

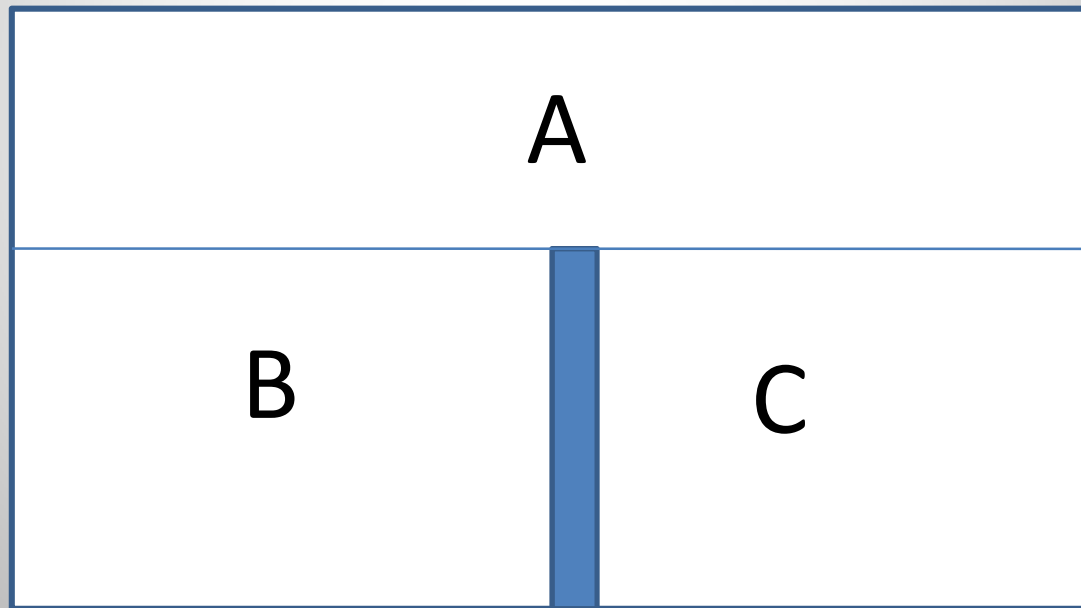


USO DE PUNTOS EUTÉCTICOS DE Ga-Xx PARA CALIBRACIÓN Y CONTROL METROLÓGICO DE TERMÓMETROS DE RESISTENCIA DE PLATINO EN EL INTERVALO DE 16°C A 27 °C

