

Punto del hielo para el seguimiento de termómetros: análisis comparativo de su realización utilizando agua destilada, filtrada y de grifo

Acevedo, Héctor

CENAMEP AIP

Ciudad de Panamá, Panamá

ORCID: 0000-0003-3878-1298

Prado, Ebony

CENAMEP AIP

Ciudad de Panamá, Panamá

ORCID: 0000-0002-1614-5410

Castro, Fanny

CENAMEP AIP

Ciudad de Panamá, Panamá

ORCID: 0000-0001-7181-8203

Abstract

Platinum resistance thermometers are verified through measurements taken at the triple point of water (0.01 °C) or at the freezing point of ice (0 °C) [1], [2]. Once the thermometer's reference value has been established, either at the triple point of water or at the melting point of ice, the measurements must be compared with the previous value and be within the limits set by the user. Control charts are then drawn up to determine the derive of the thermometers over time [3]. In preparing this study, 30 measurements were taken to determine the temperature differences in the ice point using different types of water: distilled water, tap water, and filtered tap water [4]. The aim was to generate information that would be useful for secondary laboratories, study centers, and industry in general that use RTD or IPRT temperature sensors in their processes and need to carry out control and monitoring to ensure the quality of the results [5].

Keywords: Distilled water, derive, freezing point, triple point of water, platinum resistance thermometer.

Resumen

Los termómetros de resistencia de platino se verifican a través de mediciones realizadas en el punto triple del agua (0,01 °C) o en el punto del hielo (0 °C) [1], [2]. Una vez establecido el valor de referencia del termómetro, ya sea en el punto triple del agua o en el punto de fusión del hielo, las mediciones deben ser comparadas con el valor anterior y estar dentro de los límites establecidos por el usuario, y de esta forma se elaboran las cartas de control para determinar la deriva de los termómetros a lo largo del tiempo. En la elaboración de este estudio se tomaron 30 mediciones buscando determinar las diferencias de temperatura en la realización del punto del hielo empleando diferentes tipos de agua: destilada, agua de grifo y agua de grifo filtrada. Esto con el objetivo de generar información que sea de utilidad para los laboratorios secundarios, centros de estudios e industria en general que utilizan dentro de sus procesos sensores de temperatura de tipo RTD o IPRT y deban realizar control y seguimiento como aseguramiento de la calidad de los resultados.

Palabras claves: Agua destilada, deriva, punto del hielo, punto triple del agua, termómetro de resistencia de platino.

1. INTRODUCCIÓN

El punto de fusión del agua es una referencia de temperatura muy sencilla, eficaz y barata. La realización del punto del hielo con agua pura a una presión atmosférica de 101 325 Pa es cercano a 0,0024 °C. Sin embargo, éste no es el punto de hielo tal y como se utiliza como referencia de temperatura. El punto de hielo práctico es la temperatura de equilibrio del hielo y el agua saturada de aire, que se produce a una presión de 101 325 kPa a la temperatura inferior de 0 °. La diferencia de 0,0024 °C se debe al aire disuelto en el agua y el hielo [3].

Históricamente, el punto de hielo era el punto que definía muchas escalas de temperatura hasta que desarrollaron las celdas de triple punto del agua, más precisas. Sigue desempeñando un papel importante en termometría, ya que es un punto fijo que puede obtenerse fácilmente en casi cualquier laboratorio con un coste mínimo. Si los requisitos de precisión son de $\pm 0,01$ °C o superior, se debe utilizar el punto triple del agua [4].

La verificación en el punto del hielo de los termómetros de resistencia de platino es útil para comprobar su estabilidad y deriva en el tiempo, lo que puede servir para establecer periodos de calibración y su comprobación entre calibraciones, sobre todo cuando es sometido a altos rangos de temperatura [5]. Los Institutos Nacionales de Metrología (INM)

por recomendaciones de normas internacionales como ASTM E563 y guías técnicas utilizan agua destilada por ser libre de contaminantes, como minerales, bacterias, metales pesados y pesticidas para realizar el punto de fusión del agua. Existe una diferencia al realizar el punto del hielo con otros tipos de agua, este estudio pretendía determinar cuánto es esa diferencia de temperatura al usar agua filtrada y de grifo respecto a las variaciones que se dan utilizando agua destilada. Esto con el objetivo de generar información que sea de utilidad para otros laboratorios secundarios, la industria en general, instituciones de educación superior, entre otros que utilizan dentro de sus procesos sensores de temperatura, y deban realizar control y seguimiento como aseguramiento de la calidad de los resultados.

2. MÉTODO

A. Realización del punto del hielo

Para la realización del punto del hielo el laboratorio debe encontrarse a una temperatura ambiente de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa menor de 65 % sin condensación [6]. Todos los materiales usados en la preparación deben estar limpios y utilizar guantes si se considera necesario para no contaminar la mezcla.

