

	MÉTODO ANALÍTICO pH: ELECTROMÉTRICO	
	SM 4500-H⁺ B	
	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá	
	Código: D-7.2-25	Versión: 12
	Revisó: Sub. Administrativo y Financiero	Aprobó: Director General (E)
	Fecha: 07 de Noviembre de 2025	Fecha: 07 de Noviembre de 2025
	Resolución: 100-03-10-23-2291-2025	Páginas: 1 de 15

1. DESCRIPCIÓN

El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina. La medición del pH es una de las más importantes y frecuentes pruebas usadas en la química del agua. Prácticamente todas las fases de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales (p. ej., neutralización ácido-base, ablandamiento del agua, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión) depende del pH

2. ALCANCE

Este método analítico aplica para la determinación de pH en aguas potable, superficiales, marinas, subterráneas y residuales domésticas y no domésticas.

3. FUNDAMENTO DEL MÉTODO

3.1 Principio

El principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia, normalmente se usa un electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (fem) producida en el sistema de electrodos de vidrio varía linealmente con el pH. Esta relación lineal se describe trazando la fuerza electromotriz medida contra el pH de diferentes soluciones buffer. El pH de la muestra se determina por extrapolación.

El sistema de electrodos se ajusta siempre con soluciones de pH conocido, de acuerdo con el fabricante y el tipo de medidor de pH, cada aparato posee sus propias características e instrucciones de uso. El instrumento de medida del pH está constituido por un potenciómetro, un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia y un mecanismo compensador de temperatura; cuando se sumergen los electrodos en la solución problema se completa el circuito.

La medición del pH es una de las pruebas más importantes y más utilizadas en la química del agua. Prácticamente todas las fases del suministro de agua y del

tratamiento de las aguas residuales (por ejemplo, la neutralización ácido-base, el ablandamiento del agua, la precipitación, la coagulación, la desinfección y el control de la corrosión) dependen del pH. La alcalinidad y la acidez son las capacidades de neutralización ácida y básica de un agua y se expresan generalmente en miligramos de CaCO_3 por litro. La capacidad tampón es la cantidad de ácido o base fuerte, normalmente expresada en moles por litro, necesaria para cambiar el valor del pH de una muestra de 1-L por 1 unidad. La basicidad o la acidez de una solución se estima mediante el pH, escala que se define como $-\log[\text{H}^+]$. El agua pura está ligeramente ionizada y en equilibrio el producto iónico es:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 1.01 \times 10^{-14} \text{ a } 25^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$\text{Y}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.005 \times 10^{-7}$$

Donde:

$[\text{H}^+]$ = Actividad de iones hidrógeno (mol/L),

$[\text{OH}^-]$ = Actividad de iones hidroxilos (mol/L),

K_w = Producto iónico del agua.

Debido a las interacciones iónicas en todas las soluciones, excepto en las muy diluidas, es necesario utilizar la actividad de un ion y no su concentración molar. El uso del término pH asume que se está considerando la actividad de ion del hidrógeno, a_{H^+} .

La equivalencia de molaridad, $[\text{H}^+]$ puede ser presumida solamente en soluciones muy diluidas (fuerza iónica < 0.1).

Una escala logarítmica es conveniente para expresar una amplia gama de actividades iónicas.

La ecuación 1 en forma logarítmica y corregida para reflejar la actividad es:

$$(-\log_{10} a_{\text{H}^+}) + (-\log_{10} a_{\text{OH}^-}) = 14 \quad (2)$$

$$\text{O } \text{pH} + \text{POH} = \text{pK}_w$$

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá		
D-7.2-25	Versión: 12	Página: 2 de 15

donde:

a = actividad

p=-log₁₀ de un número

pH= -log₁₀aH⁺

pOH= log₁₀OH

El principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno mediante una medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino a través del cual se hace burbujear el gas de hidrógeno a una presión de 101 kPa. Debido a la dificultad de su uso y a la posibilidad de envenenar el electrodo de hidrógeno, se utiliza comúnmente el electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (emf) producida en el sistema de electrodos de vidrio varía linealmente con el pH. Esta relación lineal se describe trazando la emf medida contra el pH de diferentes tampones. El pH de la muestra se determina por extrapolación.

