

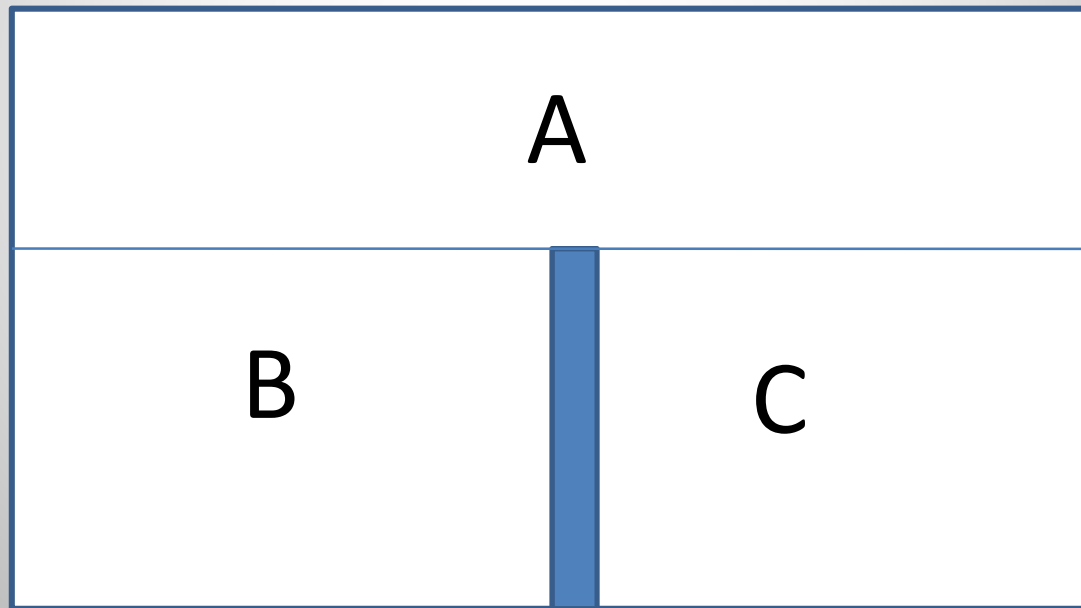


# USO DE PUNTOS EUTÉCTICOS DE Ga-Xx PARA CALIBRACIÓN Y CONTROL METROLÓGICO DE TERMÓMETROS DE RESISTENCIA DE PLATINO EN EL INTERVALO DE 16°C A 27 °C

Edgar Méndez-Lango  
División Termometría, CENAM  
[emendez@cenam.mx](mailto:emendez@cenam.mx)

# Temperatura – equilibrio térmico

Dos cuerpos están a la misma temperatura si y sólo si se encuentran en equilibrio térmico



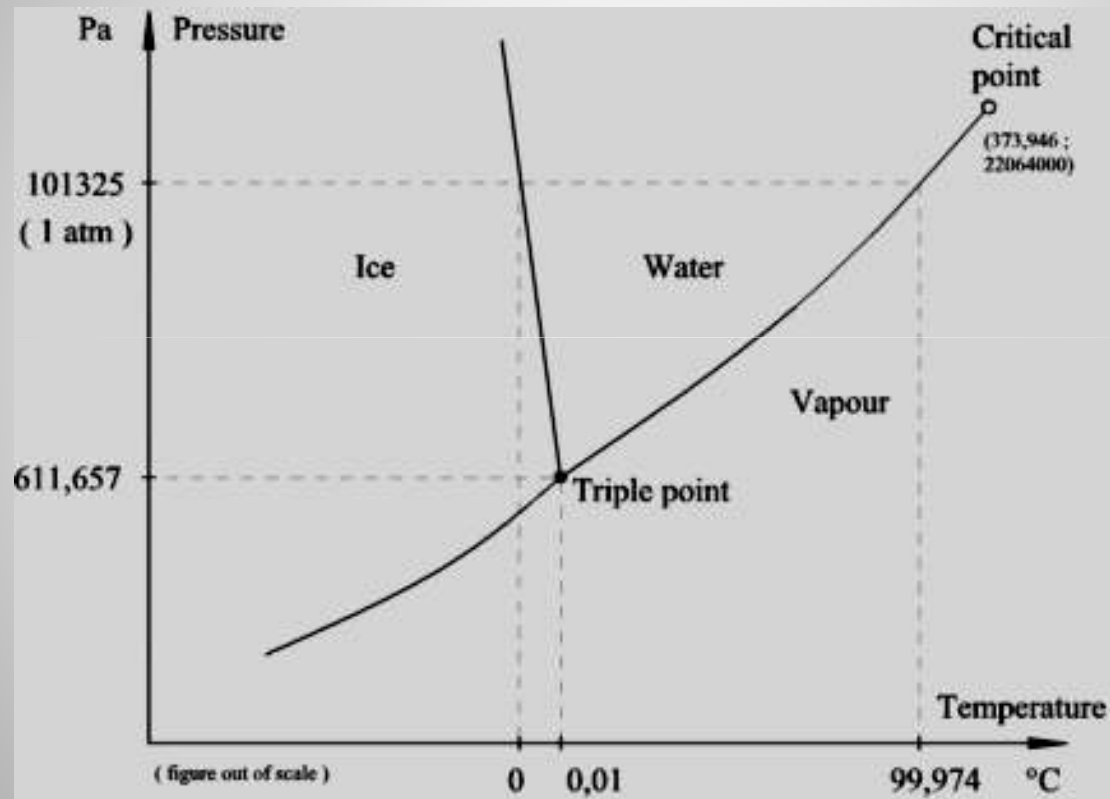
# Ley cero - trazabilidad

- Si A es un termómetro que se calibra en un valor de temperatura B
- Si se usa el termómetro A para medir la temperatura de C y
- Si el valor de A al estar en contacto con B es el mismo que al estar en contacto con C, entonces
- B y C tienen la misma temperatura

