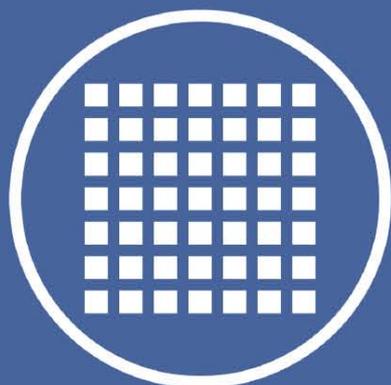


Copia No Controlada

Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación
en Física y Metrología



INTI



Procedimiento específico: PEC10

CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE LÍQUIDO EN VIDRIO

Revisión: Marzo 2015

Este documento se ha elaborado con recursos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

PEC10 Índice: Marzo 2015

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Índice	Marzo 2015
Calibración de termómetros de líquido en vidrio	Marzo 2015

PREPARADO POR

FIRMA Y SELLO
LIC. JAVIER GARCIA SKABAR
COORD. U.T. CALOR
FISICA Y METROLOGIA
INTI

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

ING. PATRICIA VARELA
COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACION
INTI - FISICA y METROLOGIA

APROBADO POR

FIRMA Y SELLO

Ing. JUAN A. FORASTIERI
DIRECTOR TECNICO
INTI - FISICA Y METROLOGIA

PEC10: Marzo 2015

1. Objeto

Determinar la corrección a aplicar a la indicación del instrumento en valores seleccionados previamente, en el rango comprendido entre -30°C y 400°C .

2. Alcance

Establecer los métodos para la calibración de termómetros de líquido en vidrio de las siguientes características:

- Inmersión total o inmersión parcial.
- Para el rango comprendido entre -30°C y 200°C con una profundidad mínima de inmersión de 5cm.

3. Definiciones y abreviaturas

3.1. Medición: Se considerará así a un grupo de cuatro barridas o lecturas de cada canal o instrumento a medir.

3.2. Los termómetros de inmersión total se sumergen dejando el menisco por lo menos 2 o 3 cm debajo de la superficie libre del líquido del baño utilizado.

3.3. Los termómetros de inmersión parcial se sumergen hasta la inmersión indicada en los mismos, respetando la condición establecida en el alcance.

4. Instrumentos de referencia

Baños de agua y aceite marca TAMSON.

Baños de etilenglicol marca FLUKE.

Baño de aceite, marca FLUKE.

Baño de aire marca VÖTSCH, modelo VMT08/64, n de serie 12122.

Baño de lecho fluidizado, marca SCHWING, modelo TH050, N de serie 6329.

Bloques equalizadores (aluminio, acero inoxidable, cobre, plata)

TRP 31 identificación. SPRT marca FLUKE, modelo 5699, rango de trabajo Ar ($-189,3442^{\circ}\text{C}$) a PTH2O.

TRP 29 identificación. SPRT marca ISOTECH, modelo 935, rango de trabajo Ar ($-189,3442^{\circ}\text{C}$) a PTH2O

TRP 24 identificación. SPRT marca TINSLEY, modelo 5187H, rango de trabajo PTH2O a In ($156,5985^{\circ}\text{C}$)

TRP 37 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a In

($156,5985^{\circ}\text{C}$)

TRP 7 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Sn ($231,928^{\circ}\text{C}$)

TRP 8 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Sn ($231,928^{\circ}\text{C}$)

TRP 9 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Al ($660,323^{\circ}\text{C}$)

TRP 19 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Al ($660,323^{\circ}\text{C}$)

Nanovoltímetro digital (multímetro) marca Hewlett Packard, modelo HP 34420A, rango de trabajo: 0mV a 100mV y 0mV a 1V.

Scanner marca Keithley, modelo 705, con plaqueta marca keithley, modelo 7059.

Inversor y fuente de corriente constante, rango de trabajo 1mA.

Resistores de referencia identificados como ELT 50/10, UP 100-3 y EL 20.

Computadora personal.

Programa TCTRIV

Lupa.