El instrumento de medición de pH se calibra potenciométricamente con un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia utilizando tampones que son trazables al SI a través de un instituto nacional de metrología (NMI), como el instituto nacional de estándares y tecnología (NIST), por lo que:

$$pH_B = -\log_{10}a_{H^+} \quad (3)$$

Donde:

pH_B= pH asignado de buffer NIST

La escala de pH operativa se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:

$$pH_x = pH_B + \frac{F(E_x - E_s)}{2.303RT}$$

Donde:

pH_x=pH de la muestra medido potenciométricamente.

F =Faraday: 9.649×10^4 coulomb/mol,

E_x =fuerza electromotriz de la muestra (V),

E_s = fuerza electromotriz del buffer (V), R = Constante de gas; 8.314 julios/(mol K),

T = Temperatura absoluta (K).

Para la mayoría de los instrumentos, hay dos controles ajustados durante la calibración: intercepción (establecer buffer, asimetría, estandarizar) y pendiente (temperatura, compensación); sus funciones se representan en las figuras 1 y 2. El control de intercepción desplaza la curva de respuesta lateralmente para pasar por el punto isopotencial sin cambios en la pendiente. Esto lleva el instrumento a escala (0 mV) con un tampón de pH 7 que no tiene cambios de potencial con la temperatura.

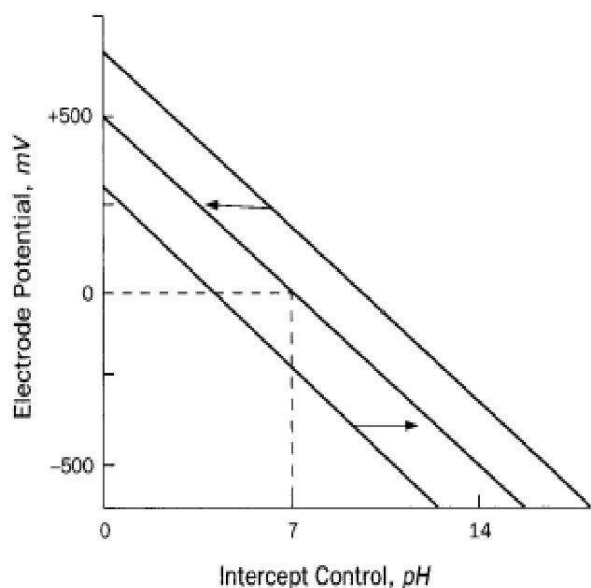


Figura 1. Potencial del electrodo de pH. El control de intercepción desplaza la respuesta lateralmente.

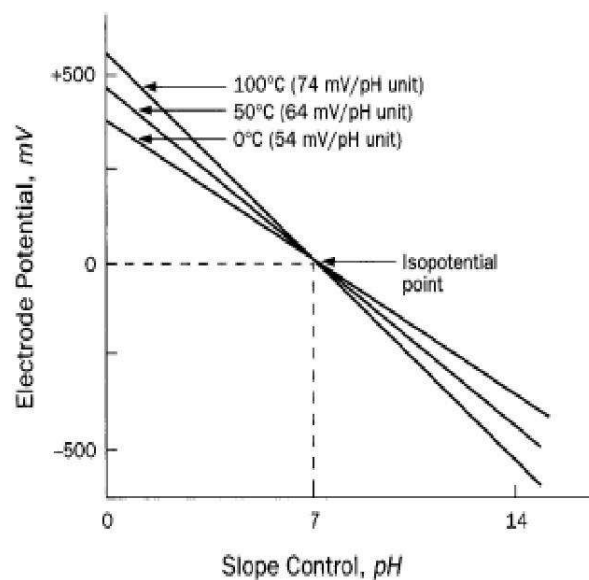


Figura 2. Una curva típica que muestra la respuesta del electrodo de pH en función de la temperatura.

3.2 Interferencias

El electrodo de vidrio está relativamente libre de interferencias como color, turbidez, materia coloidal, oxidantes, reductores o alta salinidad, excepto para un «error de sodio», que se da a pH mayores de 10. Este error se puede reducir usando un electrodo especial de bajo error de sodio. Recubrimientos de material graso o partículas pueden dificultar la respuesta del electrodo. Estos recubrimientos pueden ser removidos con una frotación muy suave o utilizando detergentes, seguido de un enjuague con agua desionizada.

Las medidas de pH son afectadas por la temperatura en dos formas: por efectos mecánicos causados por cambios en las propiedades de los electrodos y por efectos químicos causados por cambio de equilibrio. En el primer caso las interferencias pueden ser controladas utilizando instrumentos que posean compensación de temperatura o calibrando el sistema electrodo-instrumento a la temperatura de las muestras. La segunda fuente de error depende de las muestras y no puede ser controlada, por lo cual se debe reportar la temperatura con cada medida de pH realizada.

4. TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO

El análisis de pH debería ser realizado in situ directamente sobre el cuerpo de agua, si esto no es posible se extrae una porción de muestra del cuerpo de agua y se debe analizar antes de 15 minutos. En caso de que el análisis se realice en el laboratorio, tome un volumen mínimo de 100 mL y almacene en un recipiente completamente lleno (sin cámara de aire). Realizar la medida antes de 2 horas después de recolectada la muestra.

5. MATERIALES Y EQUIPOS

- Equipo de medición de pH.
- Electrodo de referencia de potencial constante y electrodo de vidrio. Se puede utilizar un electrodo combinado el cual posee ambos electrodos, de medida y de referencia, en un mismo cuerpo.
- Termómetro o sensor de temperatura para compensación automática en el instrumento.
- Agitador magnético y barras agitadoras.
- Recipiente preferiblemente de polietileno tereftalato (PET) o PTFE.

6. REACTIVOS

Preparación general: Calibrar el sistema de electrodos con soluciones tampón estándar de pH conocido que abarcan el pH esperado de las muestras. Debido a que las soluciones tampón pueden deteriorarse como resultado del crecimiento de moho, la evaporación, la absorción de dióxido de carbono, la exposición a temperaturas extremas o la contaminación. Tenga cuidado al manipular y almacenar los buffers, los tampones se pueden comprar comercialmente o se pueden preparar en el laboratorio.

Para análisis de rutina, utilice tabletas, polvos o soluciones tampón disponibles comercialmente de calidad probada. Para la trazabilidad metrológica, utilice tampones de un NMI o de un proveedor de material de referencia acreditado por *ISO 17034: 2016*.

Estos amortiguadores generalmente tienen valores de pH de 4, 7 y 10. Asegúrese de que las tabletas en polvo se disuelvan por completo. Guarde los tampones preparados a partir de tabletas o polvos en frascos de tereftalato de polietileno (PET) para excluir el aire. Mantenga las botellas de solución tampón estándar bien cerradas cuando no estén en uso. Almacenar a temperatura ambiente en un ambiente seco, alejado de fuentes de calor y luz solar.

Vierta el tampón en un recipiente aparte para realizar la calibración. Deseche el buffer después de su uso o cuando el buffer no pueda cumplir los criterios de la tabla 1.

No inserte un electrodo en la botella de tampón ni vierta el tampón usado nuevamente a la botella. La absorción de dióxido de carbono atmosférico en soluciones alcalinas (como pH 10 o superior) puede cambiar el pH del tampón. Una vez que se prepara el tampón alcalino o se abre una botella nueva, la vida útil es limitada. Deseche un amortiguador si hay un cambio en la apariencia en la apariencia (como si aparece sedimento o moho) o si el rendimiento no puede cumplir con los criterios de la tabla 1.