Edgar Méndez-Lango
División Termometría, CENAM
emendez@cenam.mx

Temperatura – equilibrio térmico

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



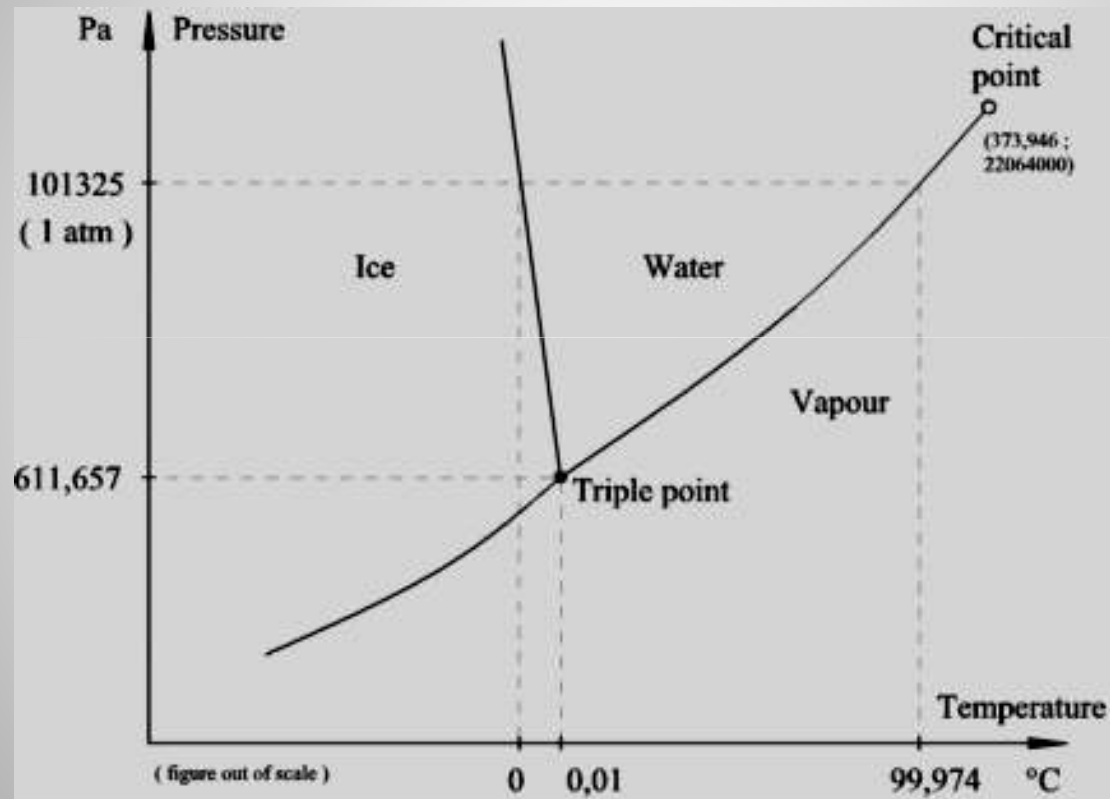
Ley cero - trazabilidad

- 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

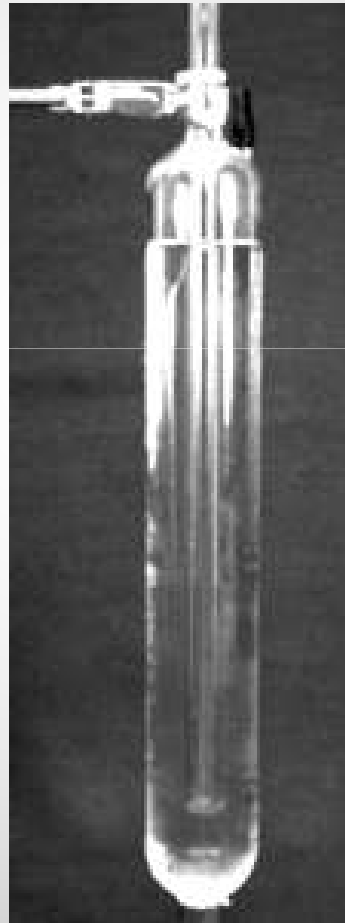
Escala de temperatura

- 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



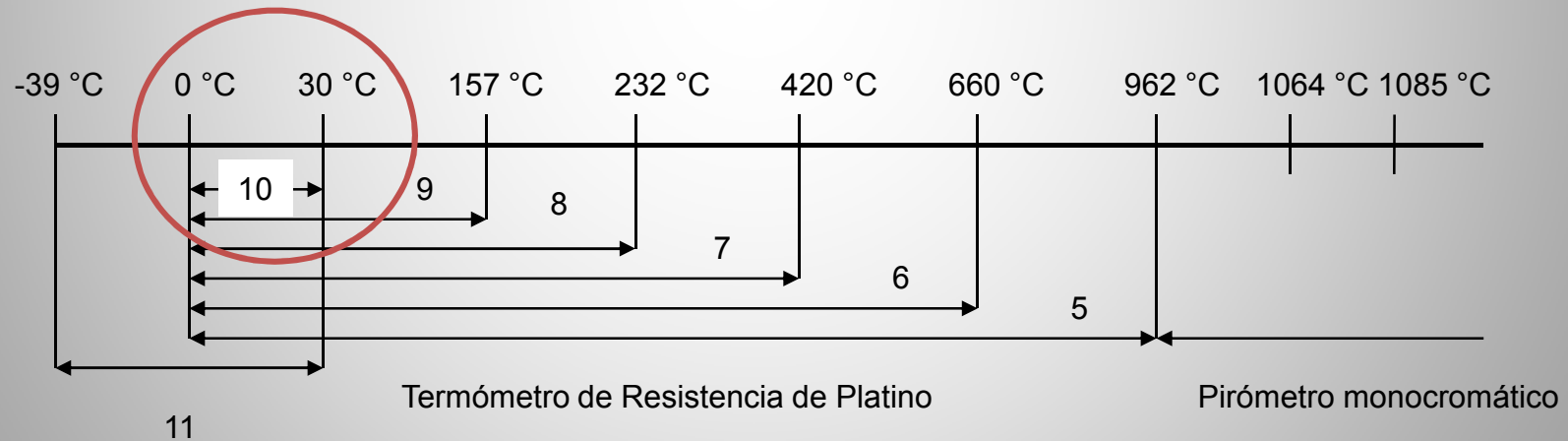
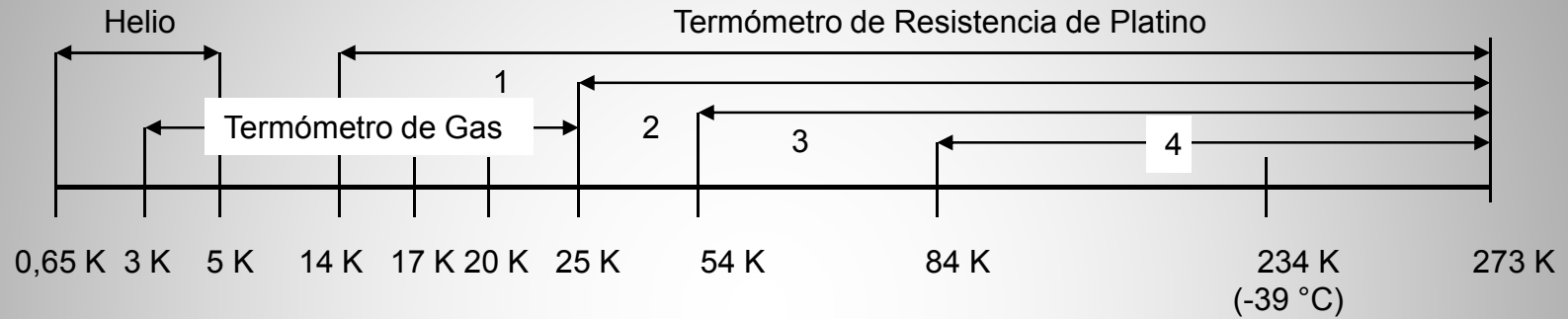
Punto triple de agua



Los puntos fijos de la Escala

Punto Fijo	T_{90}/K	$t_{90}/\text{°C}$
PT Ar	83,8058	-189,3442
PT Hg	234,3156	-38,8344
PT H ₂ 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