5. Documentación de referencia

5.1. ITS90.

5.2. Calibración y uso de termómetros de vidrio, T. R. Suguer, 1975.

PEC10: Marzo 2015

6. Responsabilidades

6.1. Del Coordinador de la Unidad Técnica Calor

Supervisar la realización de las calibraciones. Verificar que se cumplan los procedimientos y revisar los resultados.

6.2. Del personal del laboratorio

Realizar las calibraciones aplicando el presente procedimiento. Procesar los datos correspondientes y emitir el certificado.

7. Calibración de termómetros de líquido en vidrio

Para evitar un shock térmico al termómetro que lo pueda dañar, este se sumergirá lentamente cuando las diferencias de temperaturas sean superiores a 100° C.

En caso de realizar calibraciones de termómetros de inmersión total en inmersión parcial se tendrá en cuenta la corrección por columna emergente, C_e , de acuerdo al ítem 8.2

7.1. Se seleccionará el resistor de referencia y se introducirán el sensor del termómetro a calibrar, en los baños junto con termoresistencias patrones (a criterio del personal técnico del laboratorio, en función de la exactitud y características del termómetro).

7.2. Se realizará en primer lugar la determinación a 0° C, colocando el instrumento en un baño de hielo, realizado según PEC01.

7.3. Seleccionar, en el controlador del baño, la temperatura máxima a calibrar.

7.4. Una vez estabilizada la temperatura del baño, utilizando el programa "TCTRTV", ingresando todos los datos allí solicitados, se realizan dos mediciones, que son aceptadas para archivar, o no, a criterio del personal técnico y en función de las desviaciones estándar de la temperatura del baño en relación a la exactitud requerida en la calibración.

7.5. Una vez concluida la calibración en la temperatura en que se encuentra estable el baño, se procede a disminuir su temperatura hasta el siguiente valor de calibración solicitado.

7.6. Se repiten los ítems 7.4.y 7.5. hasta llegar al valor mínimo de calibración solicitado.

7.7. Se repite lo indicado en los ítems 7.3.7.4.7.5

7.8. Los datos ingresados, valores medidos y resultados de los cálculos realizados por el programa, se almacenan en tres archivos:

7.8.1. "___ent" contiene información acerca del instrumento a calibrar, los patrones utilizados y los canales en los que se encuentran conectados.

7.8.2. "___gra" contiene los resultados de cada medición.

7.9. "___sal" contiene todos los datos obtenidos durante la calibración.

8. Cálculos

8.1. Se obtendrán del archivo "___gra" o "___sal" las medias aritméticas para cada valor de calibración solicitado.

8.2. La corrección C_e se efectúa cuando se calibran termómetros de inmersión total en forma parcial. Se calcula como

$$C_e = (N_1 - N_2) \delta (t - t_c)$$

con N_1 la temperatura que señala, sobre la escala del termómetro, el menisco de la columna del líquido termométrico.

N_2 es la temperatura indicada sobre la escala del termómetro y que se encuentra al mismo nivel que el extremo inferior del bulbo del termómetro de columna.

δ es el coeficiente de expansión cúbica del líquido termométrico, respecto al vidrio con el cual está construido el bulbo del termómetro.

t es la temperatura del bulbo del termómetro.

t_c es la temperatura que indica el termómetro de columna.

9. Modelo e incertidumbre de medición

9.1. La corrección (C_x) del termómetro es:

$$C_x = T + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + \delta_9 + \delta_{10} + \delta_{11} + \delta_{12} - T_x + \delta_{13} + \delta_{14} + \delta_{15} + \delta_{16} + C_e$$