Primero se debe llenar el recipiente Dewar con el hielo finamente triturado y agua fría hasta lograr una mezcla homogénea, debe compactarse en el frasco tanto hielo como sea posible y extraer el agua acumulada en el fondo de ser necesario. Además, se utiliza un atomizador para controlar la cantidad de agua que se le agrega a la mezcla y de esta manera lograr la repetibilidad del fenómeno [5]. Posteriormente se perfora un pozo en el baño de hielo con la ayuda de una varilla de diámetro similar al termómetro a utilizar, luego insertar el termómetro en el pozo, se debe tomar en cuenta la profundidad de inmersión del termómetro y una vez que llegue al fondo hay que sacarlo al menos 2 cm para que no toque el agua del fondo y esté completamente inmerso en el baño de hielo (Figura 1) [1]. Se deja estabilizar el sistema, dejando reposar el termómetro alrededor de 20 minutos, antes de realizar la toma de datos. Una vez completado el tiempo se procede a realizar la toma de aproximadamente 50 datos, se registran las condiciones ambientales y se analizan los datos para determinar cuál fue la variación de temperatura de las realizaciones del punto del hielo usando diferentes aguas ya sea filtrada o de grifo, respecto al agua destilada.

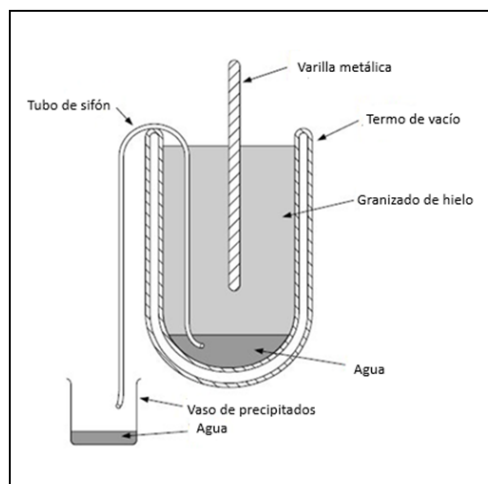


Figura 1. Esquema del punto del hielo

3. RESULTADOS

A. VALIDACIÓN DEL PUNTO DEL HIELO EN EL LABORATORIO SECUNDARIO DE TEMPERATURA DE CENAMEP AIP

Cabe señalar que la temperatura del punto triple del agua es $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273,16\text{ K}$), mientras que la del punto del hielo es $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273,15\text{ K}$). En otras palabras, existe una diferencia de 10 mK ($0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$) entre ambos puntos. Por lo tanto, para validar que el sensor utilizado realmente alcanza la temperatura correspondiente al punto de fusión del hielo, debe observarse una diferencia cercana a $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ respecto al valor del punto triple. Aclarado lo anterior (Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3) se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio para las tres condiciones evaluadas: agua destilada, agua filtrada y agua de grifo respectivamente. En las tablas se incluyó las fechas de realización, cinco de las diez mediciones promedio para cada tipo de agua, la variación de resistencia representada por el símbolo ΔR que corresponde a la diferencia entre la resistencia obtenida en cada punto y la resistencia base establecida como cero ($100,0158\ \Omega$), así como el ΔR expresado en milikelvin (mK). Asimismo, se incorpora el delta de temperatura, definido como la diferencia entre el valor del punto triple del agua medido con el sensor y el valor obtenido en cada realización, también expresado en mK.

Tabla 1: Resultados del agua destilada.

Fecha	Promedio	ΔR [Ω]	ΔT [mK]	ΔR [Ω] PTA-Hielo	ΔT [mK] hielo-pta	Etiqueta
2024-05-22	100,0158		0,00	0,0046	11,59	AguaDest-01
2024-05-23	100,0157	-0,00004391	-0,11	0,0047	11,70	AguaDest-02
2024-06-19	100,0159	0,00015130	0,38	0,0045	11,21	AguaDest-03
2024-06-20	100,0157	-0,00005870	-0,15	0,0047	11,74	AguaDest-04
2024-07-17	100,0159	0,00010089	0,25	0,0045	11,34	AguaDest-05

Tabla 2: Resultados del agua filtrada.

FECHA	PROMEDIO	ΔR [Ω]	ΔT [mK]	ΔR [Ω] PTA-HIELO	ΔT [mK] HIELO-PTA	ETIQUETA
2024-06-17	99,9616	-0,05414078	-135,35	0,0588	146,94	AGUAFILTRADA-01
2024-06-17	99,9845	-0,03127703	-78,19	0,0359	89,78	AGUAFILTRADA-02
2024-07-15	99,9934	-0,02237703	-55,94	0,0270	67,53	AGUAFILTRADA-03
2024-07-27	99,9969	-0,01893745	-47,34	0,0236	58,93	AGUAFILTRADA-04
2024-09-02	99,9943	-0,02146161	-53,65	0,0261	65,24	AGUAFILTRADA-05

Tabla 3: Resultados del agua de grifo.