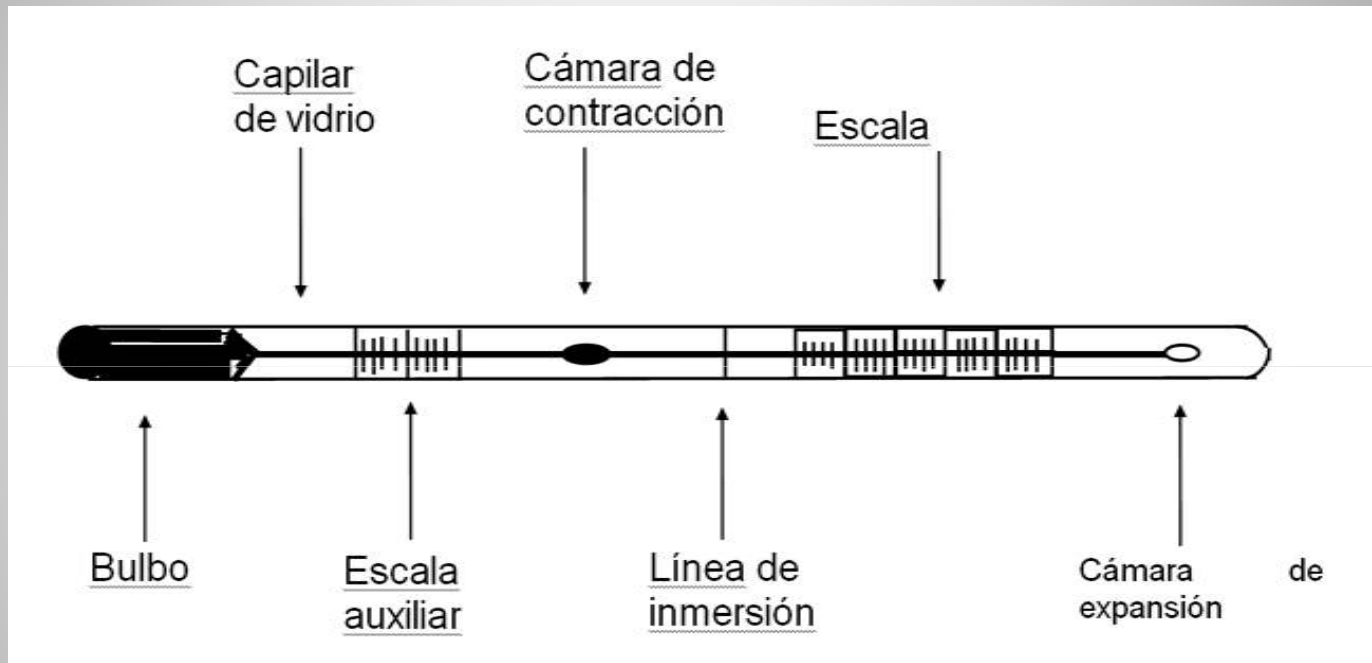
Escala de temperatura

- 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.

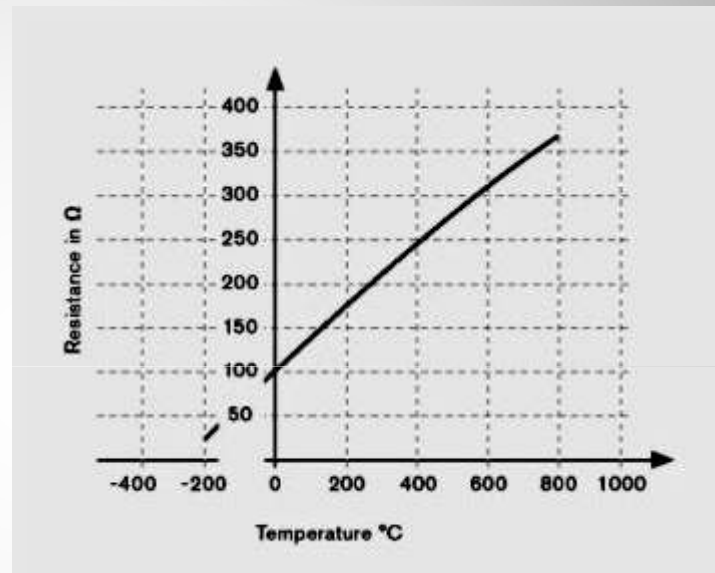
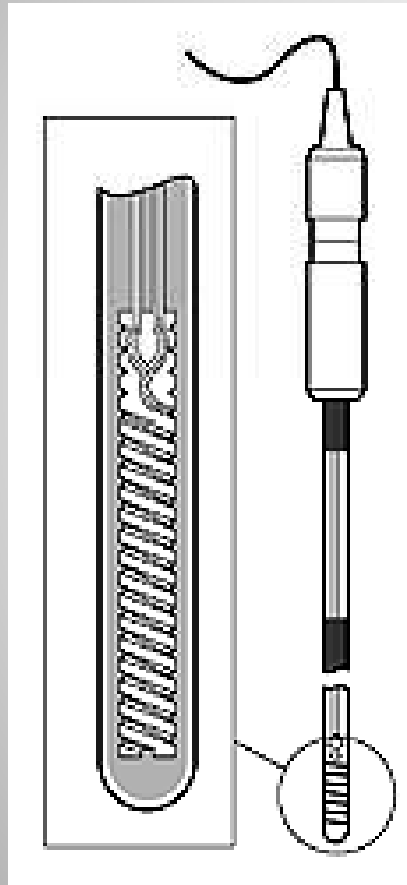
Termómetro de líquido en vidrio