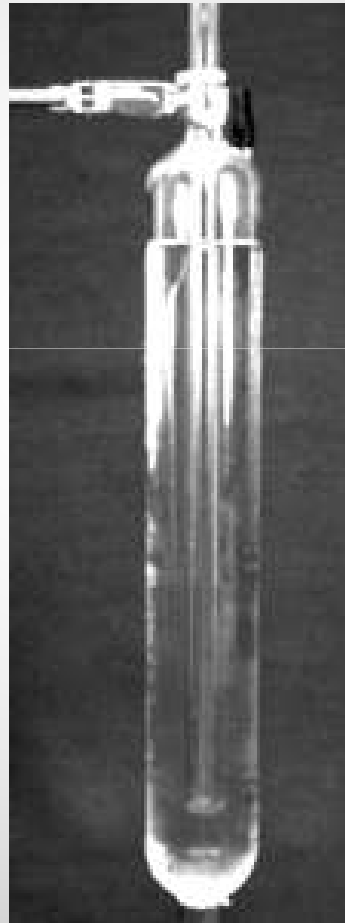
# Escala de temperatura

- B es un conjunto de experimentos de temperatura conocida
- El conjunto de experimentos se conocen como puntos fijos
- La mayoría de los puntos fijos son transiciones de fase ¿por qué?
  - Ejemplo: Punto triple de agua

# Punto fijo de temperatura



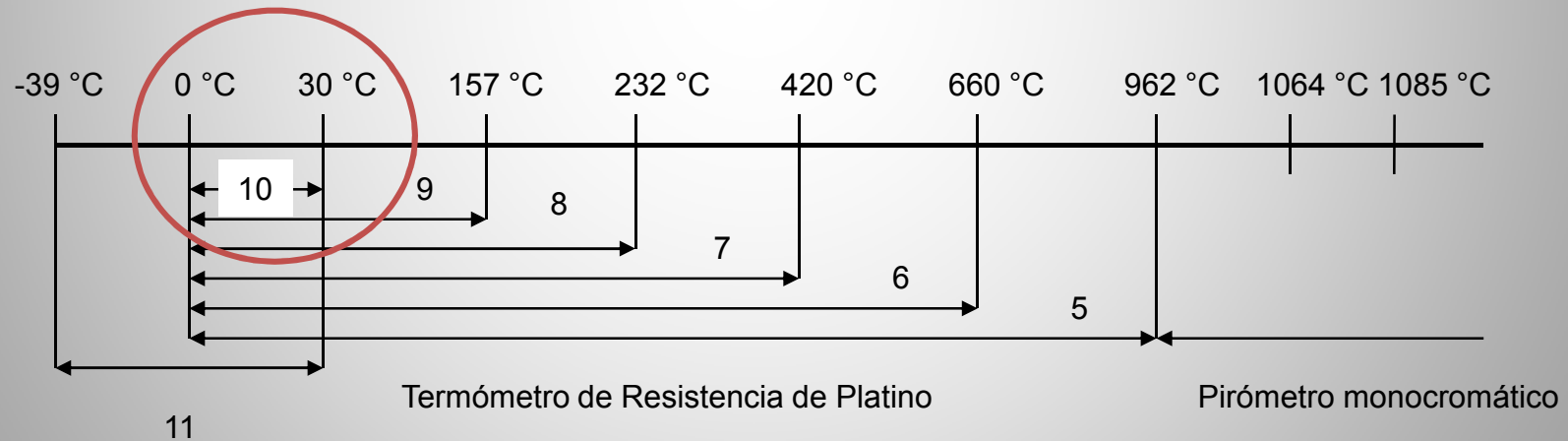
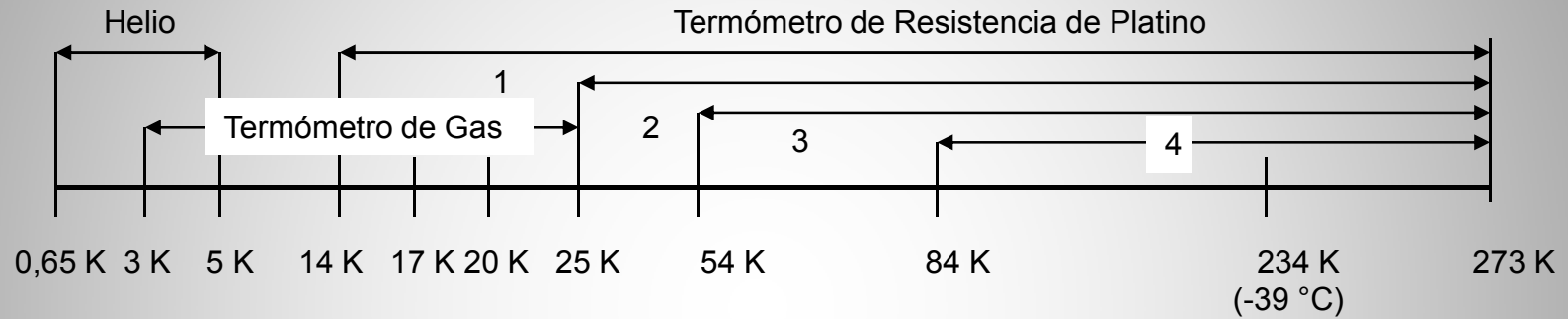
# Punto triple de agua



# Los puntos fijos de la Escala

Punto Fijo	$T_{90}/\text{K}$	$t_{90}/\text{°C}$
PT Ar	83,8058	-189,3442
PT Hg	234,3156	-38,8344
PT H <sub>2</sub> O	273,16	0,01
PF Ga	302,9146	29,7646
PS In	429,7485	156,5985
PS Sn	505,078	231,928
PS Zn	692,677	419,527
PS Al	933,473	660,323
PS Ag	1234,93	961,78