PEC10: Marzo 2015

9.2. Se determinará la incertidumbre para cada valor obtenido en 8.1 considerando los siguientes aportes a la misma:

Fuente de incertidumbre	Simb	Valor estimado	Tipo	Dis	Intervalo (±)	Fac	u_i	n_i	c_i	$(c_i u_i)^2$	W-S	%
Indicación promedio de los patrones	t	99,97 °C	A1	N	°C		0,010 °C	50	1	1,0E-04	2E-10	1,6%
Calibración del patron	δ_1	0 °C	BN	N	0,005 °C	2,0	0,003 °C	50	1	6,3E-06	8E-13	0,1%
Inhomogeneidad baño	δ_2	0 °C	A1	N	°C	0,0	0,010 °C	16	1	1,0E-04	6E-10	1,6%
linealidad multimetro (patron)	δ_3	0 mV	BR	R	8,E-05 mV	1,7	4,50E-05 mV	50	25 °C/mV	1,3E-06	3E-14	0,0%
resolucion multimetro (patron)	δ_4	0 mV	BR	R	5,0E-06 mV	1,7	2,89E-06 mV	50	25 °C/mV	5,2E-09	5E-19	0,0%
error de conexion e inversion	δ_5	0 mV	BN	N	0,0001 mV	2,0	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,6E-06	5E-14	0,0%
error por inmersion (patron)	δ_6	0 °C	BR	R	- °C	1,7	- °C	50	1	0,0E+00	0E+00	0,0%
error del hielo	δ_7	0 °C	A1	N	°C	0,0	0,002 °C	50	1	4,0E-06	3E-13	0,1%
Calibración del resistor de referencia	δ_8	0 Ω	BN	N	0,001 Ω	2,0	0,0003 Ω	50	2,5 °C/Ω	3,9E-07	3E-15	0,0%
estabilidad resistor de referencia	δ_9	0 Ω	A1	N	Ω	0,0	1,00E-06 Ω	50	2,5 °C/Ω	6,3E-12	8E-25	0,0%
linealidad multimetro (patron a 0°C)	δ_{10}	0 mV	BR	R	7,E-05 mV	1,7	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,0E-06	2E-14	0,0%
resolucion multimetro (patron a 0°C)	δ_{11}	0 mV	BR	R	5,0E-06 mV	1,7	2,89E-06 mV	50	25 °C/mV	5,2E-09	5E-19	0,0%
error de conexion e inversion a 0°C)	δ_{12}	0 mV	BN	N	0,0001 mV	2,0	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,6E-06	5E-14	0,0%
Deriva del R 0°C	δ_{13}	0 Ω	BR	R	0,0050 Ω	1,7	0,003 Ω	50	25 °C/mV	5,2E-03	5E-07	84,8%
Temperatura indicada (cliente)	Tx	99,85 °C	A1	N	μs	0,0	0,010 °C	16	1	1,0E-04	6E-10	1,6%
error por inmersion (cliente)	δ_{14}	0,00 mV	BN	N	- mV	2,0	- mV	50	1	0,0E+00	0E+00	0,0%
repetibilidad del termómetro (Cliente)	δ_{15}	0 °C	A1	N	μs	0,0	0,020 °C	16	1	4,0E-04	1E-08	6,5%
Resolución del termómetro (Cliente)	δ_{16}	0 °C	BR	R	0,01 °C	0,7	0,0137 °C	50	1	1,9E-04	7E-10	3,0%
Corrección por columna emergente	Ce	0,03 °C	BR	R	0,01 °C	1,7	0,0058 °C	50	1	3,3E-05	2E-11	0,5%
Corrección del termómetro	Cx	0,15 °C		N	0,16 °C	2,0	0,078 °C	68				100%

$$C_x = 0,15 \pm 0,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

donde:

- C_x es la corrección a aplicar para la temperatura indicada por el termómetro a calibrar
- t es la indicación promedio de temperatura de los termómetros patrones, su incertidumbre $U(t)$ se obtiene del promedio de las dispersiones de los valores medidos.
- δ_1 es la corrección de la temperatura debida a la calibración de los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta_1)$ es la incertidumbre informada en el certificado de calibración.
- δ_2 es la corrección de la temperatura debida a la Inhomogeneidad de la temperatura del baño, su incertidumbre $U(\delta_2)$ se evalúa con las especificaciones del fabricante o con la caracterización del baño utilizado.
- δ_3 es la corrección de la temperatura debida a la linealidad del voltímetro para los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta_3)$ se evalúa con las especificaciones del fabricante (Verificadas en la UTE de FÍSICA Y METROLOGIA).
- δ_4 es la corrección de la temperatura debida a la resolución del voltímetro para los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta_4)$ se considera 1/2 dígito de la resolución del voltímetro.
- δ_5 es la corrección de la temperatura debida a los errores de conexión e inversión de la corriente (tales como: tensiones parásitas, etc.) para los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta_5)$ se considera 0,1 μV (ref **Low Level Measurements, Pág. 27- tabla 2**).
- δ_6 es la corrección de la temperatura debida a la inmersión de los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta_6)$ se evalúa con las especificaciones del fabricante, o el desplazamiento del sensor, en sentido vertical, a una distancia aproximada a 2 diámetros de la vaina.
- δ_7 es la corrección de la temperatura debida a la realización del punto de hielo, su incertidumbre $U(\delta_7)$ se considera ±0,005 °C (de acuerdo al **PEC01**).
- δ_8 es la corrección de la temperatura debida a la calibración del resistor de referencia, su incertidumbre $U(\delta_8)$ es la incertidumbre informada en el certificado de calibración.
- δ_9 es la corrección de la temperatura debida a estabilidad a corto plazo del resistor de referencia, su incertidumbre $U(\delta_9)$ se estima en función de la estabilidad térmica.