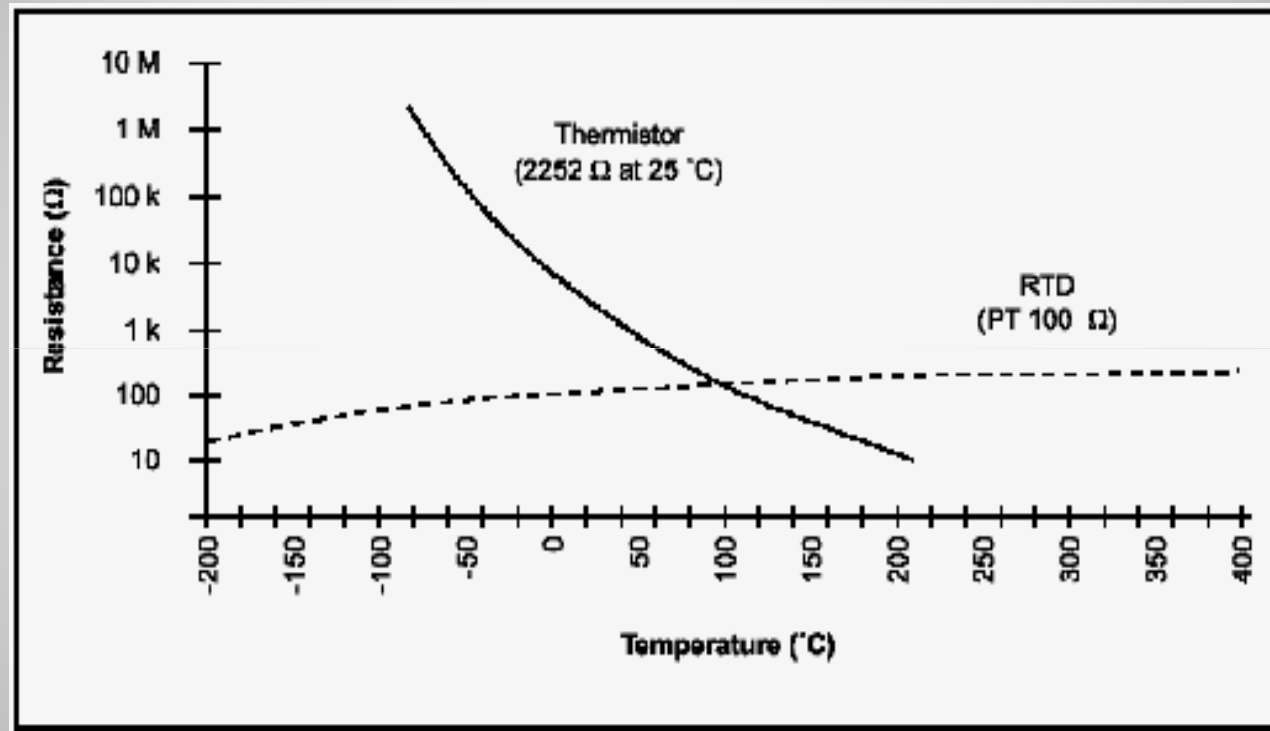
Tipos de TLV (ASTM)