# Sub-intervalos de la Escala





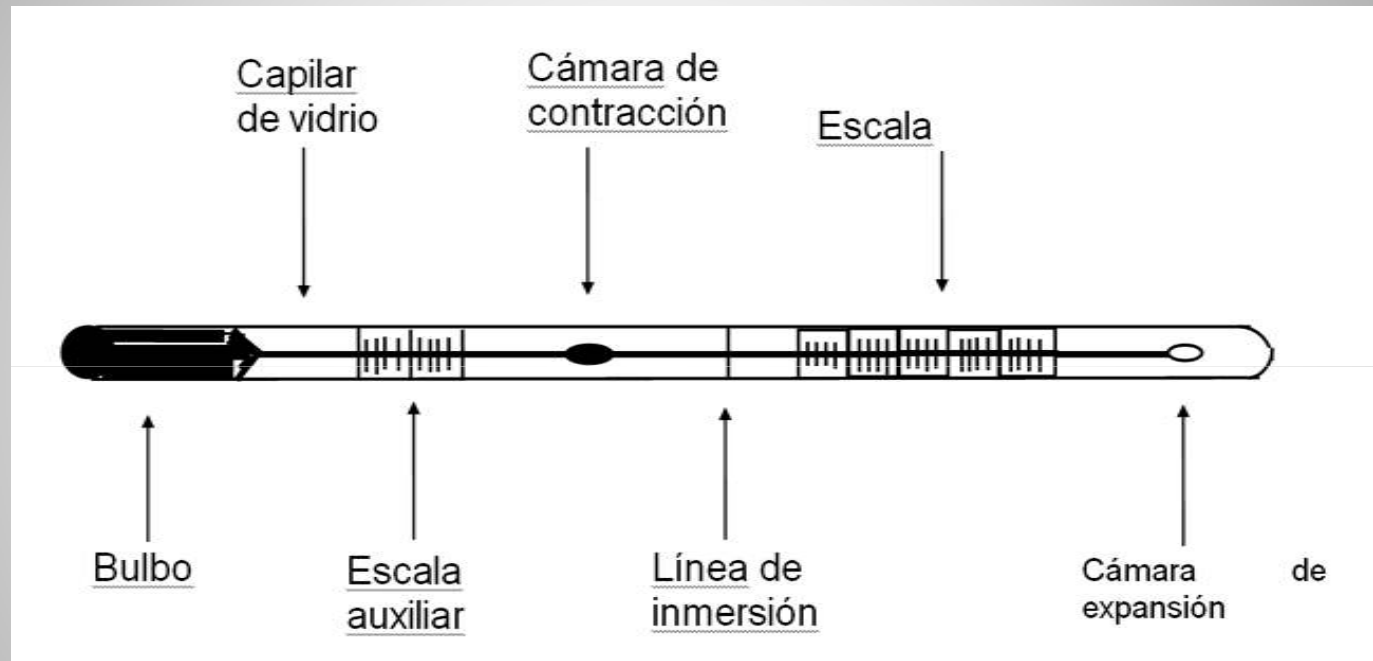
# Escala de temperatura

- Para interpolar entre los puntos fijos se requieren dos cosas:
  - Un termómetro y
  - Una regla de correspondencia
- ¿Cómo funciona un termómetro?

# Propiedad termométrica

- Una propiedad física que cambia reversible y uniformemente con la temperatura es una propiedad termométrica.
- Ejemplos:
  - dilatación volumétrica de un líquido,
  - dilatación lineal de un sólido,
  - cambio de resistencia eléctrica de un metal,
  - el efecto Seebeck, etcétera.

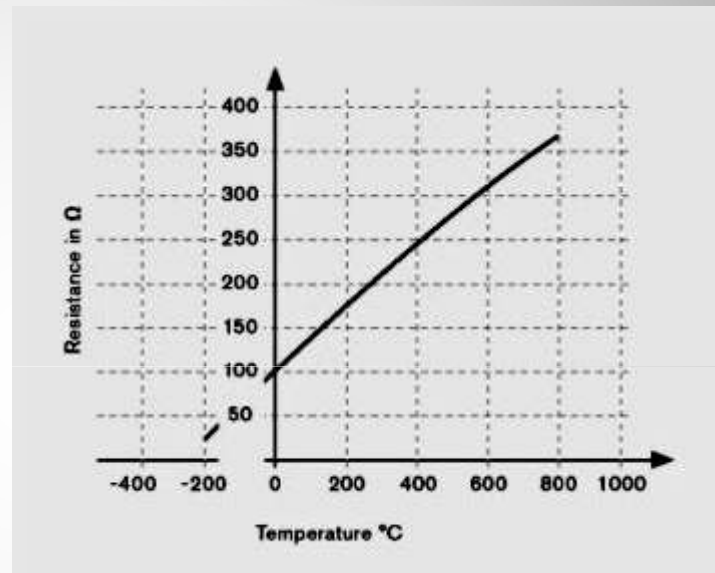
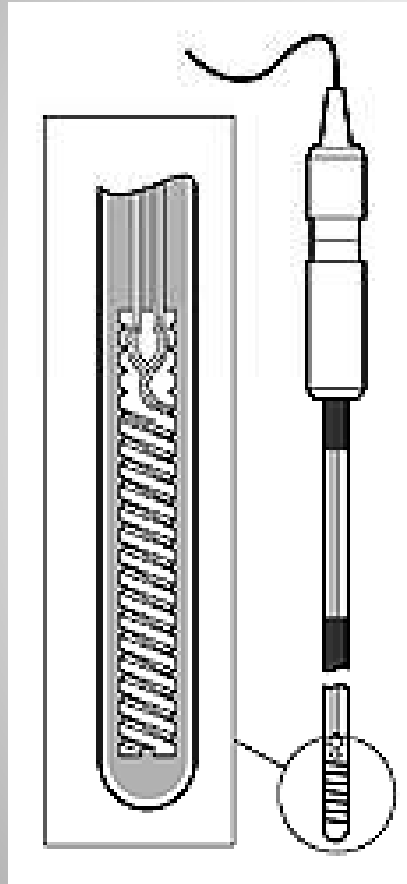
# Termómetro de líquido en vidrio