PEC10: Marzo 2015

δt_{10} es la corrección de la temperatura debida a la linealidad del voltímetro para los termómetros patrones, al medir su resistencia a 0°C, su incertidumbre $U(\delta t_{10})$ se evalúa de igual forma que $U(\delta t_3)$.

δt_{11} es la corrección de la temperatura debida a la resolución del voltímetro para los termómetros patrones, al medir su resistencia a 0°C, su incertidumbre $U(\delta t_{11})$ se evalúa de igual forma que $U(\delta t_3)$.

δt_{12} es la corrección de la temperatura debida a los errores de conexión e inversión de la corriente, al medir su resistencia a 0°C (tales como: tensiones parásitas, etc.) para los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta t_{12})$ se evalúa de igual forma que $U(\delta t_3)$.

T_x es el promedio de las temperaturas indicadas por el termómetro a calibrar (obtenidas en **8.**), su incertidumbre $U(T_x)$ se obtiene del promedio de las dispersiones de los valores medidos.

δt_{13} es la corrección de la temperatura debida a la deriva del R0°C de los termómetros patrones, su incertidumbre $U(\delta t_{13})$ se estima a partir del promedio de las diferencias entre mediciones sucesivas del valor de R0°C.

δ_{14} es la corrección de la temperatura debida a la inmersión del termómetro a calibrar, su incertidumbre $U(\delta_{14})$ se evalúa de igual forma que $U(\delta t_3)$.

δ_{15} es la corrección de la temperatura debida a la reproducibilidad del termómetro a calibrar, su incertidumbre $U(\delta_{15})$ se obtiene de la desviación estándar de los valores medidos.

δ_{16} es la corrección de la temperatura debida a la resolución del termómetro a calibrar, su incertidumbre $U(\delta_{16})$ se evalúa de igual forma que $U(\delta_{14})$.

C_e es la corrección de la temperatura debida a la columna emergente del termómetro a calibrar, su incertidumbre $U(C_e)$ se evalúa de acuerdo a lo indicado en error por columna emergente: (ref: **Calibración y uso de termómetros de vidrio**)

10. Confección del certificado de calibración

Además de lo establecido en el capítulo 9 del MC, en el certificado de calibración se informa:

10.1. Una breve descripción del método de calibración utilizado.

10.2. Una tabla con los valores de corrección para las temperaturas de calibración solicitadas y sus respectivas incertidumbres.

11. Precauciones, medidas de seguridad y protección del medio ambiente

Se tomarán precauciones para la recuperación y aislamiento inmediato de mercurio, en caso de rotura de algún termómetro se recogerán y guardarán los restos de mercurio en un frasco cerrado. Cuando dicho frasco se llene se dará intervención al responsable de Medio Ambiente del INTI - Física y Metrología, acorde con lo indicado en el manual de procedimientos PG.01.001, titulado "Procedimiento General de Gestión de Residuos Peligrosos en el Parque Tecnológico Miguelete".

12. Registro de la calidad

Se conservan registros manuscritos de las observaciones originales, copia de los certificados emitidos, como así también copia de la orden de trabajo, salida de elementos y demás documentación relacionada, de acuerdo con el Manual de la Calidad del INTI - Física y Metrología, capítulo 11.