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

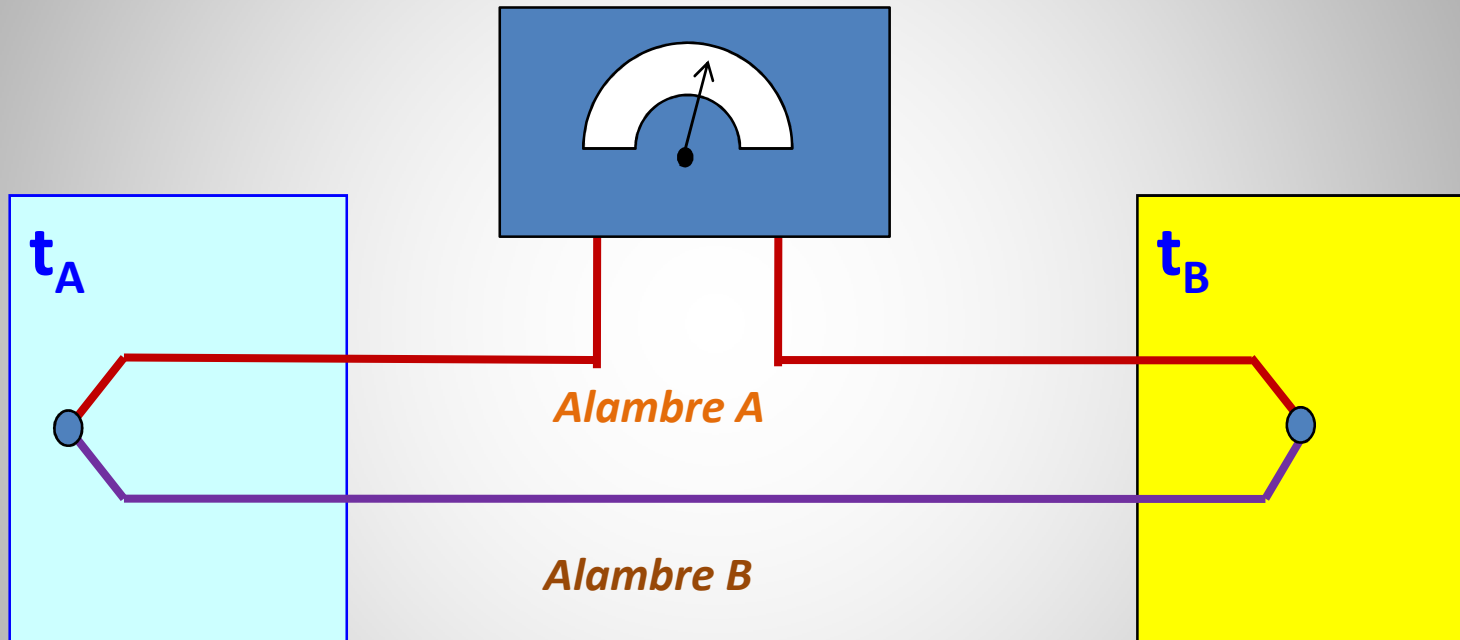
T. de resistencia eléctrica



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 ⁻¹	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

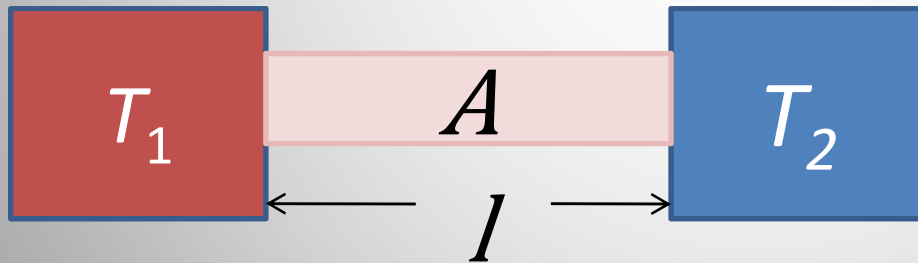
Intervalo 0 °C a 30 °C

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

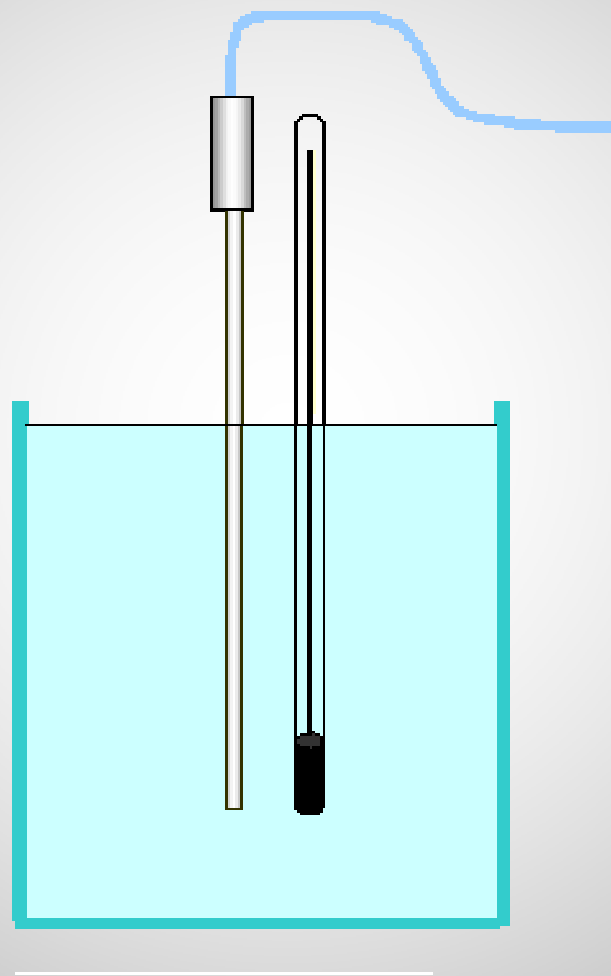
“Un termómetro mide su propia temperatura”

Conducción de calor (Fourier)