Cuando se requiera trazabilidad, compre materiales de referencia rastreables y siga las instrucciones del certificado asociado. Por ejemplo, para preparar estándares de pH trazables al Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST), compre un material de referencia estándar del NIST u otro CRM de un proveedor de materiales de referencia acreditado y prepare los estándares de pH

de acuerdo con el NIST asociado. Si no es necesario preparar sus propios tampones y no se requiere trazabilidad a un NMI, prepare fresco según sea necesario para un trabajo preciso, pesando las cantidades de productos químicos especificados en la Tabla 2, disolviéndose en agua destilada a 25°C, y diluyéndose a 1000mL. Esto es particularmente importante para el borato y los amortiguadores de carbonato.

Tabla 1. Valores de pendiente de calibración recomendados

Pendiente (%)	20 °C		25 °C		Estado de calibración
	1 unidad de pH	3 unidades de pH	1 unidad de pH	3 unidades de pH	
>102	>59.3	>178.0	>60.3	>181.0	Pobre
102	59.3	178.0	60.3	181.0	De acuerdo
101	58.8	176.3	59.8	179.3	Muy bien
100	58.2	174.5	59.2	177.5	Ideal
99	57.6	172.8	58.6	175.7	Muy bien
98	57.0	171.0	58.0	173.9	Muy bien
97	56.4	169.3	57.4	172.2	Muy bien
96	55.8	167.5	56.8	170.4	Muy bien
95	55.3	165.8	56.2	168.6	Muy bien
94	54.7	171.0	55.6	166.8	De acuerdo
93	54.1	162.3	55.0	165.1	De acuerdo
92	53.5	160.5	54.4	163.3	De acuerdo
<92	<53.5	<160.5	<54.4	<163.3	Pobre

Cloruro de potasio saturado. Disolver en 50 o 100 mL de agua porciones sucesivas de KCl hasta que no haya más disolución.

Tabla 2. Soluciones estándar de pH

Solución estándar (Molalidad)	pH a 25 °C	Peso de reactivos necesarios para preparar 1000 mL de solución, a 25 °C
Estándares primarios		
Tartrato ácido de potasio (saturado a 25°C)	3,557	> 7 g $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6^*$
Citrato diácido de potasio 0,05	3,776	11,41 g $\text{KH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$
Ftalato ácido de potasio 0,05	4,004	10,12 g $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$

Fosfato diácido de potasio 0,025 + fosfato ácido de disodio 0,025	6,863	3,387 g KH_2PO_4 + 3,533 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4^{**}$
Fosfato diácido de potasio 0,008 695 + fosfato ácido de disodio 0,030 43	7,415	1,179 g KH_2PO_4 + 4,303 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4^*$
Borato de sodio decahidratado (bórax) 0,01	9,183	3,80 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}^{**}$
Bicarbonato de sodio 0,025 + carbonato de sodio 0,025	10,014	2,092 g NaHCO_3 + 2,640 g Na_2CO_3

Estándares secundarios

Tetraoxalato dihidratado de potasio 0,05	1,679	12,61 g $\text{KH}_3\text{C}_4\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Hidróxido de calcio (saturado a 25°C)	12,454	>2g $\text{Ca}(\text{OH})_2^*$

* Solubilidad aproximada

** Preparar con agua destilada fresca, hervida y enfriada (libre de CO_2)

Hervir y enfriar el agua destilada que tiene una conductividad de menos de 2 $\mu\text{mhos/cm}$. A 50 mL, añadir 1 gota de solución saturada de KCl adecuada para el uso del electrodo de referencia. Si el pH de esta solución de prueba está entre 6,0 y 7,0, utilícela para preparar todas las soluciones estándar.

Secar el KH_2PO_4 a 110 a 130°C durante 2 h antes de pesar, pero no calentar el tetroxalato de potasio hidratado inestable por encima de 60°C ni secar las otras sales tampón especificadas.

Consulte la tabla 3, para conocer el valor de pH aceptado de las soluciones tampón preparadas a temperaturas distintas de 25°C. Guarde los tampones en botellas de PET para excluir el aire.

Tabla 3. Valores de pH estándar

Temp. °C	Estándar Primario						Estándar secundario		
	Tartrato saturado	Citrato (0.05M)	Ftalato (0.05M)	Fosfato (1:1)	Fosfato (1:3:5)	Borax (0.01M)	Bicarbonato-Carbonato (0.025M)	Tetroxalato (0.05M)	Hidroxido de calcio (saturado)
0			4.003	6.982	7.534	9.460	10.321	1.666	
5			3.998	6.946	7.501	9.392	10.248	1.668	
10			3.996	6.921	7.472	9.331	10.181	1.670	
15			3.996	6.898	7.449	9.276	10.120	1.672	
20			3.999	6.878	7.430	9.227	10.064	1.675	
25	3.557	3.776	4.004	6.863	7.415	9.183	10.014	1.679	12.454
30	3.552		4.011	6.851	7.403	9.143	9.968	1.683	

35	3.549	4.020	6.842	7.394	9.107	9.928	1.688
37		4.024	6.839	7.392	9.093		
40	3.547	4.030	6.836	7.388	9.074	9.891	1.694
45	3.547	4.042	6.832	7.385	9.044	9.859	1.700
50	3.549	4.055	6.831	7.384	9.017	9.831	1.707
55	3.554	4.070					1.715
60	3.560	4.085					1.723
70	3.580	4.12					1.743
80	3.609	4.16					1.766
90	3.650	4.19					1.792
95	3.674	4.21					1.806

Aunque los productos químicos de grado ACS son generalmente satisfactorios para preparar soluciones tampón, utilice materiales certificados disponibles cuando se requiera la mayor precisión. Para el análisis de rutina, utilice las tabletas, polvos o soluciones tampón de calidad comprobada disponibles en el mercado. Al preparar soluciones tampón a partir de sales sólidas, asegúrese de que la solución sea completa.

Como norma, seleccione y prepare soluciones tampón clasificadas como estándares primarios en la Tabla 2; reserve los estándares secundarios para situaciones extremas encontradas en las mediciones de aguas residuales. En el uso rutinario, almacene las soluciones tampón y las muestras en botellas de polietileno. Sustituya las soluciones tampón cada 6 meses.

Solución saturada de tartrato de hidrógeno de potasio: Agitar energicamente un exceso (5 a 10 g) de $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ finamente cristalino con 100 a 300 mL de agua destilada a 25°C en una botella con tapón de vidrio. Separar la solución clara del material no disuelto por decantación o filtración. Conservar durante 2 meses o más añadiendo un cristal de timol (8 mm de diámetro) por cada 200 mL de solución.

Solución saturada de hidróxido de calcio: Calcine CaCO_3 bien lavado y de bajo grado alcalino en una cápsula de platino durante 1 h a 1000°C. Enfriar, hidratar añadiendo lentamente agua destilada con agitación y calentar hasta la ebullición. Enfriar, filtrar y recoger el Ca(OH)_2 sólido en un filtro de vidrio de porosidad media. Secar a 110°C, enfriar y pulverizar hasta obtener gránulos uniformemente finos. Agitar vigorosamente el exceso de gránulos finos con agua destilada en una

botella de polietileno tapada. Deje que la temperatura llegue a 25°C después de mezclar. Filtrar el sobrenadante bajo succión a través de un filtro de vidrio sinterizado de porosidad media y utilizar el filtrado como solución tampón.

Deseche la solución tampón cuando el CO₂ atmosférico provoque la aparición de turbidez.

Soluciones auxiliares: 0,1N NaOH, 0,1N HCl, 5N HCl (diluir cinco volúmenes 6N HCl con un volumen de agua destilada), y solución ácida de fluoruro de potasio (disolver 2g KF en 2 mL de H₂SO₄ concentrado y diluir hasta 100 mL con agua destilada).

7. PROCEDIMIENTO

Calibración del instrumento.

En cada caso, siga las instrucciones del fabricante para el medidor de pH y para el almacenamiento y preparación de los electrodos para su uso. Las soluciones recomendadas para el almacenamiento y preparación a corto plazo de electrodos varían según el tipo de electrodo y el fabricante, pero generalmente tiene conductividad superior a 4000 µmhos/cm.

Mantenga los electrodos húmedos devolviéndolos a la solución de almacenamiento, cuando el medidor de pH no esté en uso. Cambie la solución de almacenamiento con regularidad para evitar crecimiento de moho y bacterias, la evaporación y la posible contaminación transmitidas por muestras.

El propósito de la calibración es establecer la relación entre la respuesta del electrodo y los estándares de pH, para que la lectura en el medidor de pH sea precisa. Calibre el medidor de pH cualquier día que se realicen análisis, antes de realizar el análisis.

Utilice al menos 2 soluciones tampón estándar de pH que incluyan el pH esperado de las muestras que se van a medir (se prefieren 3 soluciones tampón estándar).

Seleccionar los tampones para calibración para pH metros portátiles, el primer tampón es el de pH 7,0; el segundo el de pH 4,0. Cualquiera que sea el caso los tampones deben cubrir el intervalo del pH de las muestras, ya sean estas ácidas

o alcalinas. Llevar los tampones a temperatura ambiente o a una temperatura fija de referencia, tal como $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

Colocar en la solución tampón de pH 7,0 y/o 4,0. Desechar esta porción de la solución. Enjuagar y limpiar el exceso de gotas de agua con el toque de la bombilla brevemente con un paño sin pelusa, sumergir el electrodo en el segundo tampón, agitar la solución y ver la temperatura de medición.

Ajustar la respuesta del pH metro según las instrucciones de calibración del fabricante y según el valor de pH de las tablas para el tampón usado a la temperatura del ensayo (esto es el ajuste de pendiente), dichos valores deben estar en un intervalo de 0.92-1.02. Desechar esta porción de la solución.

Si se requiere un tercer punto de calibración, sumergir el electrodo en el tercer tampón (de $\text{pH} \leq 10$ o de aproximadamente tres unidades de pH de diferencia con el segundo) repetir el mismo procedimiento para los demás tampones.

Cuando un electrodo se pH se calibra adecuadamente con soluciones tampón de pH nuevas, la pendiente estará dentro del 3% del valor indicado en la tabla 1 para ambos rangos de calibración (de 4 a pH 7 y de pH 7 a pH 10). Si las pendientes de pH 4 a 7 y de pH 7 a 10 difieren más del 3%, deseché los tampones y vuelva a calibrar con soluciones tampones nuevas. Puede ser necesario preparar o abrir un nuevo tampón de pH 10 para mejorar la pendiente de pH de 7 a 10.

Ejemplo práctico:

Supón que obtienes:

Pendiente entre pH 4-7 = 99%

Pendiente entre pH 7-10 = 94%

Diferencia = 5%

Esto excede el 3% permitido, así que:

Debes descartar y preparar nuevos buffers (especialmente pH 10).

Recalibrar.

El propósito de la normalización es ajustar la respuesta del electrodo de vidrio al instrumento. Cuando sólo se hacen mediciones ocasionales del pH, estandarice el instrumento antes de cada medición. Cuando se hacen mediciones frecuentes y el instrumento es estable, estandarice con menos frecuencia. Si los valores de pH de la muestra varían mucho, estandarice para cada muestra con un tampón que tenga un pH dentro de 1 a 2 unidades de pH de la muestra.

Verificación de la calibración.

Retire los electrodos del ultimo tampón, enjuáguelos bien con agua grado reactivo y agite suavemente para eliminar el exceso de gotas de agua o toque la bombilla brevemente con un paño sin pelusa. Sumergir en un tampón que esté en un rango de pH similar al pH esperado de las muestras.

La lectura debe estar dentro de 0.1 unidades de pH para el pH esperado del tampón a esa temperatura. Utilice la tabla del valor de pH versus temperatura proporcionada por el fabricante del tampón estándar, o utilice el valor de pH que figura en la tabla 2 y la tabla 3 para el tampón utilizado a esa temperatura.

Si la pendiente de calibración cae fuera del 3% del valor indicado en la tabla 1, o el estándar de verificación de pH no está dentro de 0.1 unidades de su valor esperado, las causas más comunes son que es necesario limpiar el electrodo y acondicionar o sustituir los topes.

Si después de abordar estos dos problemas seguidos de la recalibración, el electrodo aún no cumple con los criterios, reemplácelo. Las muestras analizadas no se pueden diluir. Si el valor está por fuera del rango de calibración, informe el valor y califíquelo como fuera de rango de calibración. La alternativa es recalibrar usando diferentes buffers.

Análisis de la muestra.

Establezca un equilibrio entre los electrodos y la muestra agitando la muestra para asegurar su homogeneidad; agítela suavemente para reducir al mínimo el arrastre de dióxido de carbono. En el caso de las muestras tamponadas o de alta fuerza iónica, acondicione los electrodos después de limpiarlos sumergiéndolos en la muestra durante 1 min. Secar con un secador, sumergir en una porción fresca de la misma muestra y leer el pH. Con soluciones diluidas y mal tamponadas, equilibre los electrodos sumergiéndolos en tres o cuatro porciones sucesivas de la muestra. Tome una muestra fresca para medir el pH.

Con soluciones diluidas y mal tamponadas, equilibre los electrodos sumergiéndolos en 3 o 4 porciones sucesivas de muestra. Tome una muestra nueva para medir el pH.

Muestras fuera de equilibrio con la atmósfera.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá		
D-7.2-25	Versión: 12	Página: 12 de 15

Aunque la metodología de calibración y compensación de temperatura presentada es robusta en sí misma, cuando se intenta medir el pH de muestras tomadas de fuentes de sistemas cerrados como agua potable, agua subterránea y sistemas de agua caliente, el pH puede cambiar casi inmediatamente cuando se intenta realizar mediciones en recipientes abiertos al aire. El pH cambia intrínsecamente cuando las mediciones se realizan a una temperatura diferente a la del agua original, por lo que es posible que se necesiten algunas técnicas computacionales para convertir el pH medido nuevamente al pH in situ aproximado. Los valores de pH de laboratorio informados de estos sistemas ambientales deben usarse con considerable precaución.

8. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Los resultados de medición se obtienen por lectura directa del equipo, reportar la medición en unidades de pH con una precisión preferible de 0.01 y la temperatura con una precisión de 0.1 °C.

9. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Calibrar el equipo de 4 a 7 y de 7 a 10, la diferencia entre la pendiente de pH 4 a 7 y de 7 a 10 debe ser menor a 3%. Si la diferencia da mayor se debe descartar y preparar nuevos buffers (especialmente pH 10). Recalibrar. Esto se realiza periódicamente o cuando la verificación de las buffer no cumpla el criterio ± 0.1 .

Por cada lote de máximo 20 muestras analizadas, ejecute los siguientes controles de calidad:

- Verifique el valor de pH de las buffer, debe estar dentro de 0.1 unidades de pH, es decir 4 ± 0.1 , 7 ± 0.1 y 10 ± 0.1 . Si la diferencia da mayor en alguna de las tres buffer, se debe descartar y preparar nuevos buffers (especialmente pH 10). Calibrar. Si la diferencia es menor para las tres buffer, se continúa con el análisis.
- Una muestra por duplicado. $DPR \leq 2.0 \%$. Registrar los resultados en su respectiva carta de control de precisión.

10. MANTENIMIENTO

Se debe realizar una adecuada limpieza del electrodo del equipo después de su uso. Adicionalmente el electrodo se debe guardar en solución de KCl 0.03 M para prolongar su vida útil.

11. BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. In: Lipps Wc, Braunt-Howland Eb, Baxter Te. Eds. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24th Ed. Washington Dc: APHA PRESS;2023., Electrométrico, SM 4500-H⁺ B.

12. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Resolución	Versión	Detalle
12/10/2010	300-03-10-23-1426	01	Aprobación inicial con código y nombre D-5.4-55: MÉTODO ANALÍTICO POTENCIOMÉTRICO PARA PH.
25/06/2011	300-03-10-23-0686	02	Se cambió el nombre del documento y en el ítem de bibliografía se modificó el dato del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 20 ed., New York, 1999" por la de "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 21 ed. 2005". pH: Electrométrico, SM 4500-H B.
11/10/2013	300-03-10-23-1727	03	Se incluyó seguimiento por duplicados y actualización del Standard Methods.
10/04/2014	300-03-10-23-0523	04	Se escribe la nota en el ítem de almacenamiento "Usualmente este análisis se debe realizar de inmediato, sin embargo refrigerado a 4°C en recipiente aislado de la luz el pH puede no cambiar significativamente en una semana".
05/10/2016	300-03-10-23-1303	05	Se actualiza el logo corporativo.
15/08/2018	300-03-10-23-1436	06	Se actualiza el método según lo establecido en el Standard Methods Ed. 23 de 2017, así: En la sección de REACTIVOS se adiciona la solución tampón de pH 10. En la sección de PREPARACIÓN DE REACTIVOS se adiciona la frecuencia de cambio de las soluciones tampón usadas para calibración y verificación de trabajo. En la sección de SEGUIMIENTO Y CONTROL: • Se adiciona la frecuencia de calibración del equipo, indicando que se debe hacer previo a cada uso, además se condiciona la realización de duplicados a la lectura de lotes ≤ de 20 muestras. • Se indica lectura de standard de control de pH=6, para el cual se indica la respectiva preparación en la sección 6 y se identifica en la sección 5 como es debido.
19/11/2019	300-03-10-23-1429	07	Se adicionó la sección 2 – ALCANCE donde se especifica "Este método para medición directa del parámetro es aplicable para aguas potables, subterráneas, superficiales, lluvias, lavado de fruta, residual doméstica e industrial y marinas".

			Por otro lado, en la sección 7 - PREPARACIÓN DE REACTIVOS se indican los nombres explícitos de los reactivos para la preparación de las soluciones A y B. Se cambia la codificación del documento pasando de D-5.4-55 a D-7.2-25 de acuerdo a la nueva versión de la Norma – ISO/IEC 17025:2017.
18/07/2020	300-03-10-23-0792	08	Se documenta los criterios de %RPD<1 para duplicados de muestra y %E<1 para la solución de control.
26/05/2022	300-03-10-23-1320	09	Se actualiza el documento para la determinación de pH de acuerdo a la metodología normalizada de Standard Methods SM 4500 H+ B de 2017. Se eliminaron los numerales: Preparacion de reactivos y Algoritmo de este documento.
24/11/2023	300-03-10-23-2554	10	Se actualiza el documento para la determinación de pH de acuerdo con la metodología normalizada de Standard Methods 4500-H+ B de 2022, edición 24.
09/07/2025	100-03-10-23-1338	11	Se corrigió el año de la publicación de la versión vigente de Standard Methods (2023).
07/11/2025	100-03-10-23-2291	12	Se refuerza el control de calidad evaluando la diferencia de las pendientes en los rangos 4 – 7 y 7 – 10 de manera periódica.

Última línea-----última línea-----última línea