

PROCESO SELECTIVO PARA EL INGRESO, POR EL SISTEMA GENERAL DE ACCESO LIBRE y PROMOCIÓN INTERNA EN LA ESCALA DE TITULADOS SUPERIORES DE ORGANISMOS AUTÓNOMOS DEL MINTUR, ESPECIALIDAD DE METROLOGÍA, CONVOCADAS POR RESOLUCIÓN DE 9 DE DICIEMBRE DE 2024 (BOE NÚM. 306, DE 20 DE DICIEMBRE DE 2024)

Cuarto ejercicio (acceso libre)

12 de junio 2025

Un termopar de tipo N se calibra por comparación con dos termopares de referencia de tipo R en un horno horizontal a una temperatura de 900 °C. Las fuerzas electromotrices (fem) generadas por los termopares se miden con un voltímetro digital a través de un selector/inversor. Todos los termopares tienen sus uniones de referencia a 0 °C.

El termopar a calibrar se conecta al punto de referencia mediante cables de compensación. Los valores de temperatura se dan en la escala de temperatura t_{90} .

El resultado de la calibración es la fem de salida del termopar a la temperatura de su junta caliente.

El proceso de medida, y consecuentemente la evaluación de la incertidumbre, se realiza en dos pasos:

- determinación de la temperatura del horno, t_x
- determinación de la fem del termopar a calibrar, V_x

Los datos de los que se dispone son:

Los termopares de referencia tienen certificados de calibración que relacionan la temperatura de la junta caliente respecto a la junta fría con el voltaje a través de sus hilos, $t_s(V)$. La incertidumbre expandida de la calibración a 900 °C es de 0,25 °C para $k = 2$

El voltímetro está calibrado y todos los valores de medida se corrigen con los resultados de esta calibración. El certificado de calibración da un valor de incertidumbre expandida constante para valores inferiores a 50 mV de 2,0 μ V, $k = 2$

El voltímetro utilizado es de 4½ dígitos en el rango de 10 mV lo que implica unos límites en la resolución de $\pm 0,5 \mu$ V en cada indicación, es decir una resolución de 1 μ V

Los voltajes residuales parásitos en la reversión de los contactos ha sido estimados como $0 V \pm 2 \mu$ V

La temperatura de referencia de las juntas frías es $0 \text{ °C} \pm 0,1 \text{ °C}$.

Las sensibilidades en voltaje de los termopares se obtienen de las tablas de referencia y son:

	900 °C	0 °C
Termopar de referencia	$C_S=0,078 \text{ °C}/\mu\text{V}$	$C_{S0}=0,189 \text{ °C}/\mu\text{V}$
Termopar a calibrar	$C_x=0,026 \text{ °C}/\mu\text{V}$	$C_{x0}=0,039 \text{ °C}/\mu\text{V}$

Tabla 1

De calibraciones previas, la deriva de los patrones de referencia se estima en $0 \text{ °C} \pm 0,1 \text{ °C}$.

Los gradientes de temperatura dentro del horno se han medido a 900 °C y las desviaciones por no uniformidad en la región de medida son de $\pm 0,8$ °C.

Se han estudiado los cables de compensación en el rango de 0 °C a 40 °C y de estos estudios las diferencias entre los cables y los hilos del termopar se estima que están dentro de ± 4 μ V.

En la calibración las indicaciones del voltímetro se registran con un procedimiento que nos da 4 lecturas para cada termopar y reduce los efectos de deriva en la temperatura en el medio isoterma y los voltajes parásitos en el circuito de medida:

1º ciclo:

1º patrón, termopar a calibrar, 2º patrón

2º patrón, termopar a calibrar, 1º patrón

Reversión de la polaridad

2º ciclo:

1º patrón, termopar a calibrar, 2º patrón

2º patrón, termopar a calibrar, 1º patrón

El procedimiento de calibración exige que la diferencia entre los dos patrones de referencia no debe exceder en $\pm 0,3$ °C. Si la diferencia no está dentro de estos límites las medidas se repiten o se investiga la razón de esta inestabilidad.

Los valores medidos son:

Termopar	1º patrón	Termopar a calibrar	2º patrón
Indicación de voltaje corregida	+ 9 205 μ V	+ 32 731 μ V	+ 9 203 μ V
	+ 9 206 μ V	+ 32 733 μ V	+ 9 202 μ V
	- 9 204 μ V	- 32 733 μ V	- 9 204 μ V
	- 9 205 μ V	- 32 730 μ V	- 9 203 μ V
Voltaje medio en valor absoluto	9 205,00 μ V	32 731,75 μ V	9 203,00 μ V
Temperatura de la junta caliente	899,67 °C		899,51 °C

Tabla 2.

La temperatura del horno es la media de la medida de los dos patrones: 899,59 °C

A partir de las cuatro lecturas de cada termopar indicadas en la tabla anterior, se deduce el valor medio de las fem de cada termopar. Los valores de fem de los termopares de referencia se convierten en valores de temperatura mediante las relaciones temperatura-fem indicadas en sus certificados de calibración. Los valores de temperatura observados están muy correlacionados (factor de correlación cercano a uno). Por lo tanto, al tomar su valor medio, se combinan en una sola observación, que es la temperatura del horno en la ubicación del termopar que debe calibrarse. De forma similar, se ha extraído una sola observación de la fem del termopar que está

bajo calibración. Para evaluar la incertidumbre de medida asociada a estas observaciones, se ha realizado previamente una serie de diez mediciones a la misma temperatura y se ha obtenido una estimación conjunta de la desviación típica de la temperatura del horno y de la fem del termopar bajo calibración (estas medidas son también una forma de estimar la estabilidad del medio isoterma).