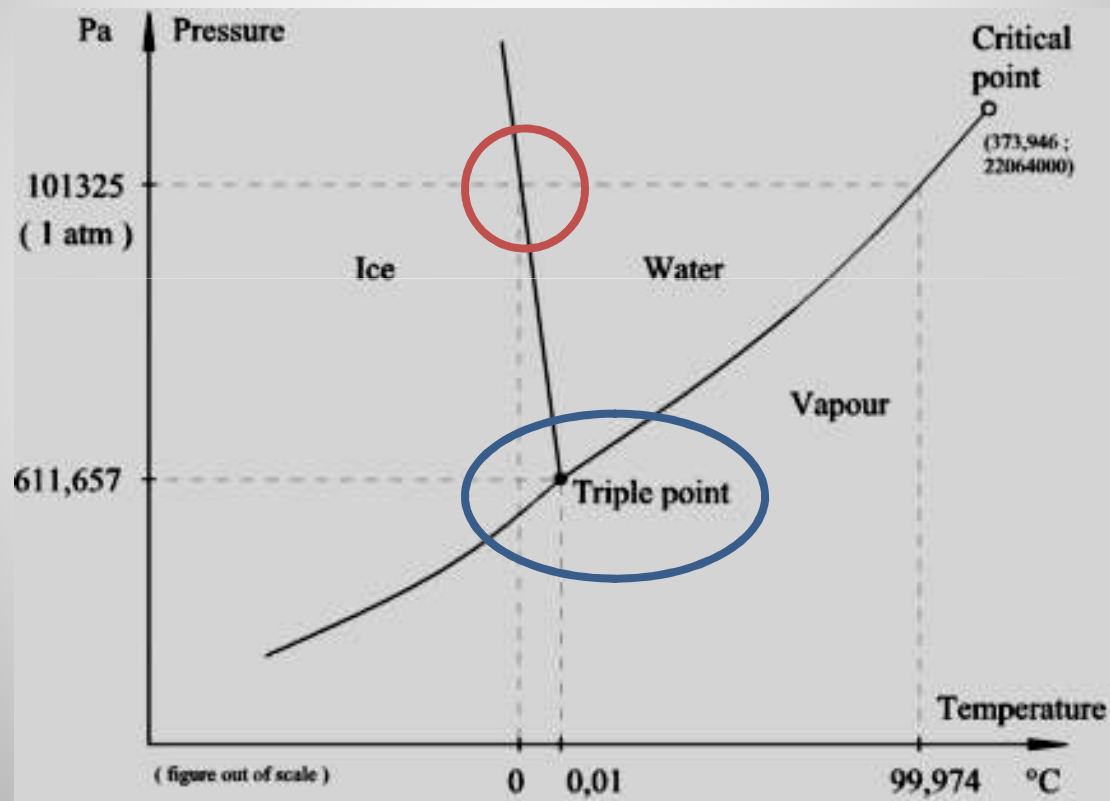
$$\dot{q} \propto \frac{\Delta T \cdot A}{l}$$

