

# Calibración de un termómetro de resistencia de platino según los coeficientes de Callendar Van Dusen

## Resumen

En la calibración de un termómetro de resistencia de platino, (PRT por sus abreviaturas en inglés), se sigue la metodología del cálculo de los coeficientes de la ecuación de Callendar Van Dusen.

## La temperatura termodinámica

La temperatura termodinámica, también denominada temperatura absoluta, es una de las magnitudes fundamentales que definen el Sistema Internacional de Unidades (**SI**) y cuya unidad es el kelvin simbolizado como **K**. Esta unidad se utiliza tanto para expresar valores de temperatura termodinámica como intervalos de temperatura.

Por acuerdo del Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1989, la Escala Internacional de Temperatura, **ITS-90** se define operacionalmente en términos de técnicas de medición por termometría de presión de vapor, termometría de gas, termometría con resistencia de platino y pirometría óptica. (Ver, Preston-Thomas. The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90). *Metrologia*, 1990, 27, 3-10, [http://www.bipm.org/utls/common/pdf/its-90/ITS-90\\_metrologia.pdf](http://www.bipm.org/utls/common/pdf/its-90/ITS-90_metrologia.pdf))

Es usual expresar la temperatura con base en la escala Celsius, definida con relación a la temperatura termodinámica por:

$$t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{kelvin}) - 273.15 \text{ K}^1$$

El grado Celsius, (**°C**), es una unidad de temperatura de tamaño idéntica al kelvin, es decir, las diferencias de temperatura expresadas en °C son iguales a las diferencias de temperatura expresadas en K.

---

<sup>1</sup> Se utiliza el punto como separador decimal, Resolución DG - 210 – 2015 Instituto Nacional de Metrología del 2015-08-12.

## La ecuación de Callendar Van Dusen

El modelo Callendar Van Dusen que describe el comportamiento de la resistencia eléctrica de un sensor de platino con la temperatura fue descrito por los investigadores Callendar y Van Dusen entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, [1].

Para un termómetro de resistencia de platino se define la resistencia  $R(t)$  a la temperatura  $t$  de acuerdo con:

$$R_t = R_0 \cdot \left[ 1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + C \cdot t^3 \cdot (t - 100) \right]$$

Con  $C = 0$  para  $t \geq 0 \text{ °C}$  ó  $C \neq 0$  para  $t \leq 0 \text{ °C}$ .

La figura 1 muestra un conjunto de medidas de resistencia versus temperatura para un termómetro de resistencia de platino, PRT Pt100, (Pt es el símbolo químico del platino y por 100 se denota que la resistencia de ese sensor de platino a  $0 \text{ °C}$  es de  $100 \text{ } \Omega$ ).

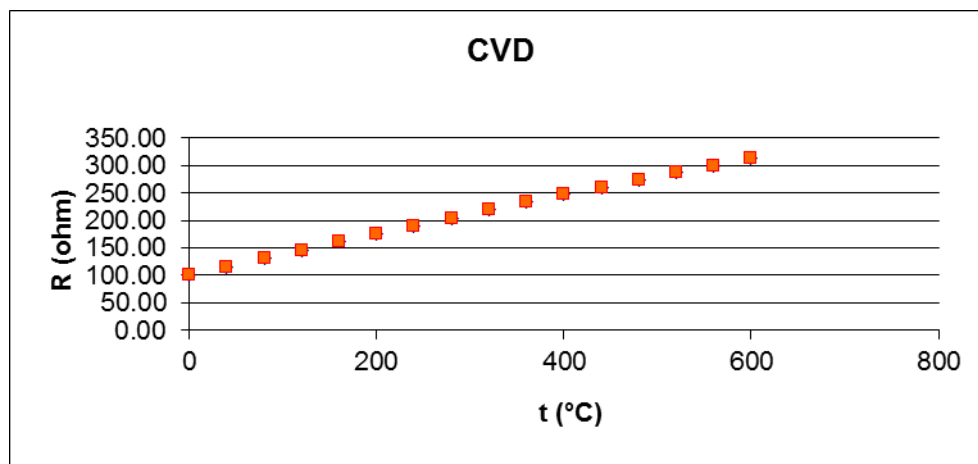


Figura 1. Comportamiento resistencia en función de la temperatura para un sensor PRT Pt100

## La calibración de un termómetro de resistencia de platino según el modelo de Callendar Van Dusen

Consiste en expresar el conjunto de coeficientes  $R_0$ ,  $A$ ,  $B$  y  $C$  propios o característicos de ese termómetro particular, usando el método de comparación. Así, para el caso de  $t \geq 0 \text{ °C}$  el cálculo de coeficientes se reduce a tres coeficientes:  $R_0$ ,  $A$  y  $B$ .

Se presenta a continuación un ejemplo del cálculo de los coeficientes de Callendar Van Dusen para un termómetro PRT Pt100

Primero, se calculan los coeficientes de Callendar Van Dusen para el caso de  $t \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ : para  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  y dos temperaturas positivas, y en un segundo paso una vez calculados  $R_0$ , A y B se evalúa el coeficiente C usando una medición  $t < 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Sea la ecuación de Callendar Van Dusen para  $t \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0 \cdot [1 + A \cdot t + B \cdot t^2]$$

Y sean las siguientes parejas de mediciones R –vs- t:

R ( $\Omega$ )	t ( $^\circ\text{C}$ )
R1	t1
R2	t2
R3	t3

R ( $\Omega$ )	t ( $^\circ\text{C}$ )
100,018	0
108,957	22,4838
117,848	45,0068

Para el cual se plantea el siguiente sistema matricial de ecuaciones:

$$\begin{aligned} AX &= Y \\ A^{-1}AX &= A^{-1}Y \\ X &= A^{-1}Y \end{aligned}$$

donde,

A: Matriz de coeficientes y  $A^{-1}$ : Matriz inversa de coeficientes

X: Matriz incógnitas

Y: Matriz términos independientes

La solución a este sistema es:

A			X	Y
0,0000	0,0000	1,0000	B $R_0$	100,018
505,5213	22,4838	1,0000	A $R_0$	108,957
2025,6120	45,0068	1,0000	$R_0$	117,848
$A^{-1}$			Y	X
0,0010	-0,0020	0,0010	100,018	-6,273E-05
-0,0667	0,0889	-0,0222	108,957	3,990E-01
1,0000	0,0000	0,0000	117,848	100,018

<b>B</b>	-6,272E-07
<b>A</b>	0,003989
<b><math>R_0</math></b>	100,018

Ahora para una pareja R –vs- t con  $t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se completa la solución para el coeficiente C:

	$t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>R (<math>\Omega</math>)</b>	<b>t (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>
98,034	-4,9723

<b>Ro</b>	100,018
<b>A</b>	3,989E-03
<b>B</b>	-6,272E-07
<b>C</b>	1,10505E-09

Para la forma de la ecuación de Callendar Van Dusen, [2]:

$$R_t = R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot \left[ t - \delta \cdot \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \cdot \left( \frac{t}{100} \right) - \beta \cdot \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \cdot \left( \frac{t}{100} \right)^3 \right]$$

Se obtiene por comparación directa de los coeficientes:

$$A = \alpha + \frac{\alpha \cdot \delta}{100}$$

$$B = -\frac{\alpha \cdot \delta}{100^2}$$

$$C = -\frac{\alpha \cdot \beta}{100^4}$$

A partir de la solución anterior, se tiene la solución para los coeficientes Ro, alfa, delta y beta:

<b>R0</b>	100,0180
<b>ALFA</b>	0,00392642
<b>DELTA</b>	1,59726
<b>BETA</b>	-0,2814

## Conclusión

Se presentó una metodología para el cálculo de los coeficientes del modelo Callendar Van Dusen en la calibración de un termómetro de resistencia de platino para el método de comparación.

## Referencias

- [1] MetAs. LGM 09-09. Callendar + van Dusen. 2009. Recuperado de: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-09-09-CVD.pdf>, el 2016-07-21
- [2] RS. The Callendar – van Dusen coefficients. 1999. Recuperado de: <http://www.itsirl.com/admin/pdfmanual/1399021951CalVan.pdf>, el 2016-07-21.

**Ciro Alberto Sánchez**  
*Laboratorio de Temperatura y Humedad  
Subdirección de Metrología Física  
Instituto Nacional de Metrología  
2016-07-21*