



PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (pH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS), UTILIZANDO EL MEDIDOR MULTIPARAMÉTRICO HANNA HI-9812-51

1. INTRODUCCIÓN

La NOM-127-SSA1-2021 define como agua para uso y consumo humano toda aquella que no causa efectos nocivos a la salud y que no presenta propiedades objetables o contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles y que no proviene de aguas residuales tratadas.

La calidad del agua puede variar dependiendo de su origen, del tratamiento al que haya sido sometida y de las condiciones de distribución o almacenamiento. Estas variaciones pueden afectar su aptitud para el consumo humano y otros usos, por lo que es necesario contar con métodos confiables para evaluar sus características fisicoquímicas.

En este contexto, surge la necesidad de determinar si diferentes tipos de agua presentan condiciones adecuadas de calidad mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos obtenidos con un equipo multiparamétrico y compararlos con los criterios establecidos en la normatividad mexicana.

El Medidor HI9812-51 de Hanna Instruments es un equipo portátil y económico diseñado para medir pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura; utiliza la sonda multiparámetro HI 1285-5, la cual integra sensores de pH, conductividad (EC), sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura en un solo cuerpo de polipropileno relleno con gel. Se conecta mediante un conector DIN e incluye un amplificador interno que reduce el ruido eléctrico de bombas o motores.

Principio de funcionamiento por parámetro

- Medición de pH: Utiliza una membrana de vidrio que genera un potencial eléctrico dependiente de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El circuito amplificador interno procesa esta señal de alta impedancia para evitar interferencias.
- Medición de EC / TDS (Conductividad y Sólidos Disueltos): Emplea un sensor amperométrico con dos clavijas de acero inoxidable. Al aplicar un voltaje alterno, la corriente que pasa entre las clavijas varía de forma proporcional a la cantidad de sales presentes.
- Medición de Temperatura: Un termistor integrado capta los cambios térmicos de la muestra, permitiendo que el medidor aplique una compensación automática fija (del 2 %/°C) sobre las lecturas de CE y TDS.

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

PUMAGUA (el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua de la UNAM) extrae agua subterránea de tres pozos —uno de ellos ubicado en la Facultad de Química—, la desinfecta de forma automatizada con hipoclorito de sodio y la distribuye por gravedad a todo el campus de Ciudad Universitaria para consumo seguro.

Extracción y Desinfección

- Pozo Química: Extrae aproximadamente el 10% del total del agua que abastece a la universidad.
- Inyección de cloro: El agua extraída recibe un tratamiento automatizado con hipoclorito de sodio.
- Control de niveles: Se mantiene el cloro residual libre dentro de los límites de la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-2021).
- Almacenamiento: Tras la cloración, el agua pasa a tanques de regulación para distribuirse a los edificios y bebederos.

Monitoreo y Control de Calidad

- Sensores en red: Se mide de manera continua el cloro libre, la turbiedad, el pH, la temperatura y los sólidos disueltos totales.
- Análisis de laboratorio: El equipo de PUMAGUA revisa semanalmente muestras para descartar bacterias como coliformes totales y fecales, además de verificar nitratos y sulfatos.
- Puntos de consumo: El agua que llega a los dispensadores y bebederos es vigilada de forma rigurosa para garantizar que sea 100% potable y gratuita para la comunidad.

2. OBJETIVO

En función de 4 parámetros, temperatura, pH, conductividad electrolítica y sólidos totales disueltos, evaluar la calidad del agua en el punto de salida de la planta de tratamiento de agua para confirmar que existe un tratamiento adecuado, y en dispensadores ubicados en el Instituto, para asegurar que la red de distribución no altere la calidad del agua.

3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO

- 1 Superficie de trabajo portátil (Mesa plegable o equivalente)
- 16 Envases de boca ancha de polietileno de alta densidad, con capacidad de 60 mL
- 1 Solución Hyclin 5% v/v en agua destilada
- **Medidor multiparamétrico Hanna HI-9812-51**
- 1 Piseta con agua desionizada
- 1 Paquete de servitoallas
- Soluciones de calibración de equipo multiparamétrico:
 - Solución de calibración de pH=4
Marca Meyer Lote: G0923767
 - Solución de calibración pH=7
Marca Meyer Lote: G0124014
 - Solución de calibración pH=10
Marca Meyer Lote: G0123010
 - Solución de calibración TDS=1382 ppm
Marca HANNA Instruments Lote: 0260
 - Solución de calibración EC=1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)
Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

Marca HANNA Instruments Lote: 8572

- Solución de KCl 3.5 M
- 1 Recipiente de boca ancha para residuos acuosos
- 3 Botellas de polietileno de alta densidad de 50 mL
- 6 Bolsas de plástico resellables
- 4 Recipientes de plástico de 4 L con tapa
- 16 Pipetas berales
- Marcador y cinta adhesiva

3.1. Equipo De Protección Personal

Tabla 2. Equipo y material de protección personal.

