



2026 Enero-Febrero

**MetAs**  
Metrólogos Asociados

**La Guía**

## Calibración de Termómetros por Puntos Fijos de Temperatura ITS-90.

Los termómetros de resistencia de platino son considerados los instrumentos de mejor exactitud para la medición de temperatura tanto en el sector industrial como en el campo de la investigación. De hecho, es el instrumento definido por la escala internacional de temperatura de 1990 (ITS-90) para la medición de temperatura en el intervalo de -260 °C a 962 °C.

El método de calibración del termómetro de resistencia de platino para obtener su mejor exactitud es por puntos fijos. En esta edición de la *Guía MetAs* exploraremos que son los puntos fijos de temperatura así también como seleccionar el tipo de termómetro de resistencia de platino adecuado para la calibración por puntos fijos.



### ¿Qué es un punto fijo de temperatura?

Un punto fijo de temperatura, también conocido como punto de referencia de temperatura, es un estado de equilibrio termodinámico de una sustancia pura en el cual se encuentran coexistiendo dos o tres fases (sólida, líquida o gaseosa). Con este fenómeno físico se logra una temperatura fija y altamente reproducible, es por eso que se emplea como referencia de temperatura para la calibración de termómetros de alta exactitud.

#### *Apasionados por la Metrología*

La Guía MetAs es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs y Metrólogos asociados. En La Guía MetAs se presentan noticias de metrología, artículos e información técnica; que deseamos compartir con usted, colegas, usuarios, clientes estudiantes y todos aquellos interesados en la metrología técnica e industrial.

MetAs-Matriz:  
Antonio Caso #246, Centro, 49000  
Cd. Guzmán, Jalisco, México.  
341 413 6123,

MetAs-Óptica:  
Av. Luis Vega y Monroy #322—6 Planta Baja.  
Plazas del Sol 1a Sección, 76099  
Querétaro, Querétaro, México.  
442 223 4527

MetAs-Guadalajara:  
Batalla de Zacatecas #2931, Fraccionamiento Revolución, 45589, Tlaquepaque, Jalisco, México.  
333 860 7141

#### Servicios Metrológicos

Laboratorios acreditados  
EMA  
A-05 Acústica  
DEN-09 Densidad  
D-159 y D-159-S1 Dimensional  
E-67 Eléctrica  
EM-03 Equipo Médico  
H-05 Humedad  
M-129 Masa

ME-15 Mediciones Especiales  
OP-05 Óptica  
P-44 Presión  
T-38 Temperatura  
TF-22 Tiempo y Frecuencia  
V-33 Volumen  
MM-1328-127/21 Metal Mecánica.

Consultoría:  
Capacitación, entrenamiento, asesoría, auditorías, ensayos de aptitud, sistemas de calidad.

Gestión Metrológica:  
Subcontratación de servicios, selección de proveedores, confirmación metrológica.

Ingeniería:  
Selección de equipos, desarrollo de sistemas de medición y software, reparación y mantenimiento.

### ITS-90.

La ITS-90 (International Temperature Scale of 1990) es el acuerdo internacional para la medición de temperatura y es un documento publicado por el BIPM [1]. El documento fue adoptado en 1990 por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM).

La ITS-90 está definida por 17 puntos fijos de temperatura de 15 sustancias puras, y uno de ellos se eligió para definir la unidad de temperatura, el Kelvin.

El Kelvin se define como fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Para la calibración del termómetro de resistencia de platino de tallo largo se emplean los siguientes puntos fijos.

	Punto Fijo	$T_{90} / K$	$t_{90} / ^\circ C$	$W_r$
Símbolo	Descripción			
PT Ar	Punto Triple de Argón	83,805 8	-189,344 2	0,215 859 75
PT Hg	Punto Triple de Mercurio	234,315 6	-38,834 4	0,844 142 11
PT H <sub>2</sub> O	Punto Triple de Agua	273,16	0,01	1,000 000 00
PF Ga	Punto de Fusión de Galio	302,914 6	29,764 6	1,118 138 89
PS In	Punto de Solidificación de Indio	429,748 5	156,598 5	1,609 801 85
PS Sn	Punto de Solidificación de Estaño	505,078	231,928	1,892 797 68
PS Zn	Punto de Solidificación de Zinc	692,677	419,527	2,568 917 30
PS Al	Punto de solidificación de Aluminio	933,473	660,323	3,376 008 60
PS Ag	Punto de solidificación de Plata	1231,93	961,78	4,286 420 53

Tabla 1: Puntos Fijos definidos por la ITS-90 en el intervalo de  $-190\text{ }^\circ\text{C}$  a  $962\text{ }^\circ\text{C}$

[1] H. Preston-Thomas, "The international Temperature Escale of 1990 (ITS-90)" Metrologia 27, 3-10, (1990).