Aplicación

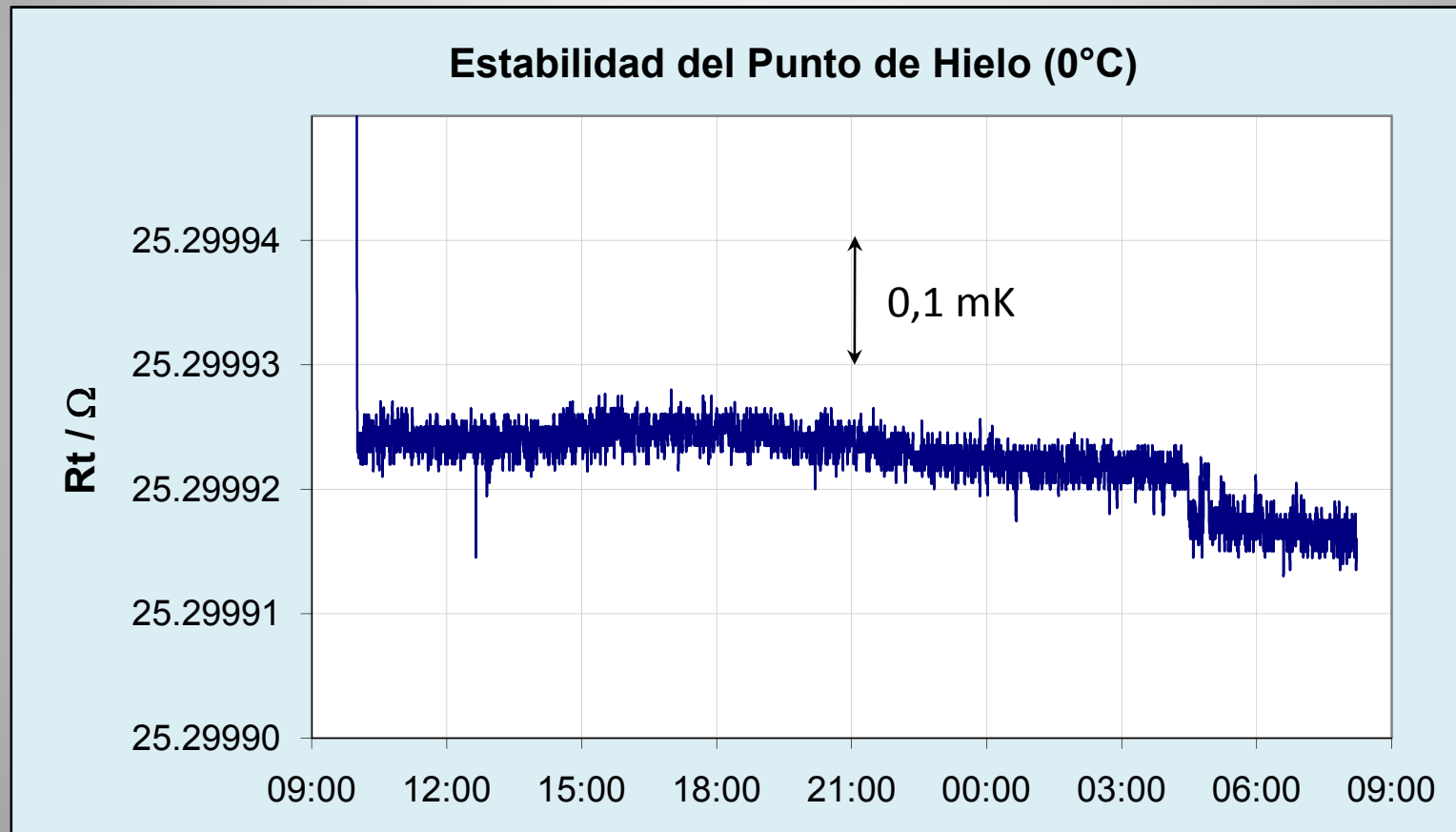


Puntos fijos secundarios

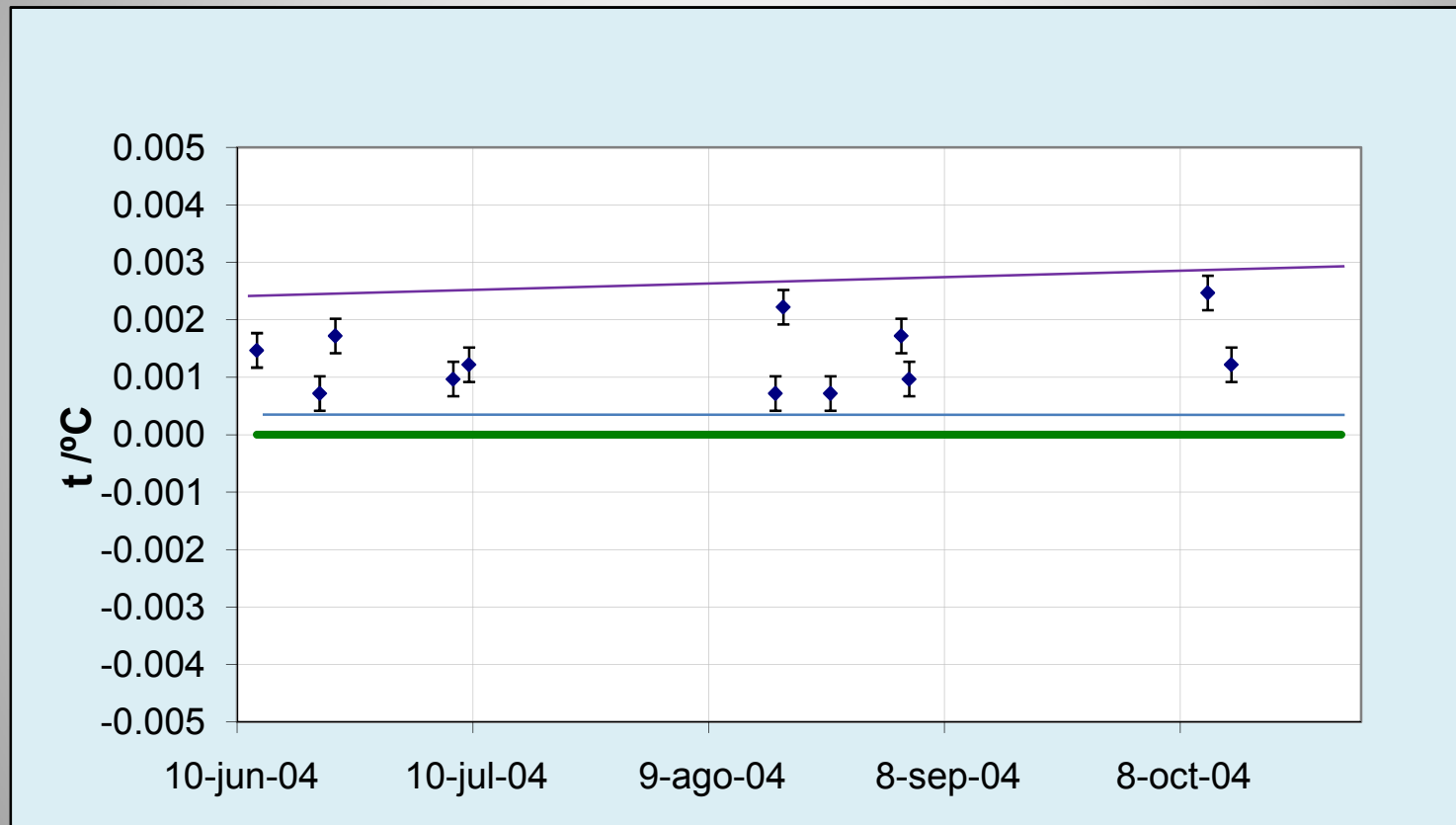
Punto de fusión de hielo



Estabilidad de punto de hielo

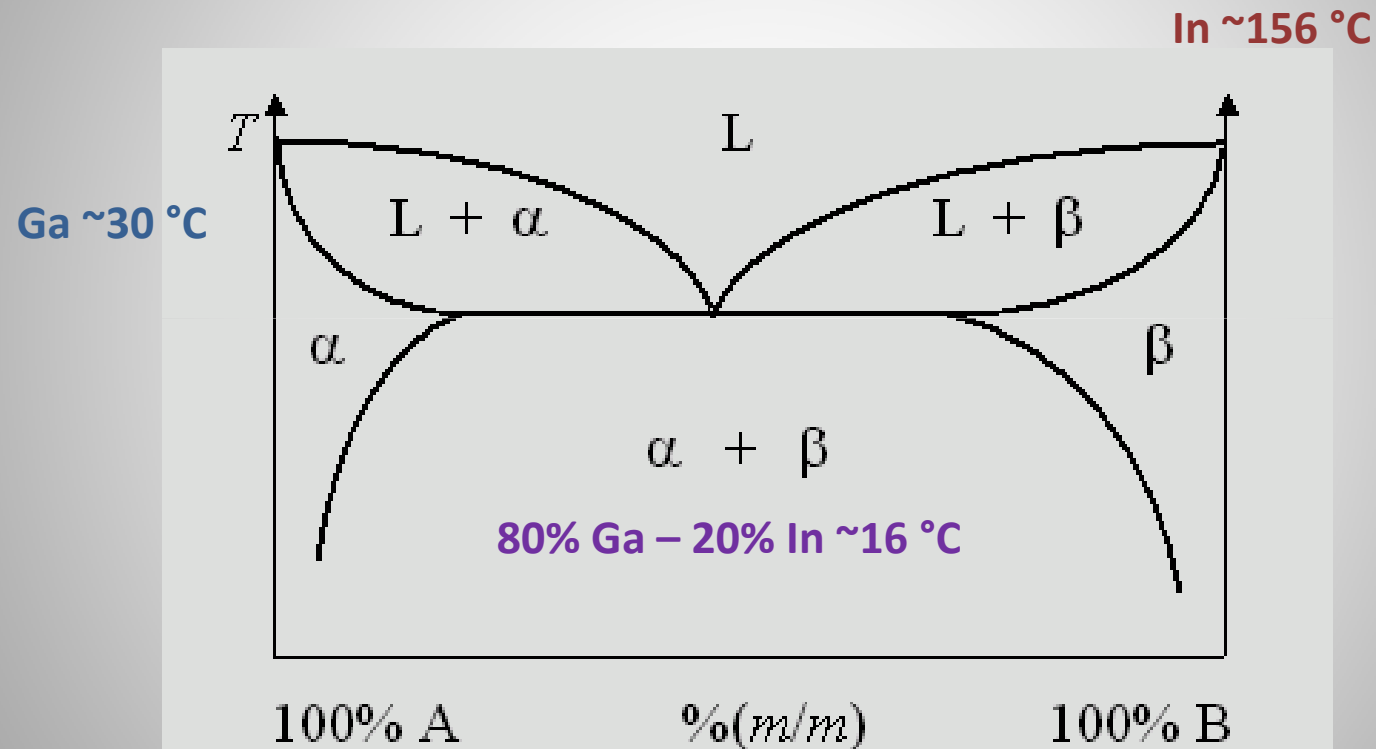