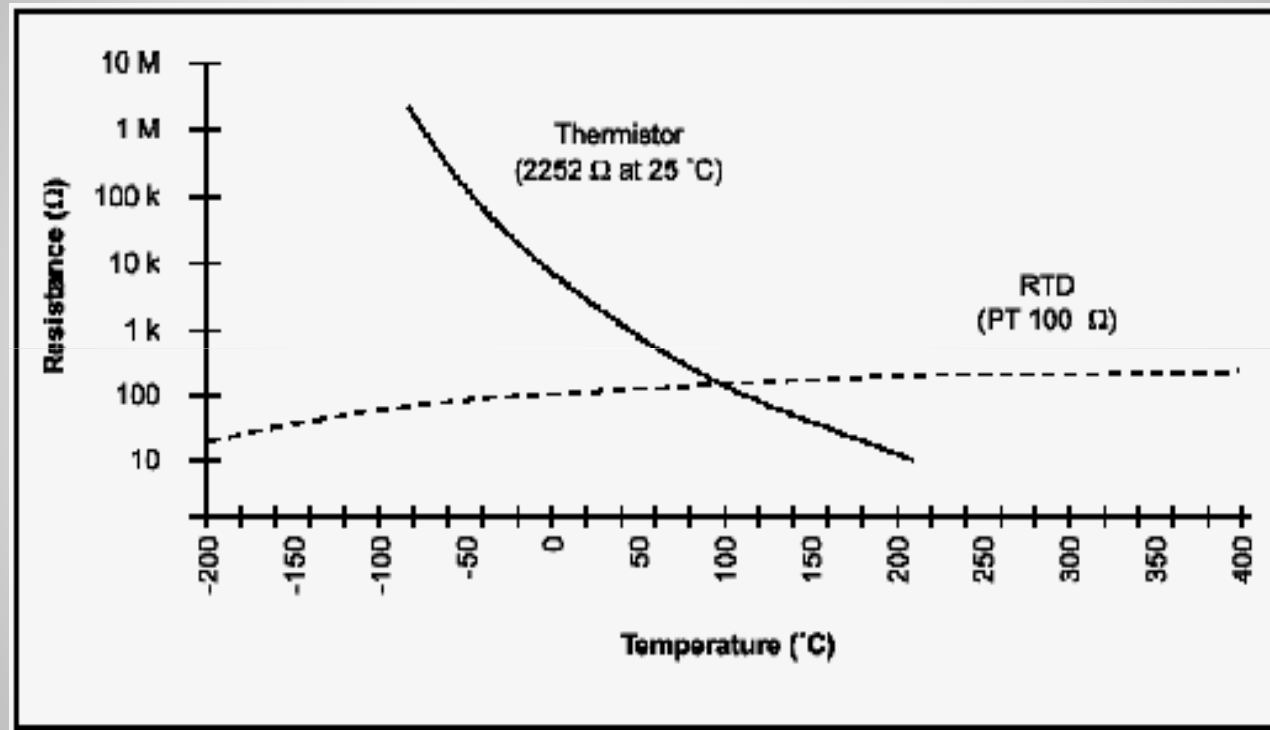
# Tipos de TLV (ASTM)

No. ASTM	Intervalo / °C	Graduación / °C	Longitud	Inmersión
62C	-32 a 2	0,1	374 a 384 mm	Total
63C	-8 a 32	0,1	374 a 384 mm	Total
64C	-25 a 55	0,1	374 a 384 mm	Total
65C	50 a 80	0,1	374 a 384 mm	Total
66C	75 a 105	0,1	374 a 384 mm	Total
67C	95 a 155	0,2	374 a 384 mm	Total
68C	145 a 205	0,2	374 a 384 mm	Total
69C	195 a 305	0,5	374 a 384 mm	Total
70C	295 a 405	0,5	374 a 384 mm	Total