Las incertidumbres típicas de medida de las magnitudes observadas son:

Estimación de la desviación típica de la muestra: $s_p(t_S) = 0,10 \text{ }^\circ\text{C}$

Incertidumbre típica: $u(t_S) = \frac{s_p(t_S)}{\sqrt{1}} = 0,10 \text{ }^\circ\text{C}$

Estimación de la desviación típica de la muestra: $s_p(V_{ix}) = 1,6 \text{ } \mu\text{V}$

Incertidumbre típica: $u(V_{ix}) = \frac{s_p(V_{ix})}{\sqrt{1}} = 1,6 \text{ } \mu\text{V}$

Primera pregunta (4 puntos): ¿Es válida la medida de la tabla 2 anterior? Razone la respuesta

Segunda pregunta (4 puntos): Establezca un modelo de medición para t_x y V_x teniendo en cuenta todas las magnitudes de influencia especificadas en el enunciado. Razone la respuesta.

Tercera pregunta (4 puntos): Calcule la incertidumbre típica de t_x rellenando la siguiente tabla, teniendo en cuenta el modelo matemático establecido y los valores numéricos aportados en el enunciado. Razone los cálculos.

Magnitud, X_i	Estimación, x_i	Incertidumbre típica, $u(x_i)$	Distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad, c_i	Contribución a la incertidumbre, $u_i(y)$

Cuarta pregunta (4 puntos): Calcule la incertidumbre típica de V_x rellenando la siguiente tabla, teniendo en cuenta el modelo matemático establecido y los valores numéricos aportados en el enunciado. Razone los cálculos.

Magnitud, X_i	Estimación, x_i	Incertidumbre típica, $u(x_i)$	Distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad, c_i	Contribución a la incertidumbre, $u_i(y)$

Quinta pregunta (4 puntos): Calcule las incertidumbres expandidas de t_x y V_x y exprese el resultado final de la calibración del termopar a 900 °C. Razone la respuesta.

Sexta pregunta (4 puntos): Un fabricante quiere utilizar el termopar anterior para la fabricación de un registrador de temperatura destinado a la medida y/o registro de la temperatura en el transporte, almacenamiento, distribución y control de productos a temperatura controlada. Indique:

- ¿Qué legislación es de aplicación?
- ¿Qué procedimientos de evaluación de la conformidad son aplicables? (indique y desarrolle brevemente)
- ¿Dónde se encuentran los requisitos comunes y específicos para este tipo de instrumentos?

Séptima pregunta (4 puntos): En la verificación periódica de un termómetro instalado en una vitrina de congelados se obtienen los siguientes datos de medida:

Patrón de temperatura utilizado en el ensayo: -18,25 °C

Medida del termómetro a verificar: - 18,0 °C (resolución 0,1 °C)

Incertidumbre expandida ($k = 2$) del ensayo de verificación: 0,10 °C

Si el termómetro está marcado como clase 0,5, indicar si la verificación periódica es favorable en el ensayo metrológico correspondiente a la parte del error en el registro de la temperatura, según la norma EN 13486:2023. Razone la respuesta.

Octava pregunta (4 puntos): La entidad que realiza la verificación periódica del registrador de la pregunta anterior:

- ¿Qué tipo de entidad es?
- Los requisitos que debe de cumplir la entidad para poder actuar
- ¿Qué autoridad o autoridades tienen la potestad de permitirle actuar?
- ¿Qué norma tiene que cumplir?

Novena pregunta (4 puntos): Suponga que un registrador de temperatura no supera la correspondiente verificación periódica, desarrolle el procedimiento desde que el técnico del Organismo Autorizado de Verificación Metrológica detecta que no cumple hasta que el instrumento vuelve a estar en servicio tras una nueva verificación con resultados satisfactorios. Indique las actuaciones de cada actor.

Decima (4 puntos): Un cliente quiere calibrar el termopar tipo N a temperaturas de 100 °C; 300 °C; 500 °C; 600 °C y 900 °C en un laboratorio con el siguiente alcance acreditado bajo norma UNE EN-ISO/IEC 17025:2017:

Temperatura y Humedad (Temperature and Humidity)

PARTE A: CALIBRACIONES EN TEMPERATURA

CAMPO DE MEDIDA <i>Range</i>	INCERTIDUMBRE <i>Uncertainty</i>	NORMA/ PROCEDIMIENTO <i>Standard/ Procedure</i>	INSTRUMENTOS A CALIBRAR <i>Instruments</i>	CÓDIGO <i>Code</i>
TEMPERATURA <i>Temperature</i>				
-40 °C a 300 °C	0,040 °C	PT-01 REV00 Basado en Procedimiento TH- 001. (CEM Edición DIGITAL 2. 2019)	Termómetros de resistencia de Platino Termómetros de lectura directa con sensor de resistencia Transmisores de temperatura	A
-40 °C a 300 °C	0,050 °C	PT02 REV00 Basado en Procedimiento TH- 005. (CEM Edición DIGITAL 1)	Termómetros de Resistencia de Platino Termómetros de resistencia	A
-40 °C a 600 °C	0,65 °C	PT03 REV00 Basado en Procedimiento TH- 003. (CEM Edición DIGITAL 1)	Termopares de metales comunes	A

Explique detalladamente:

- Si puede realizar la calibración y las condiciones de emisión del certificado amparado por la acreditación.
- ¿Cuál será el valor de la incertidumbre más baja que puede dar amparado por la acreditación?
- ¿Qué requisitos se deben cumplir si se quiere incluir en el certificado la conformidad con una especificación y que deberá indicar en el certificado según la norma UNE EN-ISO/IEC 17025:2017?