## Determinación de la temperatura con un termómetro de resistencia de platino.

la ITS-90 especifica funciones de referencia y ecuaciones de desviación en términos de  $W$ , de manera general se puede describir así:

$$t = f(W_r) \quad \text{Función de referencia}$$

$$W - W_r = f(W) \quad \text{Ecuación de desviación}$$

$$W = R_t / R_{0,01} \quad \text{Término } W$$

Donde  $R_t$  es la resistencia en  $\Omega$  del termómetro a  $t / ^\circ\text{C}$  y  $R_{0,01}$  es la resistencia en  $\Omega$  a  $0,01 ^\circ\text{C}$  (punto triple del agua).

La expresión completa de la función de referencia está descrita en el documento de la ITS-90 y la ecuación de desviación está indicada en el resultado de calibración del termómetro.

De esta manera, con el valor  $R_t$  del termómetro a  $t / ^\circ\text{C}$  y  $R_{0,01}$  se obtiene el  $W$ , con la ecuación de desviación encontramos se obtiene  $W_r$  y finalmente con la función de referencia se determina la temperatura  $t$ , que está midiendo el termómetro.

Entonces para mediciones de temperatura con alta exactitud es importante contar el punto triple del agua, para la determinación del término  $W$ .



### Calibración del termómetro de resistencia de platino.

Un termómetro puede ser calibrado por comparación o por puntos fijos, pero por el tipo de construcción y la clase de exactitud, el método de puntos fijos está orientado a termómetros de resistencia de platino con un coeficiente de temperatura  $\alpha \geq 0,00391 / ^\circ\text{C}$ .

Debido al alto costo de calibración por puntos fijos, este método es normalmente realizado por laboratorios nacionales de metrología, más sin embargo existen laboratorios de referencia acreditados que también realizan esta tarea con niveles de exactitud cercanas a un laboratorio nacional.

Una vez calibrado un termómetro por el método de puntos fijos, éste puede ser empleado como patrón para un sistema de calibración por el método de comparación.

Además, para la calibración de un termómetro por puntos fijos se debe considerar las dimensiones del vástago del sensor, esto es por las dimensiones de las celdas con las que se reproducen los puntos fijos.

Entonces las dimensiones del vástago del termómetro a considerar para poder calibrarlo por puntos fijos las establece el laboratorio que cuenta con un sistema de puntos fijos de temperatura.

Las dimensiones nominales del vástago del termómetro que un laboratorio indica son:

Diámetro:

5 a 7 mm

Longitud:

$\geq 25$  cm para temperaturas hasta  $232\ ^\circ\text{C}$

$\geq 30$  cm para temperaturas hasta  $420\ ^\circ\text{C}$

$\geq 40$  cm para temperaturas hasta  $660\ ^\circ\text{C}$

Otra característica importante que debe considerarse para calibrar este tipo de termómetros por puntos fijos, en el caso del termómetro de resistencia de platino éste debe estar construido a 4 hilos.

### Intervalo de calibración:

Para la calibración del termómetro de resistencia de platino la ITS-90 establece una serie de sub-intervalos en el alcance de  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $962\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Sub-intervalo	Puntos fijos de calibración
$-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	PT Ar, PT Hg y PT H <sub>2</sub> O
$-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$	PT Hg, PF Ga y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$	PF Ga y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $156\text{ }^{\circ}\text{C}$	PS In y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $232\text{ }^{\circ}\text{C}$	PS In, PS Sn y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $420\text{ }^{\circ}\text{C}$	PS Sn, PS Zn y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $660\text{ }^{\circ}\text{C}$	PS Sn, PS Zn, PS Al y PT H <sub>2</sub> O
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $962\text{ }^{\circ}\text{C}$	PS Sn, PS Zn, PS Al, PS Ag y PT H <sub>2</sub> O

Tabla2: Sub-intervalos de calibración.

De esta manera es posible calibrar el termómetro en uno o dos sub-intervalos de acuerdo con la necesidad que se requiera.

Para el intervalo de  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , donde interviene el punto triple de Argón, cabe señalar que, para la realización de este punto, se emplea un criostato que tiene un costo muy elevado, es por eso por lo que se ha aceptado emplear el punto de ebullición del nitrógeno ( $-197\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) como punto fijo secundario [2].

Para la realización del punto de ebullición de nitrógeno, los laboratorios de referencia acreditados emplean un baño de nitrógeno líquido en ebullición, punto fijo secundario reconocido en las técnicas de aproximación de la ITS-90 y la temperatura es determinada con un termómetro de resistencia de platino calibrado en el punto triple de argón por un laboratorio nacional.

[2] R.E. Bedford, G Bonnier, H. Mass, F.Pavese "Techniques for approximating the International Temperatures Scale of 1990" BIPM, 1990.