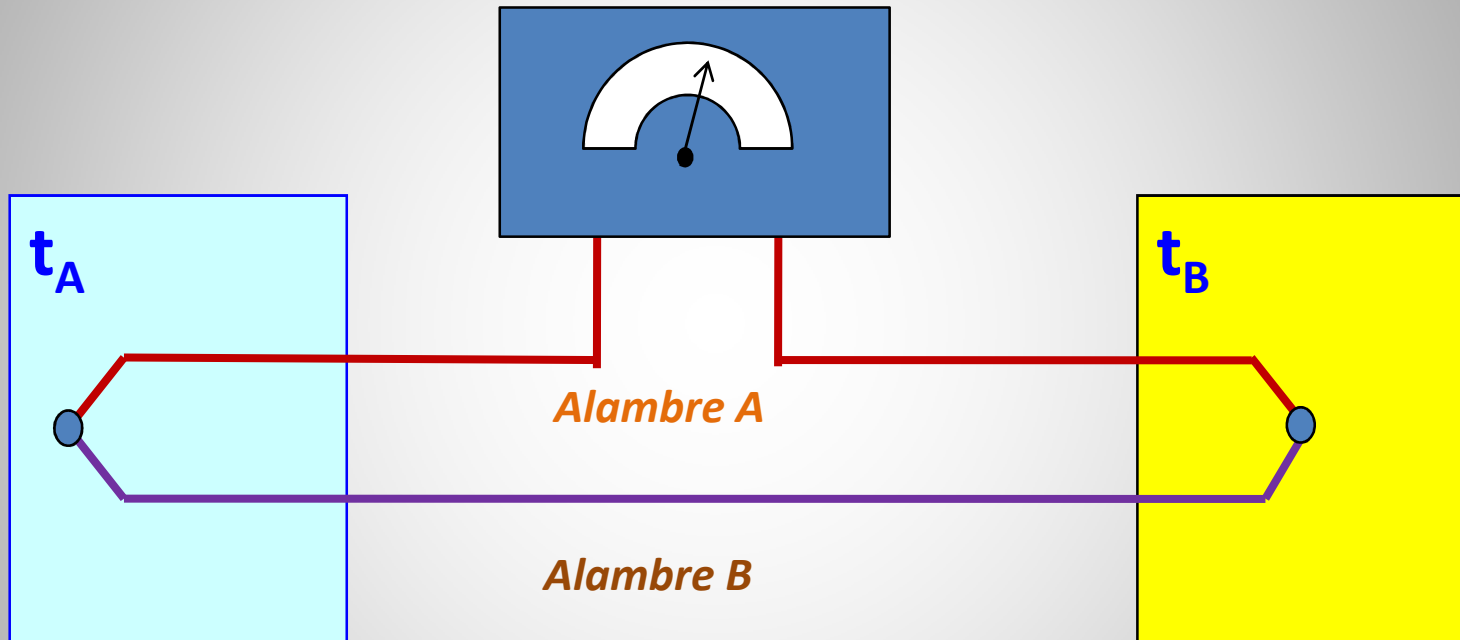
# T. de resistencia eléctrica



# T. de termistor



# T. de termopar



Es un medidor diferencial

# Equipos de medición

- Los equipos de medición o unidades de lectura o “lectores” dependen de la propiedad termométrica
- La sensibilidad del instrumento

$$Sens = \frac{\Delta x}{\Delta T}$$

Depende de la propiedad termométrica y de la “capacidad instalada” de medición



# Regla de correspondencia

- Para conocer el valor de temperatura se requiere una regla de correspondencia entre las unidades  $x$  de la propiedad termométrica y la temperatura
- Las reglas de correspondencia son empíricas
- Generalmente están normalizadas (ASTM, IEC, ITS-90, etc.)

# Exactitud de un termómetro

- La exactitud depende de:
  - Propiedad termométrica,
  - Lector y
  - Regla de correspondencia

# Sensibilidad TLV

Líquido termométrico	Coefficiente de expansión aparente / °C <sup>-1</sup>	Intervalo aproximado de operacion / °C
Mercurio	0,00016	-35 a 550
Etanol	0,00104	-80 a 60
Tolueno	0,00103	-80 a 100
Pentano	0,00145	-200 a 30

# Exactitudes esperadas

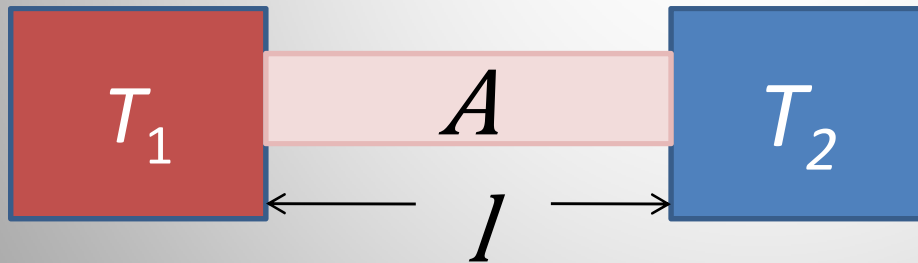
## Intervalo 0 °C a 30 °C

TERMÓMETRO	EXACTITUD / °C	COMENTARIOS
Líquido en vidrio	0,05	Muy estable pero no automatizable
Resistencia de platino	0,005	Estables pero lentos y con inercia térmica grande
Termopar	0,1	Diferenciales, técnicas de metrología eléctrica más demandantes
Termistor	0,05	Gran sensibilidad ¿estabilidad?

# “Buenas prácticas” en termometría

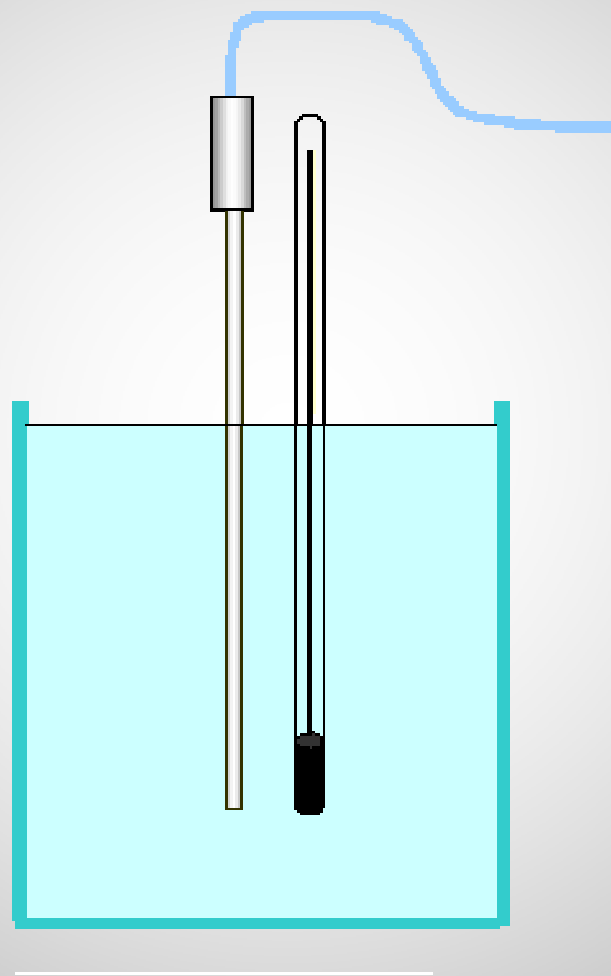
“Un termómetro mide su propia temperatura”

Conducción de calor (Fourier)



