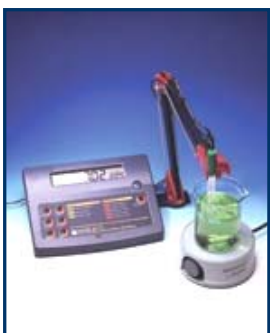


## QUE ES EL pH

**pH** es el término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. El término se define como el logaritmo de la concentración de iones  $H^+$  (protones) cambiado de signo:  $pH = -\log [H^+]$ , donde  $[H^+]$  es la concentración de iones  $H^+$  en moles por litro. Debido a que los iones  $H^+$  se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio ( $H_3O^+$ ), el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.



En agua pura a 22°C de temperatura, existen cantidades iguales de iones  $H_3O^+$  y de iones hidroxilos ( $OH^-$ ); la concentración de cada uno es  $10^{-7}$  moles/litro. Por lo tanto, el pH del agua pura es  $-\log (0.107)$ , que equivale a 7. Sin embargo, al añadirle un ácido al agua, se forma un exceso de iones  $H_3O^+$  en consecuencia, su concentración puede variar entre  $10^{-6}$  y  $10^{-1}$  moles/litro, dependiendo de la fuerza y de la cantidad de ácido. Así, las disoluciones ácidas tienen un pH que varía desde 6 (ácido débil) hasta 1 (ácido fuerte). En cambio, una disolución básica tiene una concentración baja de iones  $H_3O^+$  y un exceso de iones  $OH^-$  y el pH varía desde 8 (base débil) hasta 14 (base fuerte).

El pH de una disolución puede medirse mediante una valoración, que consiste en la neutralización del ácido (o base) con una cantidad determinada de base (o ácido) de concentración conocida, en presencia de un indicador (un compuesto cuyo color varía con el pH). También puede determinarse midiendo el potencial eléctrico que se origina en ciertos electrodos especiales sumergidos en la disolución.

## MEDICIONES DE pH



La **medición del pH** se origina en el sistema de electrodo. Este sistema consiste en un sensor de pH, cuyo voltaje varía proporcionalmente a la actividad de iones de hidrógeno de la solución (se trata del electrodo indicador), y un electrodo de referencia, que proporciona un voltaje de referencia constante y estable en el tiempo independientemente de las condiciones externas.

El electrodo de pH consiste en una fina membrana de cristal sensible al hidrógeno en el extremo de un tubo de cristal inerte. Este tubo está lleno de un electrolito, y la señal es transportada a través de un cable de  $Ag/AgCl$  (que actúa como referencia).

El medidor (voltímetro) mide la diferencia de potencial establecido entre el electrodo sensible de pH y el electrodo de referencia. Este valor en milivoltios es leído por la unidad y visualizado en unidades mV o pH.

## Media célula de pH

La fuerza electromotriz se basa en la siguiente ecuación, que es la denominada ecuación de Nernst:

$$E_{obs} = E_c + s \ln a_{H^+}$$

Donde:

$E_{obs}$  = potencial observado

$E_c$  = potencial de referencia incluyendo otros potenciales fijos y estables

s = pendiente de la recta  
 $a_{H^+}$  = actividad de los protones

La pendiente de la curva “s” se le llama factor de Nernst y es una característica de la membrana de cristal igual a:

$$s = 2,3 RT/n$$

Donde:

R = constante de los gases ideales (8,314 J/K mol)

T = temperatura absoluta en K

F = constante Faraday (96498)

n = carga del ión a medir, en este caso n = 1

Al ser R, F y n constantes, el potencial observado depende de la temperatura de la muestra. La relación entre el factor de Nernst y la temperatura se muestra en la siguiente tabla:

t (°C)	0	10	20	25	30	40	60	80
$N_t$	54.20	56.18	58.16	59.16	60.15	62.13	66.10	70.07

Los electrodos varían en forma y dimensiones de acuerdo con las necesidades del mercado. Estas variaciones, en términos estándar, se muestran en la tabla siguiente:

Forma	Diámetro	Aplicación
Esférica	Desde 3.0 hasta 9.5 mm	Uso General
Cónica	6x8 mm; 12x12 mm	Lácteos y Alimentación Trat. Aguas Residuales
Plana	Aprox. 10 mm	Textil, Papel, Piel y cuero cabelludo

