicó que el uso de la medida de ORP no reemplaza ni elimina la prueba de los niveles con los kits estándares.

Diferentes estudios han demostrado que un valor de ORP de 650 a 700 mV medidos entre 6,5 y 8,5 provocan la eliminación de microorganismos patógenos. En estudios realizados hasta la fecha apuntan fuertemente el uso de 650 mV como valor umbral mínimo para una actividad antibacteriana típica. Este valor de 650 mV es consistente con las normas que fueron desarrolladas y han sido utilizadas en Europa desde mediados de 1980 para la calidad del agua potable municipal.

Se debe tener en consideración que las medidas de ORP dependen del valor de pH. Por ejemplo, la cantidad de ácido hipocloroso existente en el agua varía en función del pH, ya que se forma el ión hipoclorito. Un aumento del pH provoca una disminución del ORP. Este problema no se tiene en las piscinas ya que el pH el agua está controlado y es poco variable.



## Tablas de conversión de Dureza

El contenido total de sales incrustantes existentes en el agua se mide por el grado hidrotimétrico de dureza. En Europa, dependiendo del país, existen grados Franceses (°f), grados Alemanes (°D) y grados ingleses. (°E). En España se emplea el grado Francés.

A continuación indicamos una tabla de conversión de las diferentes unidades de expresión de la dureza:

	1 grado alemán	1 ppm de CaCO <sub>3</sub>	1 grado inglés	1 grado frances
1 grado alemán	1,00	17,8	1,25	1,78
1 mg/l de Ca CO <sub>3</sub>	0,056	1,00	0,0702	0,1000
1 grado inglés	0,798	14,3	1,00	1,43
1 grado frances	0,560	10,0	0,702	1,00

## Clasificación del agua en función de la dureza

El inconveniente más grave que presentan las aguas duras es la precipitación de las sales cálcicas y magnésicas formando incrustaciones. Las tuberías por las que circula el agua dura ya sea fría o caliente, se van obstruyendo con la consecuente disminución de su sección útil. En las instalaciones de bombeo se requieren mayores potencias para obtener las mismas condiciones de caudal y presión.

	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza (grados ingleses)	Dureza (grados alemanes)	Dureza (grados franceses)
<b>Blanda</b>	0-50	hasta 3.5	hasta 2.8	hasta 5
<b>Moderadamente blanda</b>	50-100	hasta 7	hasta 5.6	hasta 10
<b>Ligeramente dura</b>	100-150	hasta 10.5	hasta 8.4	hasta 15
<b>Moderadamente dura</b>	150-200	hasta 14	hasta 11.2	hasta 20
<b>Dura</b>	200-300	hasta 21	hasta 16.9	hasta 30
<b>Muy dura</b>	> 300	> 21	> 16.9	> 30

# Preguntas y respuestas más frecuentes

- **¿A qué es debido el aspecto verdoso o parduzco del agua? ¿Cómo se puede solucionar?**

A la excesiva presencia de iones metálicos, los cuales se colorean al añadir el desinfectante. Se debe controlar el pH, ajustándolo entre 7,2 y 7,8. Realizar una supercloración y cepillar paredes y fondo de la piscina.

- **¿A qué es debido el fuerte olor de cloro y picazón de ojos? ¿Cómo se puede solucionar?**

A la excesiva presencia de cloro combinado es decir cloraminas y a la materia orgánica. Se debe ajustar el pH entre 7,2 y 7,8, medir el cloro libre (método DPD) y realizar una cloración de choque.

- **Una piscina desinfectada, ¿puede perder el cloro después de filtrarse el agua?**

No, no se pierde el cloro. Si el filtro está sucio, es decir tiene un alto contenido de materia orgánica disminuirá la cantidad de cloro al pasar por el filtro ya que el cloro reacciona con la materia orgánica presente en el filtro.

- **¿Cada cuánto tiempo se debe clorar el agua de una piscina si no se utiliza a menudo?**

Se debe controlar el cloro libre (método DPD) y el pH para observar si los valores son los establecidos en la legislación. Se deben corregir si son diferentes a los establecidos.

- **¿A qué es debido la aparición de cal? ¿Cómo se puede solucionar?**

A un agua dura y a un pH alto, con el cual la cal se hace visible y precipita. Se debe realizar una floculación. Se para el filtro y se deja que sedimente los sólidos de la piscina. Después de 24 horas se pasa el limpiafondos. Se deberá ajustar el pH entre 7,2 y 7,8 y seguir con el tratamiento habitual.

- **¿A qué es debido la aparición de algas en el agua? ¿Cómo se puede solucionar?**

La cantidad de algicida es insuficiente, y/o puede ser excesiva la cantidad de nutrientes (fosfatos) que facilitan el crecimiento de algas. Se debe limpiar a contracorriente el filtro y eliminar las algas con un cepillado, seguidamente se debe ajustar el valor de pH y realizar un tratamiento de choque. Se debe adicionar floculante y se filtrará durante dos días. A continuación se adicionará una cantidad doble de algicida.

- **¿Cómo afecta a la piscina una alcalinidad alta?**

Una alcalinidad superior a 225 mg/l dificultará la estabilidad del pH y producirá corrosión en las instalaciones. El agua tomará un tono verde que le causará irritaciones en los ojos. Para solucionar deberá añadir ácido clorhídrico o bisulfito sódico.

- **¿Cómo afecta a la piscina una alcalinidad baja?**

Una alcalinidad inferior a 75 mg/l dificulta la estabilidad del pH. Se produce por las características del agua de aporte o llenado y por las adiciones de producto químico. Para resolver el problema se añadirá al agua de la piscina bicarbonato sódico o carbonato sódico.

---

# Glosario de Términos

**Acidez:** capacidad cuantitativa de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilos. Se mide por titulación con una solución estándar de una base hasta el punto final especificado. Generalmente se expresa en miligramos de carbonato cálcico por litro.

**Ácido:** sustancia que tiene tendencia a perder un protón (H+).

**Álcali:** cualquier sustancia que posee propiedades marcadamente básicas. El término se suele aplicar a sales solubles de sodio, potasio, calcio y magnesio.

**Alcalinidad:** capacidad del agua para neutralizar ácidos.

**Anión:** ión con carga negativa.

**Bromo:** compuesto halógeno que en contacto con el agua forma ácido hipobromoso con alto poder desinfectante, también forma bromaninas que al contrario de las cloraminas desinfectan. El bromo activo, como desinfectante, es muy estable a las variaciones de pH.

**Buffer:** sustancia que estabiliza el pH de las soluciones.

**Calibración:** determinación, comprobación o rectificación de la graduación de cualquier elemento que se utilice para mediciones cuantitativas.

**Cloración:** aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua generalmente con fines de desinfección, pero también para oxidación orgánica o control de olores.

**Cloramina (Cloro combinado):** sustancia que se forma cuando se combina el ácido hipocloroso con compuestos nitrogenados.

**Cloro libre:** corresponde al cloro activo disponible después de haberse completado totalmente la desinfección. Esta forma de cloro, que posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente a la presencia de ácido hipocloroso y al anión hipoclorito.

**Cloro total:** suma de cloro libre y cloro combinado.

**Colorímetro:** instrumento que mide la cantidad de luz de una determinada longitud de onda que es absorbida por una solución.

**Conductividad:** capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es inversa de la resistencia eléctrica.

**Conductivímetro:** es el instrumento válido para medir la conductividad eléctrica. La lectura puede ser amperométrica o potenciométrica.

**Desinfección:** destrucción por medio de un agente desinfectante, como puede ser el cloro, de las bacterias patógenas y fecales y de virus transmitidos por el agua que se encuentra en los suministros de agua potable y efluente de una estación depuradora de aguas residuales

**Desinfectante:** agente químico que destruye microorganismos, no así esporas bacterianas.

**Dureza:** característica del agua impartida principalmente por sales de calcio y magnesio, tal como bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos. Se expresa en mg/L o en grados franceses, alemanes.

**Índice de Langelier:** medida del grado de saturación del carbonato de calcio en el agua, el cual se basa en el pH, alcalinidad y dureza. Si el índice es positivo es un agua incrustante, si es negativo un agua corrosiva.

**Índice de Ryznar:** Similar al de Langelier y basado en los mismos parámetros. Si el índice de Ryznar tiene un valor de 6.0 o menor, el agua tiene tendencia incrustante, con un índice de 7.0 la incrustación no ocurre. Cuando el valor aumenta a valores superiores de 7.5 a 8.5 se incrementa el problema de la corrosión.

---



# Glosario de Términos

**Intercambio iónico:** proceso químico en el cual se intercambian iones de dos moléculas diferentes.

**Ion:** átomo o molécula que ha perdido o ganado uno o más electrones, la partícula se carga eléctricamente.

**Método DPD:** método analítico para determinar el cloro libre que utiliza el reactivo DPD (n-n-diétil-p-fenilendiamina). Es el ensayo más común y es reconocido oficialmente para la detección del cloro libre. La DPD causa la oxidación del cloro, se produce un cambio de color a magenta (rojo). La intensidad del color es directamente proporcional a la concentración de cloro.

**mg/L:** miligramos por litro, son las unidades de concentración, es igual que ppm.

**Mol:** peso molecular de una sustancia, normalmente expresado en gramos.

**Nefelómetro:** instrumento utilizado para comparar la turbiedad de soluciones que hace pasar un rayo de luz a través de un tubo transparente y mide la relación entre la intensidad de la luz dispersa y la luz incidente, en un ángulo de 90°.

**Neutralización:** adición de un ácido o una base para obtener un pH próximo a 7.

**Ozono:** oxidante muy energético, con poder oxidante y desinfectante mayor que el cloro. Para la medida y la desinfección con ozono se requiere inversiones elevadas.

**Oxidación:** reacción química en la cual el número de oxidación (valencia) de un elemento aumenta debido a la pérdida de uno o más electrones por parte de dicho elemento. La oxidación de un elemento va acompañada por la reducción simultánea del otro elemento.

**pH:** medición de la concentración de iones hidrógeno o protones (H+) en una solución, expresada como el menos logaritmo decimal de la concentración de iones hidrógeno expresado en gr/mol/L. La escala de pH va de 0 a 14, los valores menores indican acidez y los mayores alcalinidad. El valor de 7°C a 25°C indica la neutralidad.

**Potencial REDOX (ORP):** Potencial requerido para transferir electrones del oxidante al agente reductor. En el proceso de la oxidación, los electrones se transfieren de la sustancia que se oxidará al oxidante. Simultáneamente, al oxidarse una sustancia, se reduce otra. Los oxidantes son donantes de electrones, y los reductores son aceptadores de electrones. Normalmente los oxidantes son cáusticos y los reductores ácidos. La medida del potencial redox depende del pH.

**Reducción:** adición de electrones a una sustancia química con el objeto de disminuir su valencia.

**Sólidos disueltos totales (TDS):** suma de todos los sólidos disueltos volátiles o no volátiles en el agua o en una solución.

**Sólidos en suspensión:** sólidos insolubles que flotan en la superficie o están en suspensión en el agua, o en otros líquidos.

**Turbidez:** grado de opacidad producido en el agua por la presencia de partículas en suspensión. Se mide en NTU o FTU.

**Tubidímetro:** instrumento para medir la turbidez que utiliza como referencia una solución estándar.

**Turbiedad:** condiciones del agua causada por la presencia de materia en suspensión que produce la dispersión y absorción de luz.

---