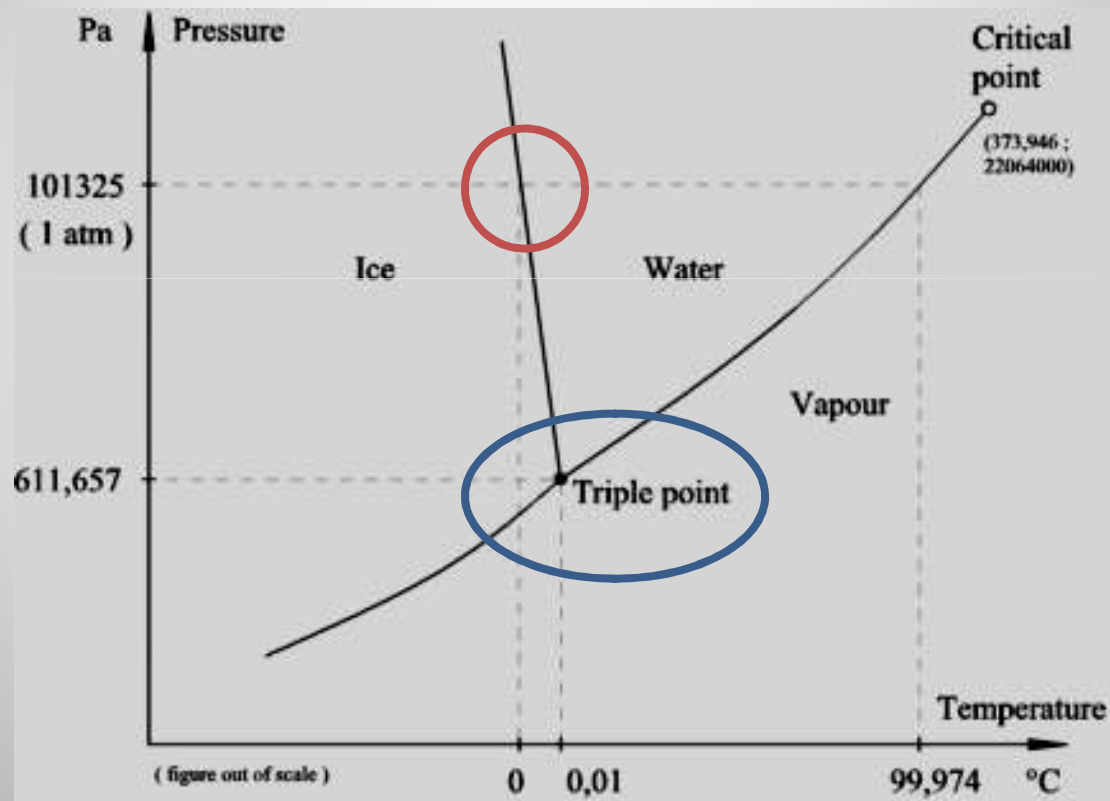
$$\dot{q} \propto \frac{\Delta T \cdot A}{l}$$