Equipo/material	Cantidad	Observaciones
Bata de algodón larga y con mangas largas	1	Por cada analista
Guantes de nitrilo	6 pares	Dos pares por persona y 3 extras
Zapatos cerrados	1 par	No zapatos/ tenis de tela
Ropa adecuada	1	Traer pantalón de mezclilla, evitar blusas cortas

Nota: Traer el cabello recogido

4. PROTOCOLO DE MEDICIÓN

4.1. Calibración y verificación del pH^{1 2}

1. Sacar los buffer de la bolsa y colocarlos en servitoallas por separado
2. Tomar el buffer de pH 4.0, destaparlo y sumergir la punta de la sonda (4 cm) en la en buffer y presionar el botón de temperatura (°C)
3. Agitar y esperar unos minutos para que la lectura se ajuste y estabilice. La pantalla mostrará el valor de pH
4. Verificar que la temperatura esté en un rango de temperatura de 20°C a 25°C, presionar el botón de pH y verificar que esté a un pH 4.0.
5. Verificar que este a pH 4.0, ajustar la perilla de calibración de pH hasta que la pantalla LCD muestre el valor de pH a la temperatura indicada.
6. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y limpiar con una servitoalla
7. Colocar el sensor en el buffer pH 7.0, agitar y esperar unos minutos para que la lectura se ajuste y estabilice. La pantalla mostrará el valor de pH.
8. Verificar que este a pH 7.0, ajustar la perilla de calibración de pH hasta que la pantalla LCD muestre el valor de pH a la temperatura indicada.
9. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y limpiar con una servitoalla
10. Colocar el sensor en el buffer pH 10.0, agitar y esperar unos minutos para que la lectura se ajuste y estabilice. La pantalla mostrará el valor de pH.

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

11. Verificar que este a pH 10.0, ajustar la perilla de calibración de pH hasta que la pantalla LCD muestre el valor de pH a la temperatura indicada.
12. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

4.2. Calibración y verificación de la conductividad^{1 3}

13. Calibrar el equipo utilizando soluciones patrón de conductividad certificadas de acuerdo con el intervalo esperado de medición.
14. Verificar que la calibración siga en los valores de la solución patrón, si no es así seguir girando la perilla de TDS/SDT, repetir este paso hasta que mantenga la calibración .
15. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

4.3. Calibración y verificación de sólidos totales disueltos^{1 4}

16. Calibrar el equipo utilizando soluciones patrón de sólidos disueltos totales certificadas de acuerdo con el intervalo esperado de medición.
17. Verificar que la calibración siga en los valores de la solución patrón, si no es así seguir girando la perilla de SDT/TDS, repetir este paso hasta que mantenga la calibración .
18. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

4.4. Medición de la temperatura¹

19. Sumergir la punta de la sonda (4 cm) en la muestra a evaluar y presionar el botón de temperatura (°C)
20. Agitar y esperar unos minutos para que la lectura se ajuste y estabilice. La pantalla mostrará el valor de temperatura.
21. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

Nota: Es importante medir en el momento del muestreo la temperatura

4.5. Medición del pH ^{1 2}

22. Sumergir la punta de la sonda (4 cm) en la muestra a evaluar y presionar el botón de pH
23. Agitar y esperar unos minutos para que la lectura se ajuste y estabilice. La pantalla mostrará el valor del pH.
24. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

4.6. Medición de conductividad ¹

25. Sumergir la punta de la sonda (4 cm) en la muestra.
26. Golpear suavemente el fondo del recipiente para remover burbujas atrapadas en el interior de la sonda
27. Seleccionar el rango de medición de conductividad eléctrica utilizando el botón señalado como “µS/cm.”

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

28. Esperar 2 minutos para que el sensor alcance el equilibrio térmico.
29. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.

