

Principios prácticos para obtener mediciones confiables con termómetros de contacto

Edgar Méndez Lango

Termometría, Metrología Eléctrica,

CENAM

Noviembre 2009



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo
↪ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
↪ Tiempo y Frecuencia



Contenido

1. Concepto de temperatura
2. Termometría
3. Equilibrio Térmico
4. Transferencia de calor
5. Calibración de termómetros
6. Discusión

Temperatura

- Equilibrio mecánico y térmico
- Concepto de temperatura
- Temperatura: magnitud de base del SI
 - Escala Subjetiva
 - Escala Objetiva

Equilibrio

- Un sistema está en equilibrio si en el tiempo sus características que lo describen permanecen constantes
- Un sistema fuera de equilibrio evolucionará hasta alcanzar el equilibrio
- Estados permanentes no son estados de equilibrio

Escala subjetiva de temperatura

- Sensación de frío y caliente es útil para construir una escala
- Nuestro cuerpo tiene un sentido de caliente y frío
- Un conjunto de objetos con diferente temperatura, pueden ser ordenados del más frío al más caliente
- Nuestro sentidos pueden ser engañados por la historia térmica
- Incertidumbre de la escala subjetiva
 - Conductividad térmica
 - Capacidad calorífica
- **Temperatura** es una propiedad física que permite conocer si un cuerpo está más caliente

Termometría

- Concepto de termómetro
- Termómetros primarios y Secundarios
- Ley Cero de la termodinámica
- Segunda Ley de la termodinámica

Principio de termometría

“Un termómetro mide su propia temperatura”

- *El trabajo experimental exige “llevar” la temperatura del termómetro a la temperatura de aquello que se quiere medir.*
- *El análisis crítico de nuestra práctica a la luz de esta Ley nos ayudará a identificar errores sistemáticos*

Equilibrio Térmico

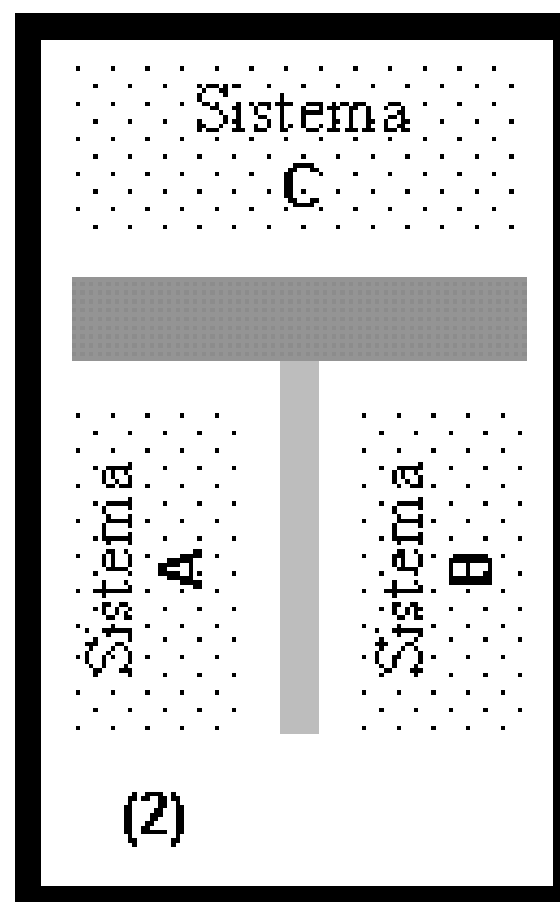
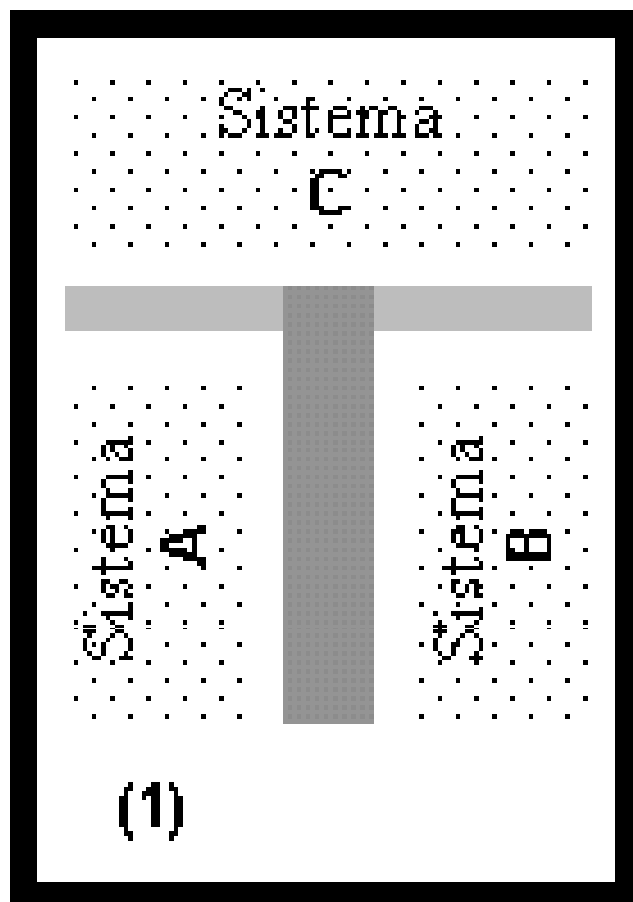