# Aplicación

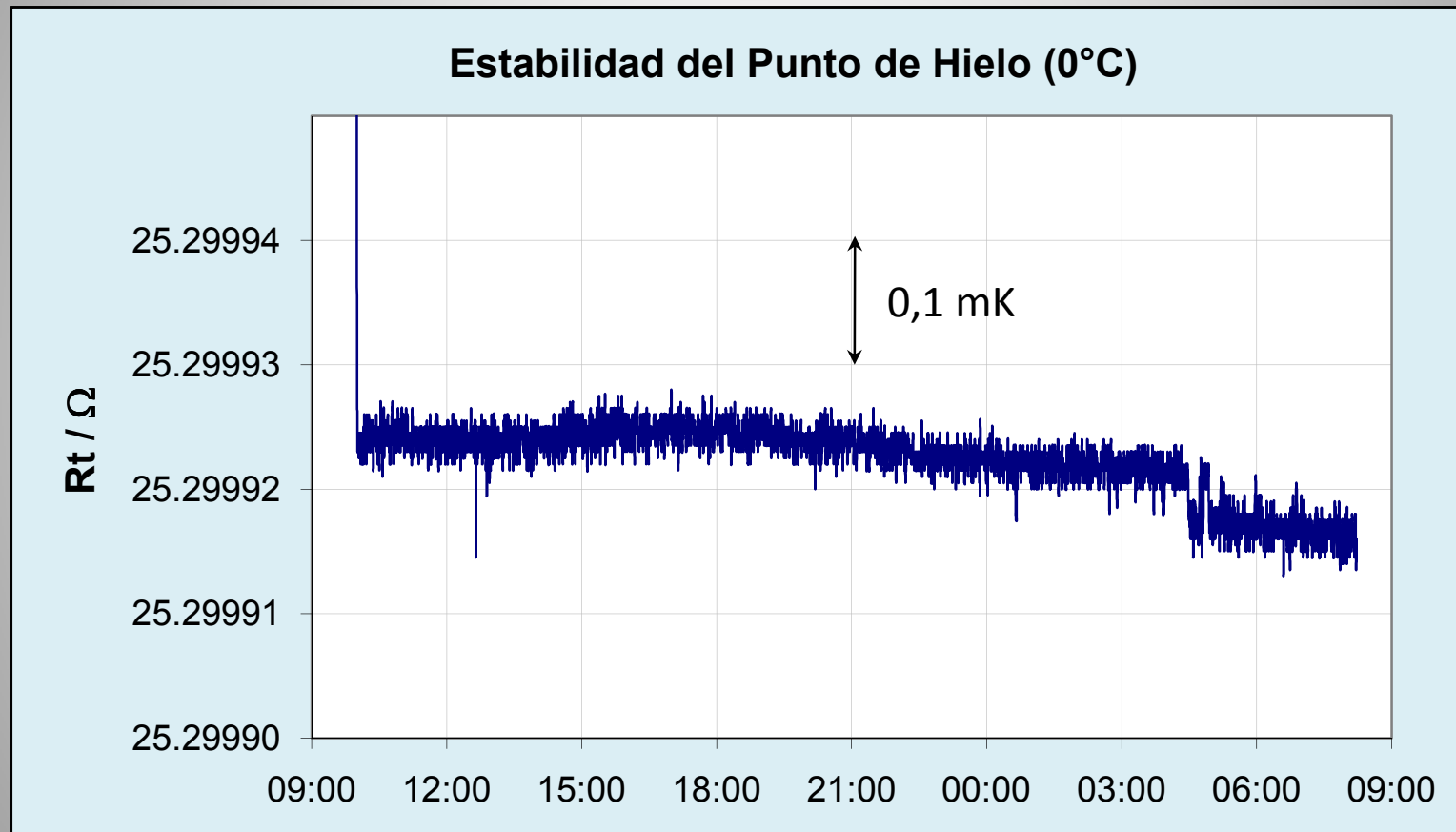


# Puntos fijos secundarios

## Punto de fusión de hielo

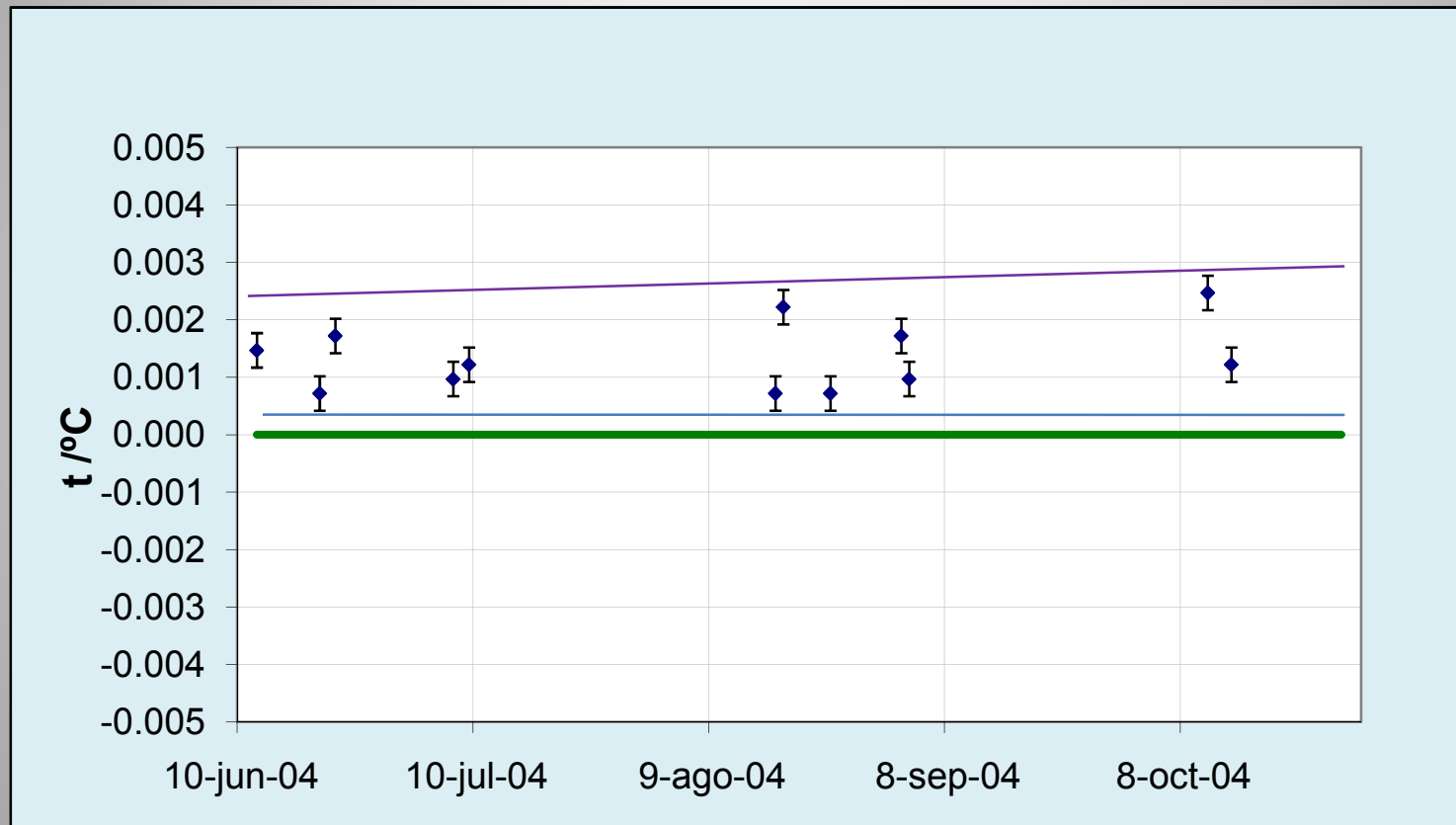


# Estabilidad de punto de hielo



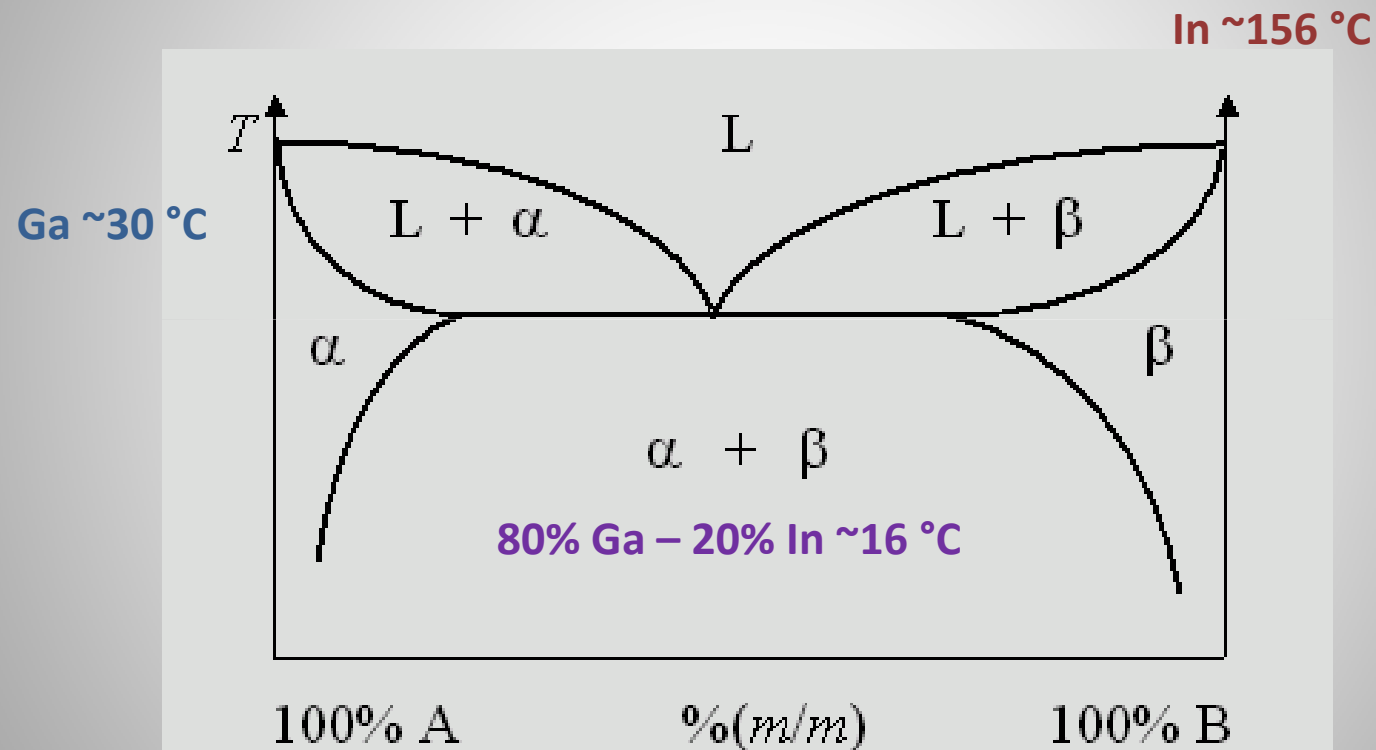


# Reproducibilidad del punto de hielo



# Puntos fijos secundarios

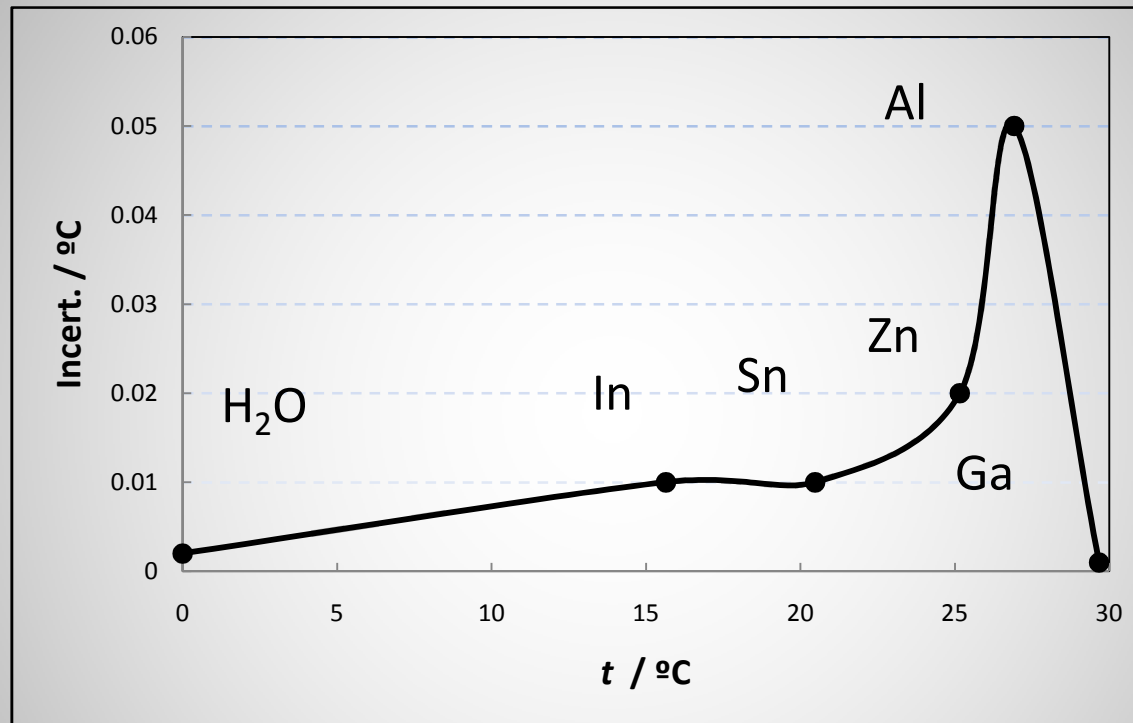
## Punto eutéctico Ga-In



# Puntos eutécticos Ga-Xx

Punto	T / °C	Incertidumbre / °C
H <sub>2</sub> O (hielo)	0,000	0,002
Ga-In	15,65	0,01
Ga-Sn	20,48	0,01
Ga-Zn	25,17	0,02
Ga-Al	26,93	0,05
Ga	29,675	0,001

# Incertidumbre





**Gracias**

Edgar Méndez-Lango  
División Termometría, CENAM  
[emendez@cenam.mx](mailto:emendez@cenam.mx)