4.7. Medición de sólidos totales disueltos ¹⁴

30. Golpear suavemente el fondo del recipiente para remover burbujas atrapadas en el interior de la sonda
31. Sumergir la punta de la sonda (4 cm) en la muestra.
32. Seleccionar el rango de medición de conductividad eléctrica utilizando el botón señalado como "ppm."
33. Esperar 2 minutos para que el sensor alcance el equilibrio térmico.
34. Enjuagar el electrodo con agua desionizada y secar con una servitoalla después de realizar cada medición.
35. Después de que se completen las lecturas, se debe de enjuagar con agua desionizada y secar con una servitoalla, se debe de colocar la tapa protector con solución KCl al 3.5 M.
36. El instrumento se debe apagar con el botón On/Off y cubrir con la tapa protectora.

Nota: Las mediciones obtenidas de los 4 parámetros de deben colocar en las tablas 4.1.1, 4.1.2., 4.2.1 y 4.2.2 según correspondan.

5. REFERENCIAS

1. Hanna Instruments Chile. (2024, 3 junio). *Sonda multiparamétrica de PH / CE / TDS - HI1285-51* | Hanna Instruments Chile. <https://hannachile.com/producto/sonda-multiparametrica-de-ph-ce-tds-hi1285-51>
2. Secretaría de Economía. (2016). Análisis de agua - Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (NMX-AA-008-SCFI-2016). Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
3. Secretaría de Economía. (2000). *NMX-AA-093-SCFI-2013. ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-093-1984)*. Dirección General de Normas.
4. Secretaría de Economía. (2016). Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (NMX-AA-034-SCFI-2015). Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>
5. Secretaría de Salud. (2022). *NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*. Diario Oficial de la Federación.
6. Lipps, W. C., Braun-Howland, E. B., & Baxter, T. E. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA Press.
7. *Guía para clientes. Muestreo de agua para análisis microbiológico*. (s.f.). PRIMUS LABORATORIOS DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
8. Secretaría de Economía. NMX-AA-003/2-SCFI. Análisis de agua – Muestreo – Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy0909/proy-nmx-aa-003-2-scfi008.pdf>

Elaborado por: Michelle García G. (QFB), Maite Olivares Fdz. (Q), Frida G. Arteaga P. (QFB)

Programa de Estancias Cortas de Investigación (PECI 2026-2)

Responsables: Drs. José Luz González Ch. / Ma. Teresa de J. Rodríguez S.

Agosto 2026

9. Secretaría de Economía. NMX-AA-003/3-SCFI. Análisis de agua – Muestreo – Parte 3: Guía para la preservación y manejo de las muestras. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy0909/proy-nmx-aa-003-3-scfi008.pdf>
10. Est. I.Q. Elvis Alejandro Tovar Facundo (2026), Guía Residuos EATF 20260306 Proyecto DGAPA-UNAM PAPIME PE201324. https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/20154/mod_resource/content/2/Gu%C3%ADa%20Residuos%20EATF%2020260306.pdf
11. <https://labco.mx/producto/medidor-ph-ce-tds-hanna-hi9812-51/>
12. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/pumagua-garantiza-agua-potable-de-calidad-para-su-comunidad/
13. https://www.pumagua.unam.mx/calidad_agua_monitoreo.html

0. Nota: El presente procedimiento corresponde al acondicionamiento interno establecido por el Grupo de Investigación Formativa en Química Analítica Ambiental (GIFQAA) para minimizar el riesgo de contaminación de los recipientes de muestreo. Este procedimiento complementa las recomendaciones generales para el manejo y acondicionamiento de envases descritas en la NMX-AA-003/2-SCFI y la NMX-AA-003/3-SCFI, relativas a las técnicas de muestreo y a la preservación y manejo de muestras de agua.

6. AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS:

Directora M.en D. Fátima Yaraset Mendoza Montero. Directora del Instituto Tecnológico Nacional de Milpa Alta
 QFB. Joaquina Villegas Castillo
 Ing. Jibrahan Homir Mondragón Santana
 Alumnas de la carrera de Ing. Bioquímica:
 Nayeli Iglesias Sánchez y Berenice Hernández Mejía

Dra. Daniela Franco Bodek
 M. en C. Silvia Citlalli Gama González
 Dra. Anaí Chiken Soriano
 Dra.Minerva Monroy Barreto

Alumnos de la carrera de Q: Rodríguez Pacheco Oscar Uriel y Acoltzi Amador Diego
 Alumno de la carrera de QFB: Sustayta Azuara Manuel Arturo
 Alumno de la carrera de QA: Vera Jiménez Marcus Ian
 Alumno de la carrera de IQ: Tovar Facundo Elvis Alejandro
 C. Osvaldo Ríos