**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

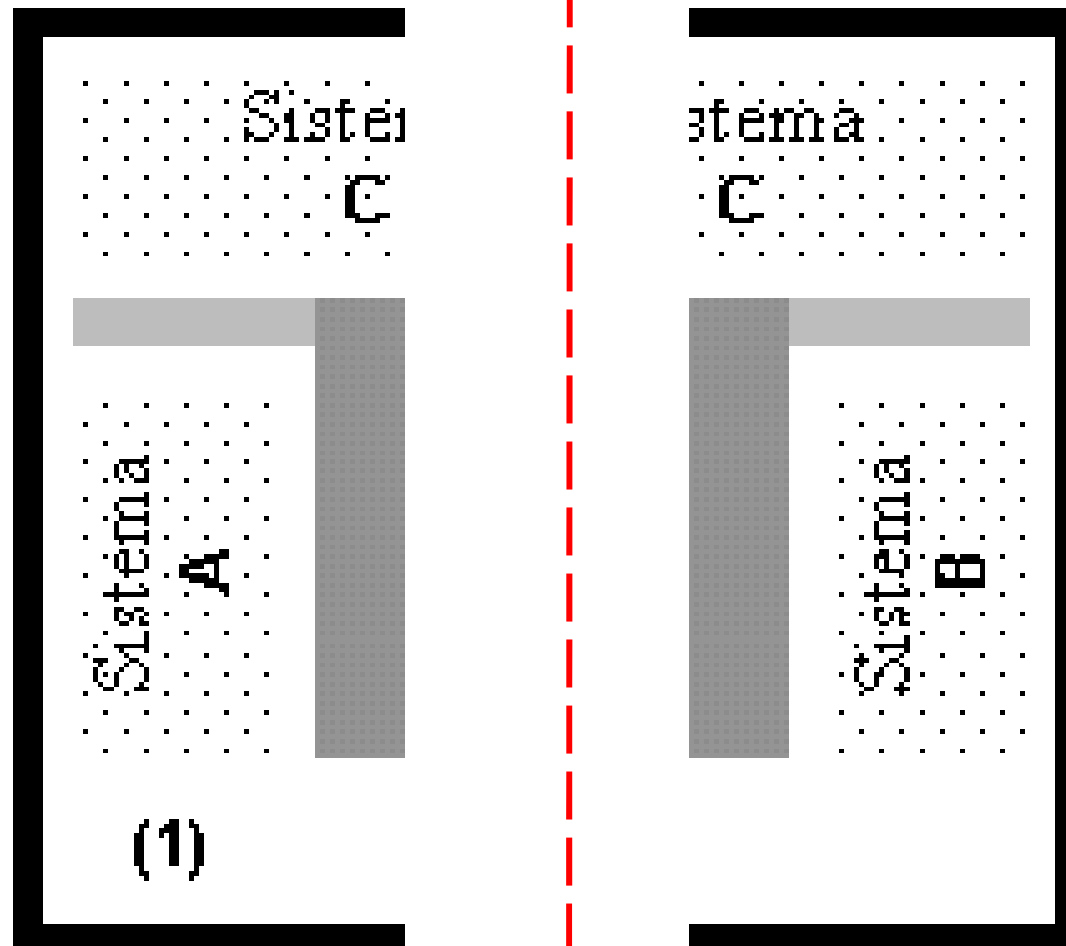
→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia



Ley cero de la termodinámica



Equivalencia y Trazabilidad



Transferencia de calor



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia



Transferencia de calor (Fourier)

Definición:

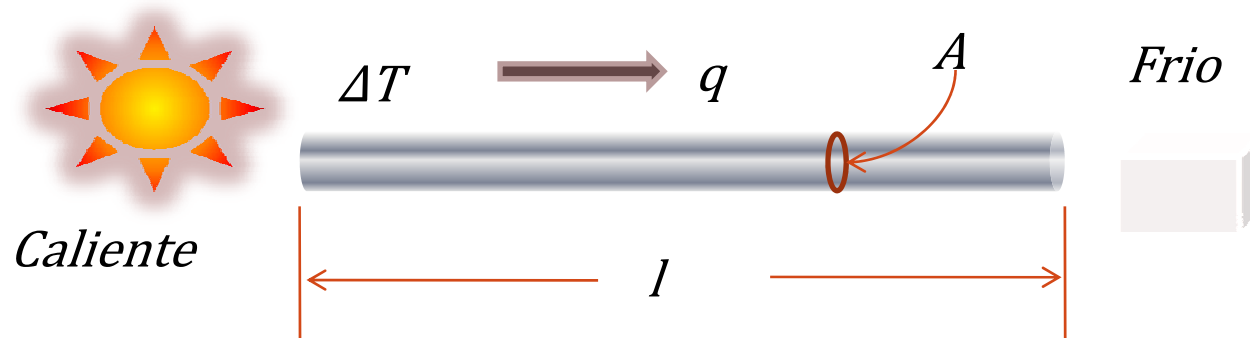
Calor es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro por diferencia de temperatura en cierto tiempo.

$$\dot{q} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Por otro lado

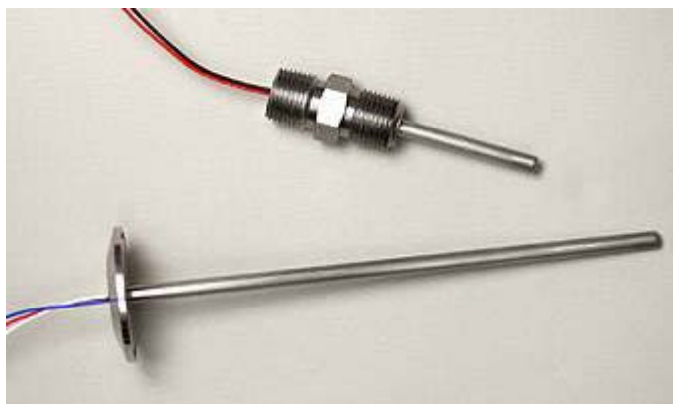
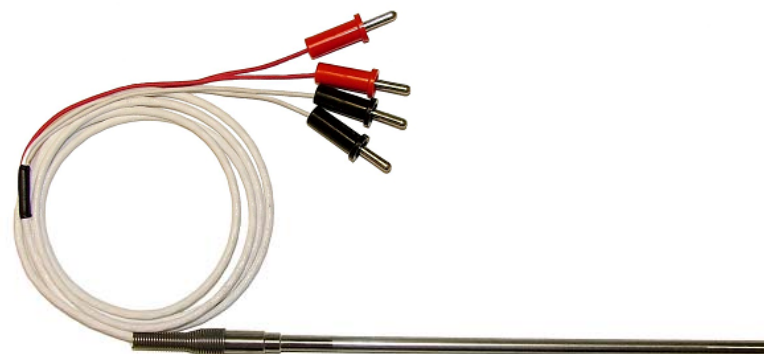
$$q \propto \frac{\Delta T \cdot A}{l}$$

