

MEDICIÓN EN QUÍMICA INSTRUMENTAL





Medición en Química Instrumental

© José Luis Rosales Saavedra¹, Christian Santander Valeriano¹

Primera edición - Marzo 2026.

LO JUSTO S.A.C.

Composición: Marketing - LO JUSTO S.A.C.

Fotografía: Marketing - LO JUSTO S.A.C.

Jr. Huánuco Nro. 204 Semi Rural Pachacútec, Cerro Colorado, Arequipa, Perú.

Teléf. móvil: (+51) 998 656 536

E-mail: controloperaciones@lojusto.com

Lab-PMR@lojustosac.com

Depósito Legal: 2026-03328

Interpretación de los certificados de material de referencia. © 2 by José Luis Rosales Saavedra¹, Christian Santander Valeriano¹, licensed under CC BY-NC-ND 4.0

© 2026, LO JUSTO S.A.C. - Reservados todos los derechos.

MEDICIÓN EN QUÍMICA INSTRUMENTAL

1. Introducción

Las mediciones en química pueden clasificarse en cualitativas y cuantitativas, así como en propiedades extensivas o intensivas. Este trabajo se centrará en las mediciones cuantitativas de la química analítica instrumental, principalmente en la relación entre la magnitud fisicoquímica medida por el instrumento y su interpretación metroológica mediante Materiales de Referencia Certificados (MRC).

En la química analítica, raramente se mide directamente la propiedad química de interés. Por ejemplo, en la medición del pH, el instrumento traduce una señal eléctrica (milivoltios) en unidades de pH mediante una función basada en la ecuación de Nernst, validada y calibrada con MRC específicos. La calibración asegura una pendiente cercana a 58 mV/pH, si el sistema de mediación funciona adecuadamente y un margen de tolerancia, garantizando la trazabilidad y precisión del sistema. La trazabilidad metroológica conforme al Sistema Internacional de Unidades es esencial para la validez, precisión y comparabilidad de las mediciones químicas, asegurando que los resultados sean confiables y reproducibles a nivel nacional e internacional.

1.1. Magnitud básica instrumental y su interpretación a través de MRC

En la mayoría de los equipos instrumentales empleados en química analítica cuantitativa, la magnitud básica registrada no corresponde directamente a la cantidad de sustancia, exceptuando el caso de las balanzas, que se relacionan directamente con la unidad fundamental de masa, el kilogramo.

Por ejemplo, en la medición de pH, la magnitud básica es el potencial eléctrico expresado en milivoltios (mV), que posteriormente se interpreta y reporta en unidades de pH. En la conductividad eléctrica, la magnitud básica es el inverso de la resistencia eléctrica y se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de la turbidez, la magnitud básica es la dispersión de la luz, que se reporta en unidades nefelométricas (NTU). En espectrofotometría, se mide la absorbancia o la transmitancia, y los resultados se suelen expresar en unidades de concentración, como miligramos por litro (mg/L). En cromatografía, la magnitud básica es la intensidad de la señal, que puede expresarse como el área o la altura del pico, vale mencionar que dicha intensidad es la traducción que realiza el detector midiendo por ejemplo conductividad, absorbancia, corriente eléctrica etc., llevándolo a

concentración. Dado que estas magnitudes básicas están relacionadas funcionalmente con la propiedad química o fisicoquímica de interés, es siempre necesario ajustar, calibrar o establecer una función de calibración que permita relacionar dicha magnitud con la magnitud química de interés, comúnmente la cantidad de sustancia (por ejemplo, mg/L) o una propiedad fisicoquímica como la turbidez (NTU).

Idealmente, esta función de calibración es lineal o se ajusta para aproximarse a la linealidad; por ejemplo, trabajando con soluciones diluidas para cumplir con la ley de Beer-Lambert en espectrofotometría. Sin embargo, es posible que la función de calibración sea polinómica u otra forma matemática más compleja, lo que incrementa la dificultad para la estimación de la incertidumbre de la medición.

La obtención precisa de esta función de calibración, especialmente dependiendo de los niveles y materiales de referencia certificados (MRC) disponibles, permite determinar incertidumbres a diferentes niveles de concentración, así como límites de detección y cuantificación esperables cuando la medición se aplica adecuadamente.

Cuando hablamos de incertidumbre, nos referimos a la relación inseparable entre calibración y medición, que forman partes integrales de un mismo proceso, tal como lo define el Vocabulario Internacional de Metrología [1]

Calibración, f. Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

1.2 Verificación - ajuste - calibración - medición

El proceso de medición con instrumental en química analítica debe ejecutarse mediante diferentes pasos indispensables para garantizar la trazabilidad metroológica de las mediciones. Estos comprenden:

a) Verificación de la respuesta del instrumento con Materiales de Referencia Certificados (MRC) o muestras control. Este paso consiste en comprobar que el instrumento responde adecuadamente a los MRC o a la muestra control dentro del rango de incertidumbre de medición o incertidumbre objetivo definida por el laboratorio.

No debe confundirse con que la respuesta esté dentro de los errores máximos permisibles (EMP) del instrumento o con la llamada "exactitud" declarada por el fabricante.

b) Ajuste con MRC si es necesario y si el instrumento lo permite.

Cuando la verificación muestra que la respuesta del instrumento está fuera de los límites de incertidumbre objetivo, se realiza un ajuste en puntos discretos indicados por el fabricante. Luego de este ajuste, puede ser necesaria una calibración completa u obtención de una nueva función de calibración para asegurar mediciones confiables.

c) Calibración u obtención de la función de calibración usando MRC (curva de calibración).

La calibración puede ser realizada por un laboratorio externo o internamente, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO/IEC 17025. El análisis del certificado de calibración debe considerar:

▶ I. Linealidad o proporcionalidad entre el mensurando y la respuesta del instrumento según el principio de medición.

▶ II. Establecimiento de una regla de decisión que incluya la evaluación del resultado de la calibración y la incertidumbre objetivo definida en la verificación para dar conformidad.

▶ III. Decisión sobre el uso de factores de corrección o su incorporación a la incertidumbre como correcciones no realizadas.

d) Medición con la información obtenida o introducida en el software del instrumento para una lectura directa.

Esta etapa incluye:

▶ I. Obtener el valor predicho por la curva de calibración e incertidumbre asociada, por la contribución de la función de calibración.

▶ II. Incorporar incertidumbres adicionales derivadas de procesos previos como digestión, dilución, etc., si aplican.

▶ III. Considerar el aporte principal a la incertidumbre, habitualmente la reproducibilidad del método, determinada en la verificación por parte del laboratorio.

▶ IV. Definir reglas de decisión para cumplir especificaciones y evaluar el riesgo con bases estadísticas sólidas cuando la medición debe cumplir con una especificación [2]. Ignorar alguno de estos pasos o no analizar adecuadamente los resultados puede llevar a un procedimiento que incumple las buenas prácticas de laboratorio, produciendo resultados comprometedores, no confiables y sin trazabilidad metrológica reproducibilidad del método, determinada en la verificación por parte del laboratorio.

▶ IV. Definir reglas de decisión para cumplir especificaciones y evaluar el riesgo con bases estadísticas sólidas cuando la medición debe cumplir con una especificación [2].

Ignorar alguno de estos pasos o no analizar adecuadamente los resultados puede llevar a un procedimiento que incumple las buenas prácticas de laboratorio, produciendo resultados comprometedores, no confiables y sin trazabilidad metrológica.

1.3 Mediciones trazables

En este punto, nuestro objetivo fundamental es reportar mediciones trazables. Por ello, es necesario revisar la definición básica de la metrología como la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, que incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con dichas mediciones, independientemente de su nivel de incertidumbre o campo de aplicación. En consecuencia, una medición sin incertidumbre o sin conocimiento de su incertidumbre carece de sentido y aplicación.

El concepto de medición se refiere al proceso mediante el cual se obtienen experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. Se aclara que una medición implica una comparación entre magnitudes (patrón - mensurando) y un procedimiento o sistema de medida calibrado conforme a un procedimiento específico.

En otras palabras, la medición trazable requiere conocimiento, una estimación adecuada de la incertidumbre y la comparación con magnitudes trazables. Esto se logra mediante la calibración del instrumento o sistema de medición, generalmente por comparación con patrones conocidos, obteniendo así una función de calibración.

En mediciones químicas, estos patrones corresponden a Materiales de Referencia Certificados (MRC), que constituyen el eslabón más alto en la cadena de trazabilidad. Sin embargo, también es recomendable el uso de muestras control ajustadas al proceso productivo para verificar que las mediciones mantienen la confianza requerida.

En el mercado existen diversos materiales de referencia, pero el nivel metrológico más alto lo representan los MRC —o CRM en inglés— los cuales deben estar acreditados; de lo contrario, no es ético denominarlos como tales.

Un MRC se define como un material de referencia caracterizado mediante un procedimiento metrológico válido para una o más propiedades especificadas, acompañado de un certificado que proporciona el valor de la propiedad, su incertidumbre asociada y una declaración de trazabilidad metrológica [3]. Un material de referencia acreditado para un uso específico se denomina

MR.