## Vidrio Sensible al pH

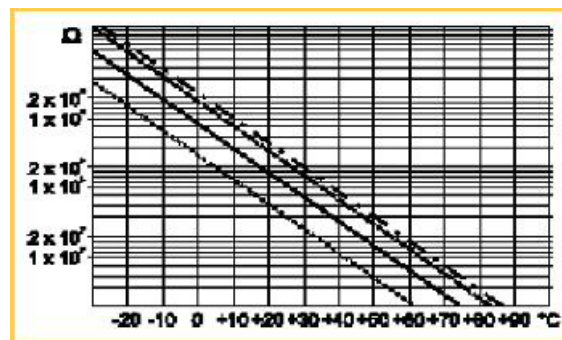
Las características del cristal de los electrodos son extremadamente importantes en la medición del pH, porque lo hacen idóneo para las aplicaciones a las que va destinado. Uno de los parámetros más importantes es el valor de la impedancia del cristal, que puede determinar las condiciones de una óptima utilización del electrodo.

Se suelen utilizar distintos tipos de cristal con distintas impedancias y procesos de fabricación, acorde a las diferentes aplicaciones donde se requiere su empleo. Por ejemplo, los electrodos producidos con cristal a baja impedancia son los adecuados para mediciones en sustancias con conductividad especialmente baja. Los electrodos para el uso industrial se suelen fabricar con un cristal que garantiza la continuidad de la respuesta incluso en valores elevados de pH, y ofrece una resistencia a las desfavorables condiciones típicas de las mediciones en ambientes industriales.

## Correlación Temperatura - Resistencia de los Electroodos de pH

La resistencia del cristal usado para la producción de electrodos, depende parcialmente de la temperatura. Cuanto más baja la temperatura más alta la resistencia y se necesitará más tiempo para estabilizar la lectura si la resistencia aumenta. Además el tiempo de respuesta sufrirá mucho más si la temperatura es inferior a 10°C. Como la resistencia del electrodo pH es excepcionalmente alta (aprox. 200 MW) la corriente que pasa a través de la membrana es muy baja (en el rango pA).

La exposición del electrodo a picos altos de corriente puede perturbar la calibración del electrodo durante varias horas. Por esta razón, ambientes con alta humedad, cortocircuitos y descargas electroestáticas pueden dañar los electrodos pH. La duración del electrodo pH también depende de la temperatura. Si se usa constantemente a temperaturas altas, la duración disminuye. Para prolongar la vida de los electrodos es aconsejable utilizarlo a temperaturas más bajas siempre que sea posible, normalmente a temperatura ambiente es cuando tienen su funcionamiento más óptimo. El gráfico muestra la correlación temperatura resistencia del cristal utilizado en electrodos estándar.

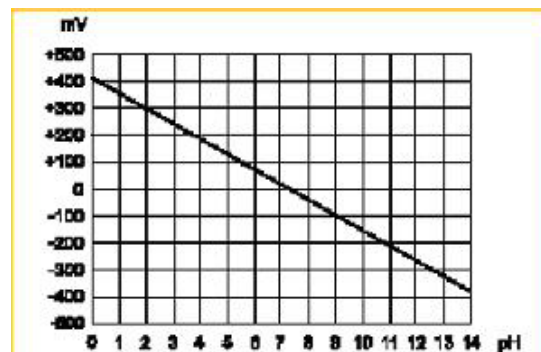


## Error Alcalino

En disoluciones muy alcalinas, las concentraciones altas de iones de sodio interfieren en el funcionamiento del electrodo de pH. Esta interferencia se denomina error alcalino. Su importancia depende de la composición del cristal sensible al pH (ya que muchos contienen este catión en la composición de la membrana sensible) y tiende a provocar un descenso en las lecturas.

Para solucionar el problema del error alcalino, existen un tipo específico de cristal, idóneo incluso en estas condiciones de alta alcalinidad.

El gráfico que se puede observar a continuación muestra la respuesta del cristal para electrodos industriales de pH a valores de pH 0 a 14, observándose una elevada linealidad.



### **Electrodo de Referencia (Plata/Cloruro de Plata)**

El electrodo de plata / cloruro de plata está formado por la deposición electrolítica de cloruro de plata sobre un hilo de plata. Este hilo se sumerge en una solución concentrada de KCl (cloruro potásico) presaturada con cloruro de plata para evitar que se disuelva el cloruro de plata ya depositado. El contacto del electrolito de referencia con la solución externa se realiza a través de una unión líquida.