Reproducibilidad del punto de hielo



Puntos fijos secundarios

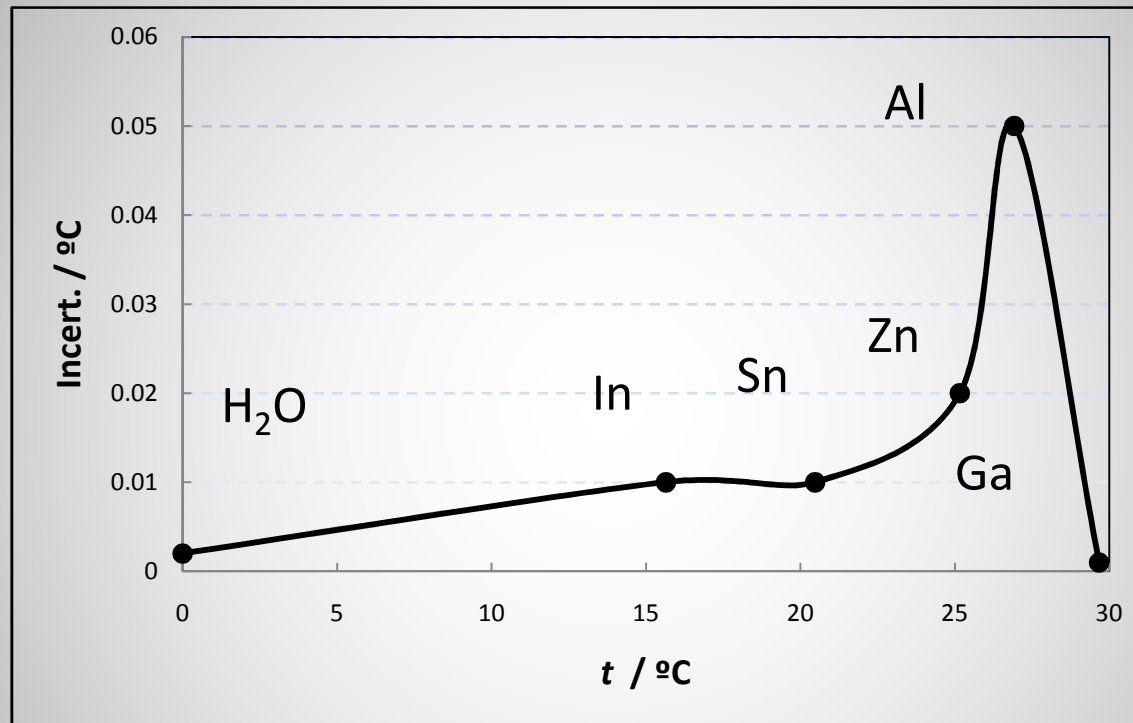
Punto eutéctico Ga-In



Puntos eutécticos Ga-Xx

Punto	T / °C	Incertidumbre / °C
H ₂ 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