Fecha	Promedio	ΔR [Ω]	ΔT [mK]	ΔR [Ω] PTA-Hielo	ΔT [mK] hielo-pta	Etiqueta
2024-06-18	99,9989	-0,01685703	-42,14	0,0215	53,73	Agua-01
2024-06-17	99,9987	-0,01706911	-42,67	0,0217	54,26	Agua-02
2024-07-13	100,0016	-0,01420286	-35,51	0,0188	47,10	Agua-03
2024-09-03	100,0014	-0,01442265	-36,06	0,0191	47,64	Agua-04
2024-09-04	100,0060	-0,00980120	-24,50	0,0144	36,09	Agua-05

Se graficó la variación de temperatura (Figura 2) obtenida en las realizaciones del punto del hielo para el sensor IPRT-21, utilizando tres tipos de agua: destilada, filtrada y de grifo. Se observó que las mediciones con agua destilada registraron la menor desviación respecto al valor de referencia, manteniéndose cercanas a 0 mK. En contraste, el uso de agua filtrada y de grifo generó una mayor dispersión y desviaciones negativas, alcanzando valores por debajo de 100 mK en algunos casos, lo que evidenció una menor cercanía térmica y una mayor influencia de impurezas o diferencias en la compactación del hielo. Estos resultados permitieron visualizar cómo la calidad del agua empleada afectó la reproducibilidad del punto del hielo y, en consecuencia, la confiabilidad en la verificación de sensores de temperatura.

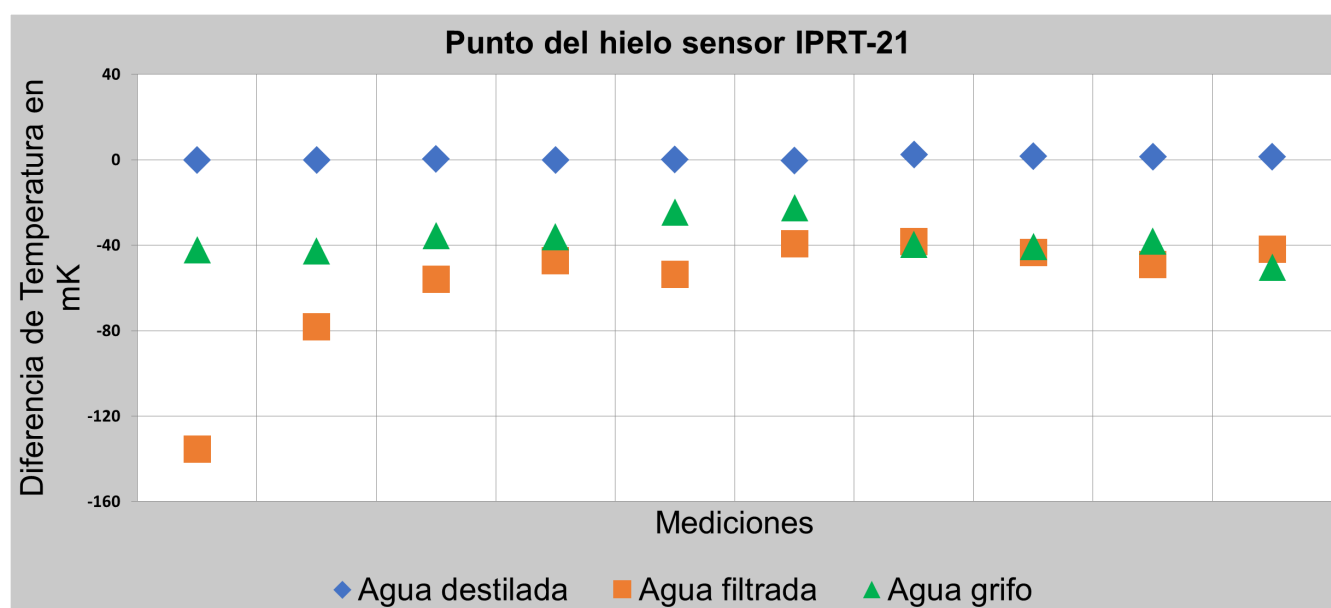


Figura 2. Resultados de la realización de los hielos del sensor IPRT-21.

4. CONCLUSIONES

Durante las pruebas, las realizaciones con agua de grifo presentaron mayor estabilidad y valores cercanos al punto teórico del hielo, por lo cual es una alternativa económica para verificar los termómetros siempre y cuando no se utilice en aplicaciones que requieran gran exactitud y se adapte a las necesidades del operador.

Las mayores diferencias de los resultados de agua filtrada coinciden con las fechas del cambio del filtro del dispensador de agua, esto pudo alterar la concentración de minerales en la muestra de agua. Se debe prestar especial cuidado al momento de realizar el punto del hielo porque se puede ver afectado por las impurezas del agua.

Referencias

- [1] BIPM, The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90), Sèvres, Francia: Bureau International des Poids et Mesures, 1990.
- [2] JCGM, Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), Joint Committee for Guides in Metrology, 2008.
- [3] Consultative Committee for Thermometry, Report of the Meeting, 2022.
- [4] J. V. Nicholas and D. R. White, Traceable Temperatures, 2nd ed., Wiley, 2001.
- [5] Centro Español de Metrología (CEM), “Guía técnica para la verificación de termómetros de resistencia de platino en el punto del hielo”, 2020.
- [6] ISO/IEC 17025, General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories, International Organization for Standardization, 2017.

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.