Conducción de calor

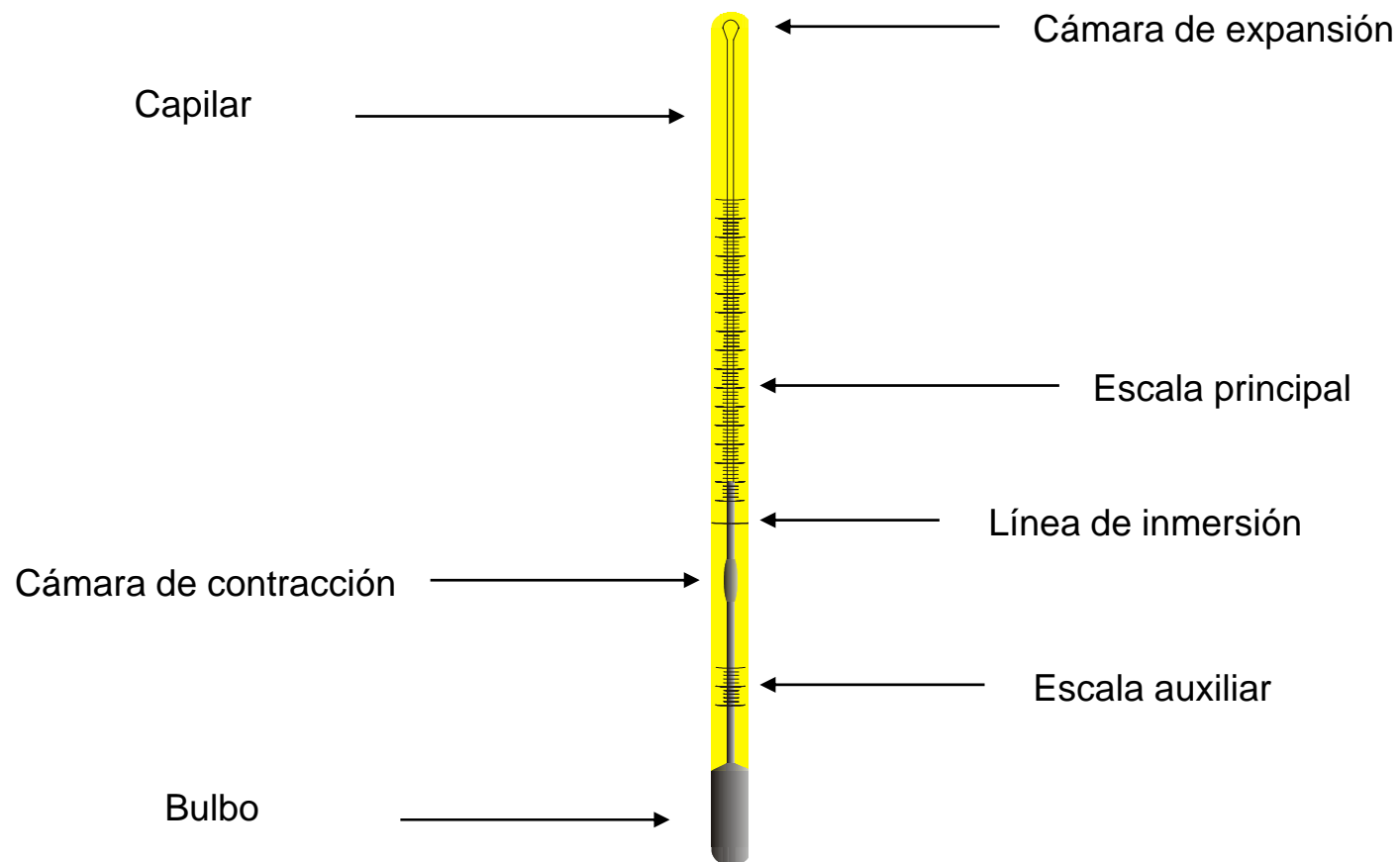


$$q = \frac{\lambda \Delta T \cdot A}{l}$$

La forma de los termómetros



Termómetro de Líquido en Vidrio



Calibración

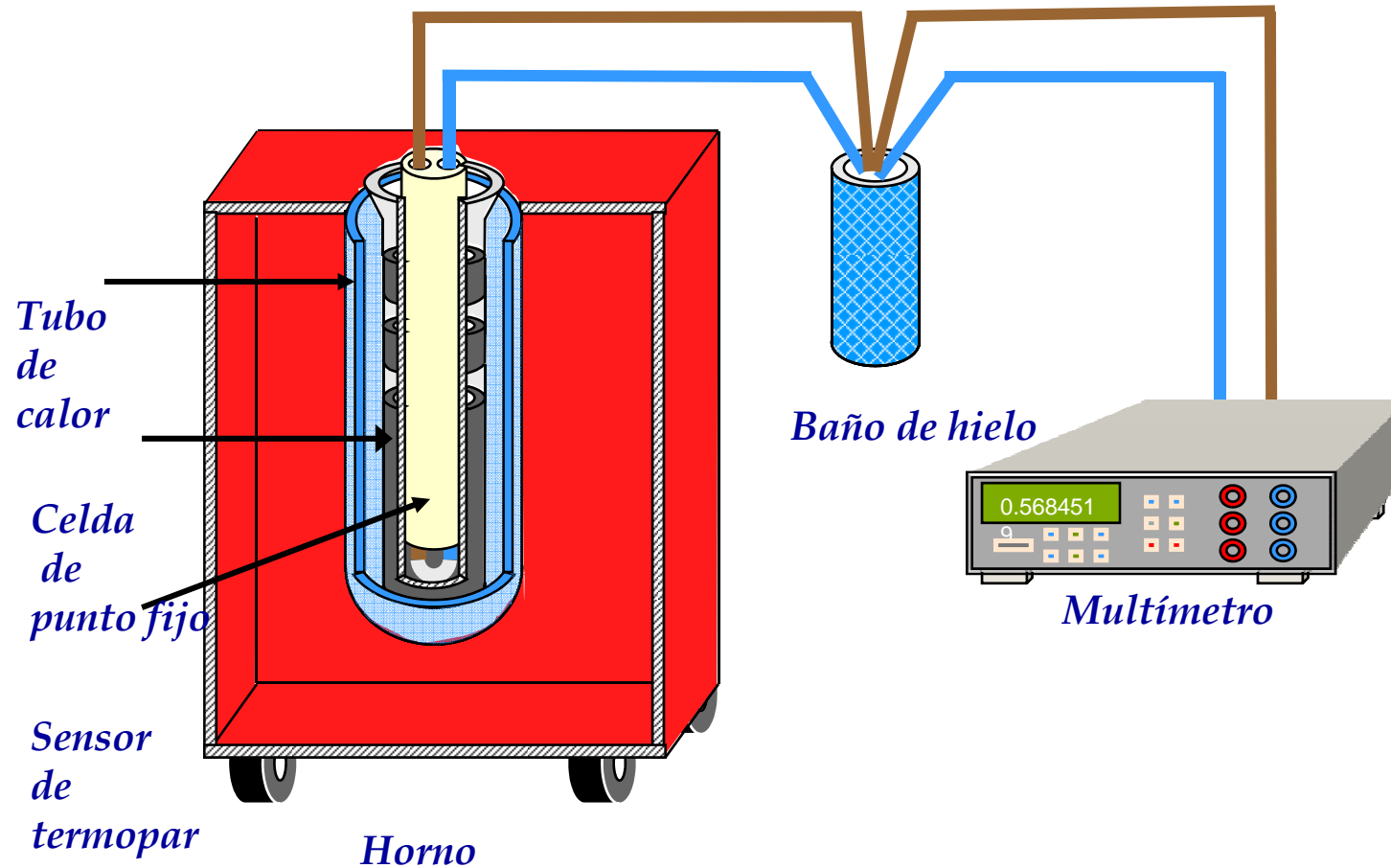


**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

- ↪ Electromagnetismo
- ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
- ↪ Tiempo y Frecuencia



Sistema de calibración en Puntos Fijos



El punto de hielo (0 °C)

- Definición del punto de hielo
Tiene asignado el valor de 0 °C (273,15K) a una presión atmosférica de 101 325 Pa (P_0)
Para una presión P distinta:

$$t / ^\circ\text{C} = 0,01 \cdot (1 - P / P_0)$$

- Preparación
 - Agua destilada
 - Termo
 - Reproducibilidad: 2 mK

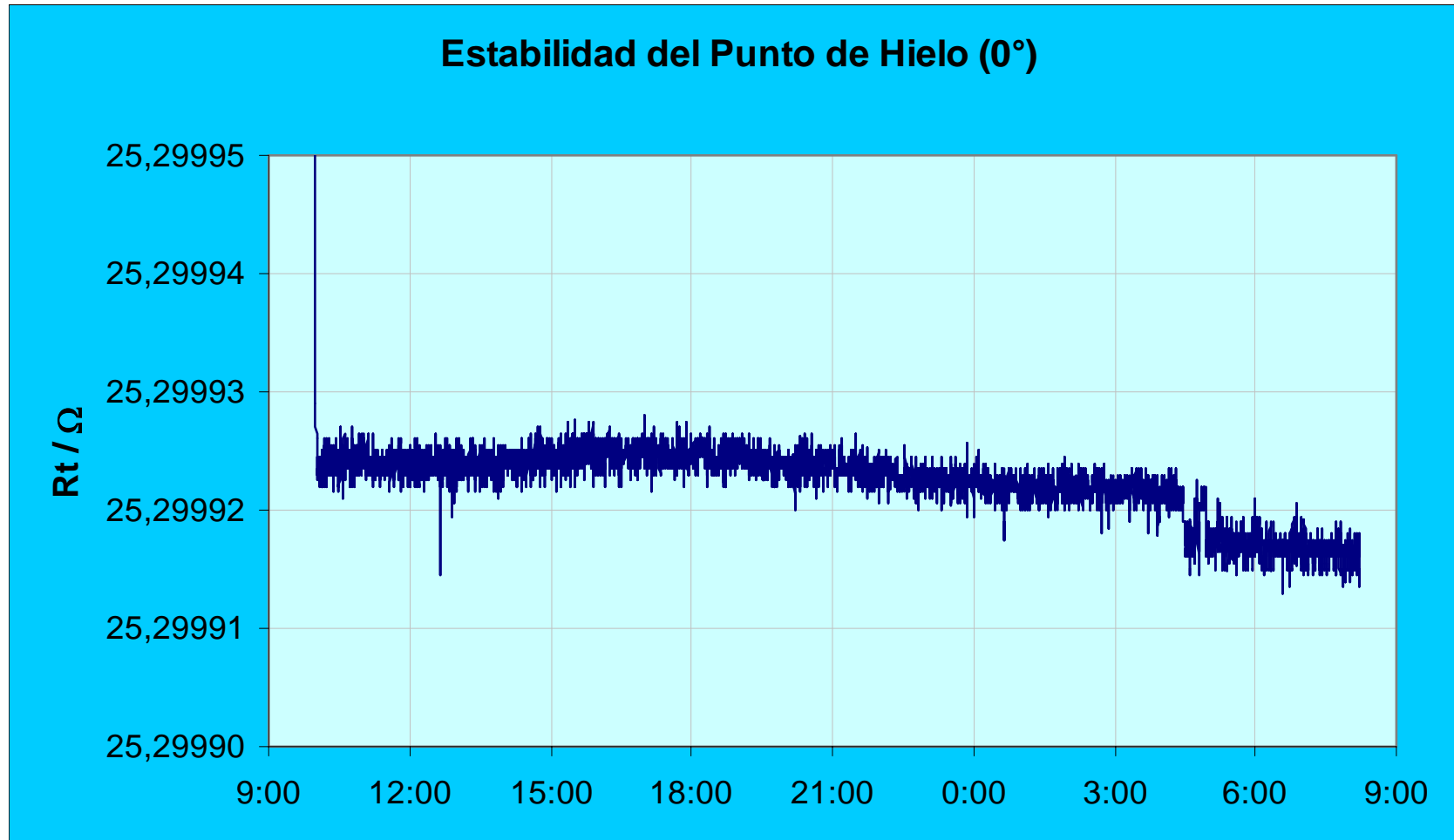
El punto de hielo (0 °C)

Fuentes de Incertidumbre

- Repetibilidad
 - Inmersión
 - Contacto térmico
 - Proporción sólido-líquido
- Estabilidad