Este es un material homogéneo y estable respecto a una o más propiedades especificadas, establecido como adecuado para el uso previsto en un proceso de medición, esta puede ser una muestra de control. Tanto los MRC como los MR acreditados deben ser producidos por un laboratorio productor de Material de Referencia (PMR), definido como el organismo responsable de planificar y gestionar proyectos, asignar y decidir valores y sus incertidumbres, autorizar valores y emitir certificados o declaraciones para los materiales producidos [3]. Un material de referencia, aunque no esté acreditado, debería proporcionar información relevante que incluya, pero no se limite a:

- Uso y aplicación
- Método de certificación
- Producción y materiales involucrados
- Evaluación de estabilidad en tiempo, transporte y uso repetido
- Evaluación de homogeneidad
- Trazabilidad
- Valor(es) certificados
- Incertidumbre

Algunos materiales se comercializan con poca información, bajo títulos como certificado de análisis o ensayo, pero se ofrecen como materiales de referencia. Otros incluyen información completa, pero al no estar acreditados, ofrecen flexibilidad en el nivel de detalle reportado, por ejemplo, no incluyen incertidumbre por estabilidad dentro del valor certificado, lo cual limita la validez de dicha incertidumbre al primer uso.

Para facilitar la interpretación y uso adecuado de materiales de referencia, se recomienda usar una lista de verificación para aplicar a la documentación que acompaña el material de referencia, antes de aceptar y usar cualquier material, acreditado o no. Esta lista podría incluir los aspectos indicados en la Tabla 1.

Tabla N° 1: Lista de verificación para la documentación que acompaña al Material de Referencia

Aspecto a identificar	OK / No Indica
¿El material está claramente identificado como acreditado (con logo de acreditación) o no acreditado?	✓ / X
¿La denominación del material es adecuada y coherente con su naturaleza (MRC, CRM, certificado de análisis, etc.)?	✓ / X
¿El certificado o informe acompaña especificaciones completas: uso, método de certificación, ¿evaluación de estabilidad y homogeneidad?	✓ / X
¿Incluye valores certificados, incertidumbre, trazabilidad y referencias bibliográficas?	✓ / X
¿Se ajusta el material a la medición, rango y matriz de interés en mi proceso?	✓ / X
¿La documentación explica claramente el método y condiciones de utilización?	✓ / X
¿El certificado indica la trazabilidad metrológica del valor certificado?	✓ / X

¿El informe evalúa o reporta o incluye la estabilidad del material durante su vida útil en la incertidumbre?	✓ / X
¿Se indica la evaluación de homogeneidad e incluye el impacto en la incertidumbre?	✓ / X
¿La incertidumbre reportada es adecuada y coherente con las condiciones del material y su uso?	✓ / X
¿La incertidumbre incluye la evaluación de estabilidad y homogeneidad?	✓ / X
¿Las recomendaciones de conservación están claramente indicadas?	✓ / X
¿Se garantiza el mantenimiento de las propiedades durante el uso en condiciones normales de laboratorio?	✓ / X
¿Existe alguna limitación o advertencia relevante en la documentación?	✓ / X
¿Es necesaria alguna recalibración, ajuste o recertificación antes de su uso?	✓ / X

4. Conclusiones

- La trazabilidad metrológica es fundamental para que los resultados de medición sean confiables, comparables y técnicamente válidos, garantizando que cada valor medido pueda relacionarse con patrones reconocidos mediante una cadena documentada de calibraciones.

- La obtención de mediciones trazables requiere conocer y estimar adecuadamente la incertidumbre asociada, ya que una medición sin conocimiento de su incertidumbre carece de sentido práctico y no cumple con estándares metrológicos.

- Los Materiales de Referencia Certificados (MRC) constituyen el nivel más alto en la cadena de trazabilidad de las mediciones químicas y deben estar acompañados por certificados que incluyan valores, incertidumbres y declaratoria de trazabilidad.

- Además de los MRC, el uso de muestras control ajustadas al proceso productivo es conveniente para verificar la consistencia y confianza continua en el sistema de medición.

- Los materiales de referencia, aunque no estén acreditados, deben proporcionar información suficiente sobre su uso, método de certificación, estabilidad, homogeneidad y trazabilidad, para asegurar una interpretación adecuada de sus valores certificados.

- Para un uso adecuado de materiales de referencia, es recomendable seguir una lista de verificación documental que confirme que el material es apropiado para la medición, incluye incertidumbres evaluadas, recomendaciones de conservación y posibles limitaciones o requisitos de recertificación.

- La calibración, verificación y ajuste son operaciones críticas e inseparables que aseguran la trazabilidad y validez de los sistemas de medición, cumpliendo con las normas internacionales como ISO/IEC 17025

7. Bibliografía

Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). 3ª Edición en español, 2012. Traducción de la 3ª edición del VIM, 2008, con inclusión de pequeñas correcciones. JCGM. (2008). Evaluación de datos de medición: Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (1ª ed., traducción al español). Centro Español de Metrología. NTP-ISO 17034:2017, 1ª Edición. "Requisitos generales para la competencia de los productores de materiales de referencia"



AREQUIPA:

Jirón Huánuco 204,
Semi Rural Pachacútec,
Cerro Colorado - Arequipa.

LIMA:

Calle Beta Nro. 147. - Urb. Parque de la
Industria y Comercio, Callao - Callao.

MOQUEGUA:

Pampas de San Antonio Mz. C-4B,
Lt. 18 Sector A - Moquegua.

Contáctanos:

