

DR78000F6

ISSN 0328 - 1403

**CNEA 430**  
Informe

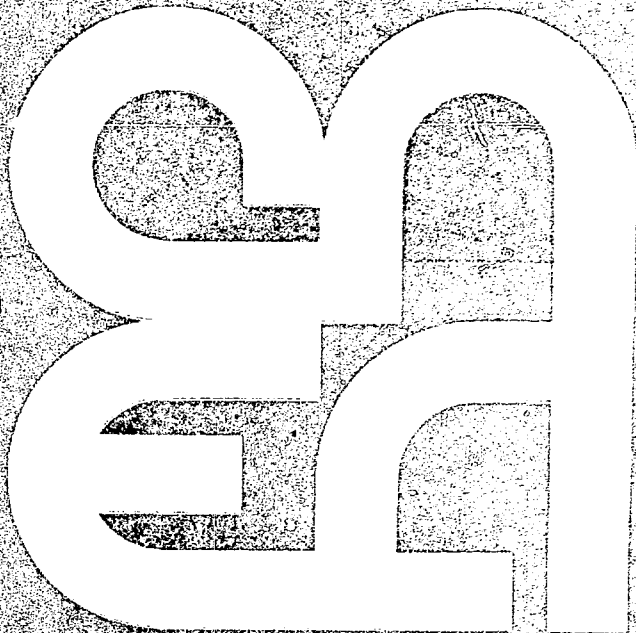
# Calibración de Termómetros en el Rango de 4K a 40K

María Elena de la Cruz  
Julián Sereni  
Horacio Salva

**Comisión  
Nacional  
de Energía  
Atómica**

**República Argentina**

**Buenos Aires, 1977**



**Cruz, M.E. de la**

**Calibración de termómetros en el rango de 4K a 40K.  
Buenos Aires, Comisión Nacional de Energía Atómica,  
1977.**

**10 p. 26 cm. (Informe CNEA, 430)**

**Termómetros—Calibración. Sereni, Julián; Salva, Horacio.**

**536.51:53.089**

**CNEA 430**  
Informe

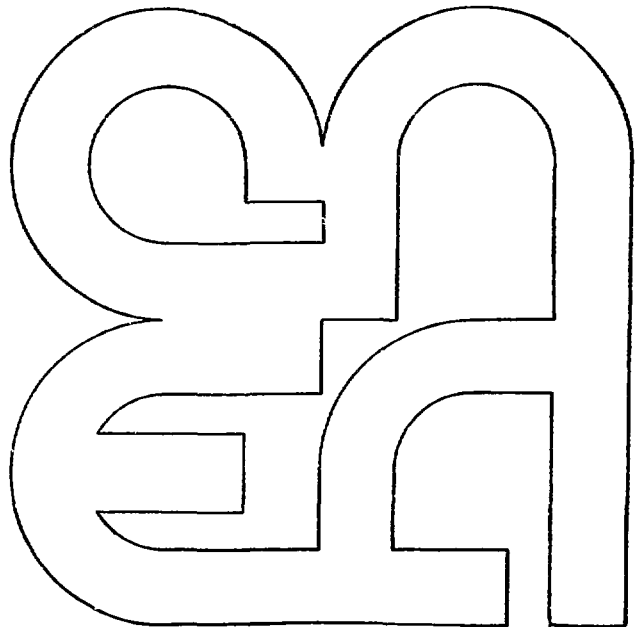
# Calibración de Termómetros en el Rango de 4K a 40K

María Elena de la Cruz  
Julián Sereni  
Horacio Salva

**Comisión  
Nacional  
de Energía  
Atómica**

**República Argentina**

**Buenos Aires, 1977**



**INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS**

**E42**

**THERMOMETERS  
TEMPERATURE MEASUREMENT  
CALIBRATION  
LOW TEMPERATURE  
GERMANIUM  
CARBON**

PRESIDENCIA DE LA NACION  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CALIBRACION DE TERMOMETROS  
EN EL RANGC DE 4K A 40K

María Elena de la Cruz, Julián Sereni y Horacio Salva

Aceptado en mayo de 1976

RESUMEN

Se calibraron resistencias de carbón y germanio, entre 4K y 40K, para usar como termómetros, comparándolas con una resistencia de germanio calibrada marca Cryocal de 1000  $\Omega$  nominal. De los resultados de las calibraciones se encuentra que la temperatura queda determinada con un error del 0,1%. Se verificaron las calibraciones con mediciones de calor específico.

SUMMARY

*Calibration of thermometers in the range from 4K to 40K*

Carbon and Germanium resistors have been calibrated against a standard in the temperature range from 4K to 40K. From the data, values of temperature are obtained with 0,1% error (std deviation). These calibrations have been also checked against specific heat measurements.

## INTRODUCCION

El método convencional de calibración de termómetros contrastándolos contra la presión de vapor de distintos líquidos ofrece, en el rango de temperaturas hasta 40K, la desventaja de la necesidad de utilizar varios líquidos criogénicos diferentes y la no superposición de los rangos, como puede apreciarse en la Tabla I:

TABLA I <sup>(1)</sup>

GAS	PTO.DE EBULLICION T (K)	PUNTO TRIPLE		PRESION FINAL P <sub>f</sub> (mmHg)	TEMPERATURA A P <sub>f</sub> T (K)
		T (K)	P (mmHg)		
He <sup>3</sup>	3,2	-	-	0,01	0,35
He <sup>4</sup>	4,2	-	-	1	1,3
H <sub>2</sub>	20,4	14,0	54	-	-
Ne	27,3	24,6	324	-	-

Disponiendo de un termómetro patrón es posible obviar estas dificultades. Es el objeto de este informe ofrecer a los distintos grupos que puedan tener interés en obtener termómetros calibrados, la posibilidad de efectuar estas calibraciones utilizando las facilidades disponibles en la División Bajas Temperaturas del C. A. B. con la metodología y precisión que se detallan.

## DESCRIPCION DEL METODO

Se procedió a constatar los termómetros detallados en la Tabla II, contra un termómetro patrón de Germanio "Cryocal 1000  $\Omega$ "<sup>(2)</sup>.

TABLA II

TERMOMETRO "T <sub>i</sub> "	TIPO	MARCA	RESIST.NOMINAL ( $\Omega$ )	POT. (WATT)
PATRON	Germanio	Cryocal	1000	10 <sup>-6</sup>
1	Carbón	Spær	470	1/2
2	Germanio	Cryocal	250	10 <sup>-6</sup>
3	Carbón	Allen Bradley	40	10 <sup>-1</sup>
4	Carbón	Allen Bradley	65	1/2
5	Germanio	Cryocal	250	10 <sup>-6</sup>

El circuito térmico usado es facilmente calculable a partir del esquema indicado en la figura 1. Cada termómetro se coloca en una vaina de cobre y se atornilla a la masa de cobre (C) que termaliza la temperatura de todos los termómetros.

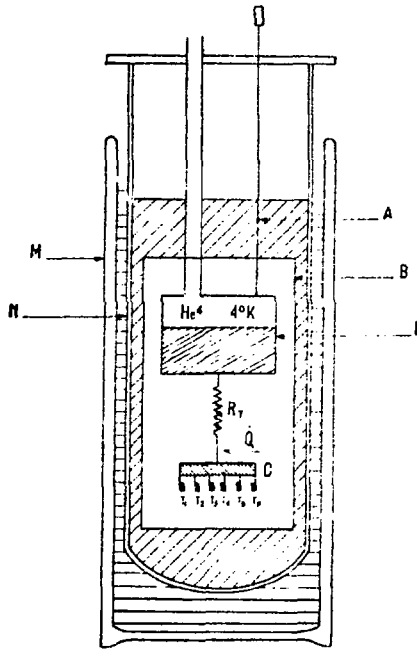


FIGURA 1

- M: Termo para aire líquido.
- N: Termo para Helio .
- A: Válvula de entrada de Helio líquido al evaporador.
- B: Camisa de vacío.
- E: Evaporador de Helio .
- RT: Resistencia térmica.
- C: Cobre.
- Tj: Termómetros.
- Q: Flujo de calor introducido por medio de un calefactor.
- Tp: Termómetro Patrón.

En este circuito térmico es importante calcular con acierto la resistencia térmica ( $R_T$ ). Las ecuaciones básicas que sirven al efecto son las siguientes:

$$\tau = R_T \cdot C$$

donde  $\tau$  es el tiempo de relajación y  $C$  la capacidad calorífica del sistema cobre más termómetros.

$$R_T = \frac{\Delta T}{\dot{Q}}$$

símil de la ley de Ohm, donde  $\Delta T = T$  (cobre) -  $T$  (Baño) y  $\dot{Q}$  es el flujo calórico introducido con un calefactor.

Hay que hacer un compromiso entre los tiempos de relajación y la cantidad de calor que se puede llevar al baño sin evaporar el  $H^2$ .

Utilizando los datos técnicos correspondientes y en base a las características de este crióstato, se construyó una  $R_T \sim 3500 K/watt$ , con un alambre de Cu de 0,25 mm. de diámetro y 15 cm. de largo. La masa de cobre que soporta los termómetros y las vainas de los mismos es del orden de 100 g. El calefactor utilizado era de 300  $\Omega$ , realizado con manganina de 0,002".

Para determinar la resistencia patrón se utilizó un circuito potenciométrico, en cambio la de los otros termómetros se determinó mediante un puente de resistencias (Wheatstone) C. A. de uso corriente en el laboratorio, que permite descontar la resistencia de los cables mediante el uso de tres conductores.

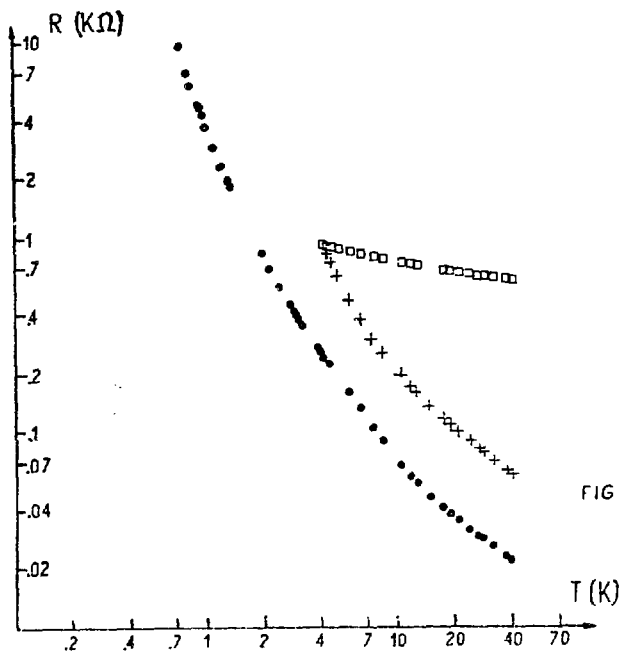
Los flujos de calor introducidos varían entre 0 y 30 mW.

## RESULTADOS

Se determinaron para cada termómetro 21 puntos de calibración sobre el rango de medición. Las calibraciones obtenidas permiten determinar  $T$  con un error del orden del 1% en todo el rango, y los tiempos de relajación observados varían entre 3 y 30 minutos.

Los valores típicos para las resistencias de Germanio y Carbón pueden verse en la figura 2.





FIG

FIGURA 2

Curvas de calibración  $R = f(T)$ . La curva correspondiente al termómetro 5 tiene el rango extendido hasta 0,4K, de acuerdo a lo explicado en el texto.

(·)  $T_5$  ; (+)  $T_4$  ; (□)  $T_1$

La calidad de la calibración fue verificada a posteriori con la resistencia 5, la cual fue utilizada en mediciones de calor específico en el rango de 0,4K a 11K. En esa ocasión se utilizaron dos funciones  $T = f(R)$ , donde  $f(R)$  es un polinomio de sexto grado; así se ajusta la calibración en el rango de 1,9K a 11,5K con un error del 3‰. Esto implica acoplar la presente calibración con otra realizada en el rango de bombeo de He<sup>4</sup> líquido (ver figura 2).

El calor específico del  $Th_{1-x}Gd_x$  ( $x = 5\%$ ) cumple la relación  $C/T = \gamma + \beta T^2$  para  $1,9K < T < 10K$  (ver figura 3). La dispersión obtenida en las mediciones es inferior al 2%. Considerando que los saltos de temperatura utilizados para las mediciones son del orden de  $T/20$ , esto confirma que la precisión de la calibración es la estimada.

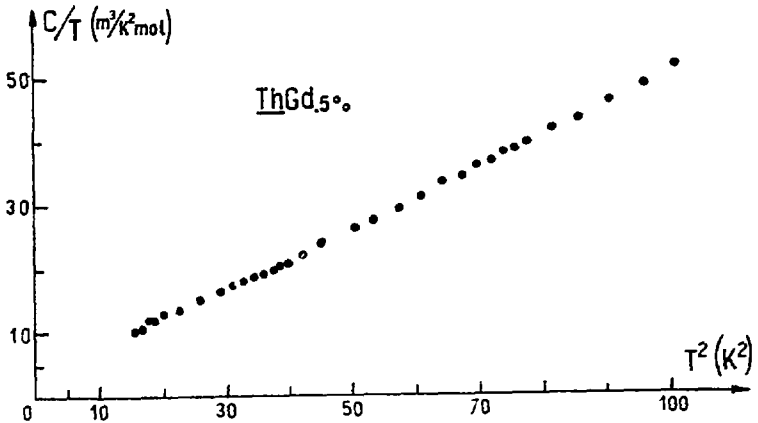


FIGURA 3

Curva de calor específico del  $\text{Th}_{1-x}\text{Gd}_x$  en función de  $T$ , que verifica la estimación de la precisión de calibración.

### OBSERVACIONES

Es interesante señalar que el primer intento de efectuar esta calibración mediante el uso de este dispositivo, fracasó por cuanto al introducir calor, se observó un desplazamiento permanente en los valores de las resistencias.

Mediante distintas pruebas se pudo determinar que este fenómeno era producido por el método utilizado en el enfriamiento, que es el siguiente: el dispositivo total de calibración está rodeado por una camisa metálica en el interior de la cual puede hacerse vacío (ver figura 1). Al comenzar el enfriamiento se encuentra todo a temperatura ambiente llegando a la temperatura del  $\text{He}^1$  líquido mediante el intercambio de calor producido por algunos milímetros de  $\text{He}$  gas en el interior de la camisa.

Después de finalizar la transferencia del  $\text{He}^4$  líquido se llena el evaporador y al alcanzar los 4K se procede a bombear con difusora por varias horas el gas de intercambio. La deriva producida en los valores de las resistencias se supuso debido a la capacidad del carbón de absorber grandes cantidades de gas durante su enfriamiento, gas que era liberado al aplicar la potencia de calefacción.

Esto se verificó al repetir el experimento sin la utilización de gas de intercambio; el enfriamiento se realizó circulando gas  $\text{He}^3$  por la línea que posee este equipo y que permite establecer contacto térmico entre la parte inferior y el baño a 4K. Lograda esa temperatura se removió el  $\text{He}^3$  de la línea y el contacto térmico quedó reducido a la  $R_T$ .

#### *AGRADECIMIENTOS*

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Dr. F. de la Cruz por sus importantes sugerencias en la realización de las mediciones y a los técnicos del laboratorio, Sres. Turzauer, Trochine y Scotti por su colaboración.

Este trabajo ha sido parcialmente realizado con el apoyo del Programa Multinacional de Física de la Organización de Estados Americanos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) WHITE, G. K. Experimental Techniques in Low Temperature Physics-  
Oxford (1968).
- 2) CRYOCAL INC - Termómetro 185° - Cryocal Inc 1371 Ave "E" - Riviera  
Beach, Florida 33404, U. S. A.
- 3) SERENI, J. y HUBER T. "Specific heat of  $\text{Th}_{1-x}\text{Gd}_x$  Spin glass".  
Enviado para su publicación a "Solid State Communications".