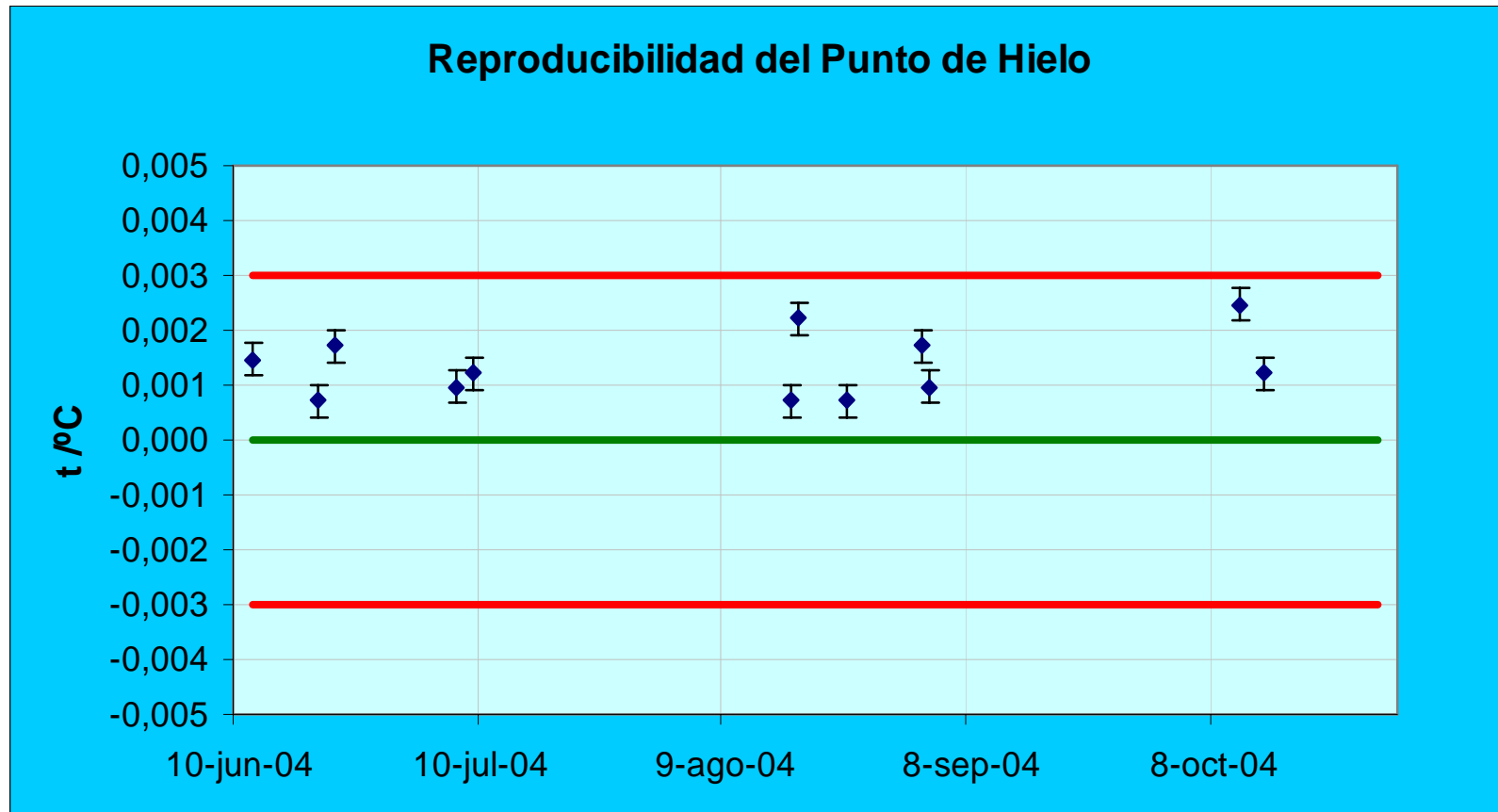
Por tratarse de un punto fijo en principio es alta (0,2 mK)
- Reproducibilidad
 - Calidad del agua destilada
 - Método de preparación
 - Trituración del hielo
 - Precauciones de limpieza

El punto de hielo (0 °C), estabilidad

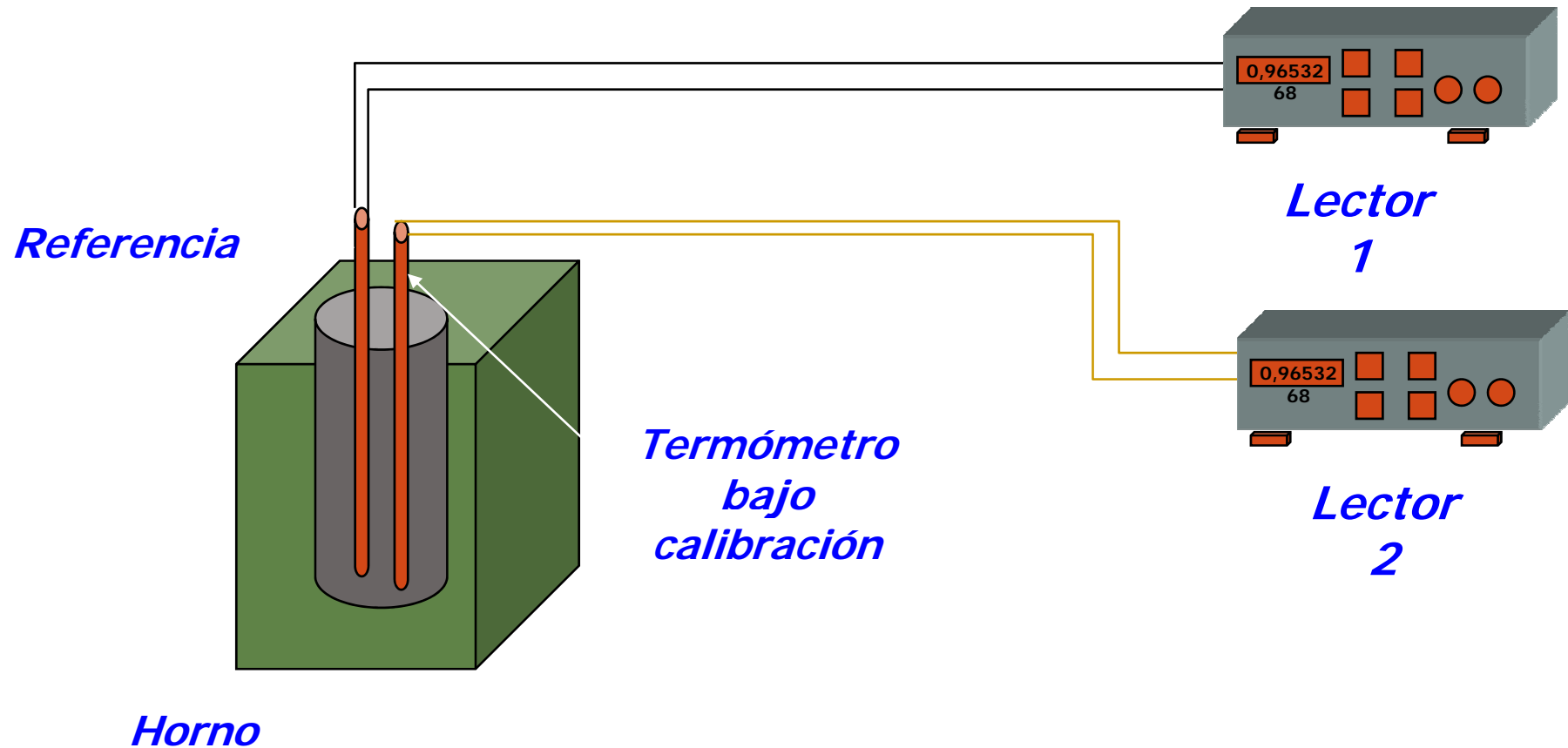


El punto de hielo (0 °C), reproducibilidad

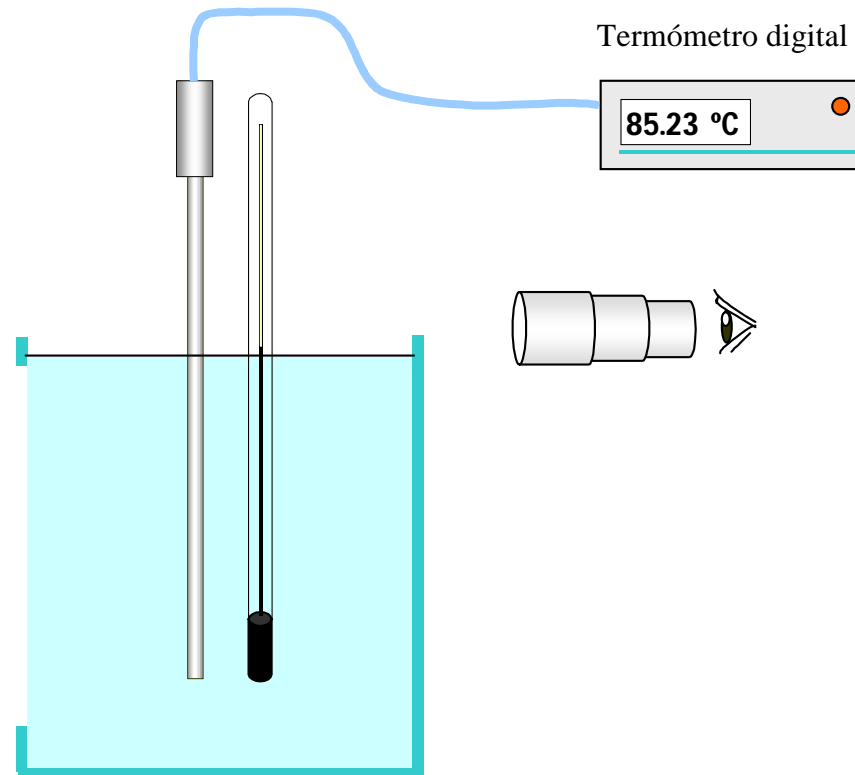
Carta de control del punto de hielo



Calibración por comparación



Calibración por comparación



Inmersión total

Discusión



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia



Discusión

- Temperatura es una propiedad de equilibrio
- Un termómetro debe alcanzar el equilibrio térmico con aquello que se quiere medir
- Procurar el contacto térmico
- Las fugas térmicas pueden generar errores con buena reproducibilidad
- Necesario experimentar todo el tiempo para conocer si la lectura de un termómetro es genuina.

Gracias por su atención



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia

