

Mediciones de Temperatura, Termómetros e Introducción

[Síntesis Prof. Ing. Eduardo Néstor Alvarez](http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/SITIOCON.htm) <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/SITIOCON.htm>

Principios Físicos en los que se basan los instrumentos de medición de temperatura

Métodos Mecánicos

- Variación de Volumen (Líquidos , Gases , Sólidos)
- Variaciones de Presión a Volumen Constantes

Métodos Eléctricos

- Variaciones de Resistencia de un Conductor (Sondajes de Resistencia)
- Variación de Resistencia de un Semiconductor (Termistores).
- Diferencia de Potencial creada a partir de la unión de dos Metales. (Termopares).

Métodos Basados en Radiación:

- Intensidad de Radiación emitida (Pirómetros de Radiación)

Otras mediciones especiales (algunas no aplicables en la industria).

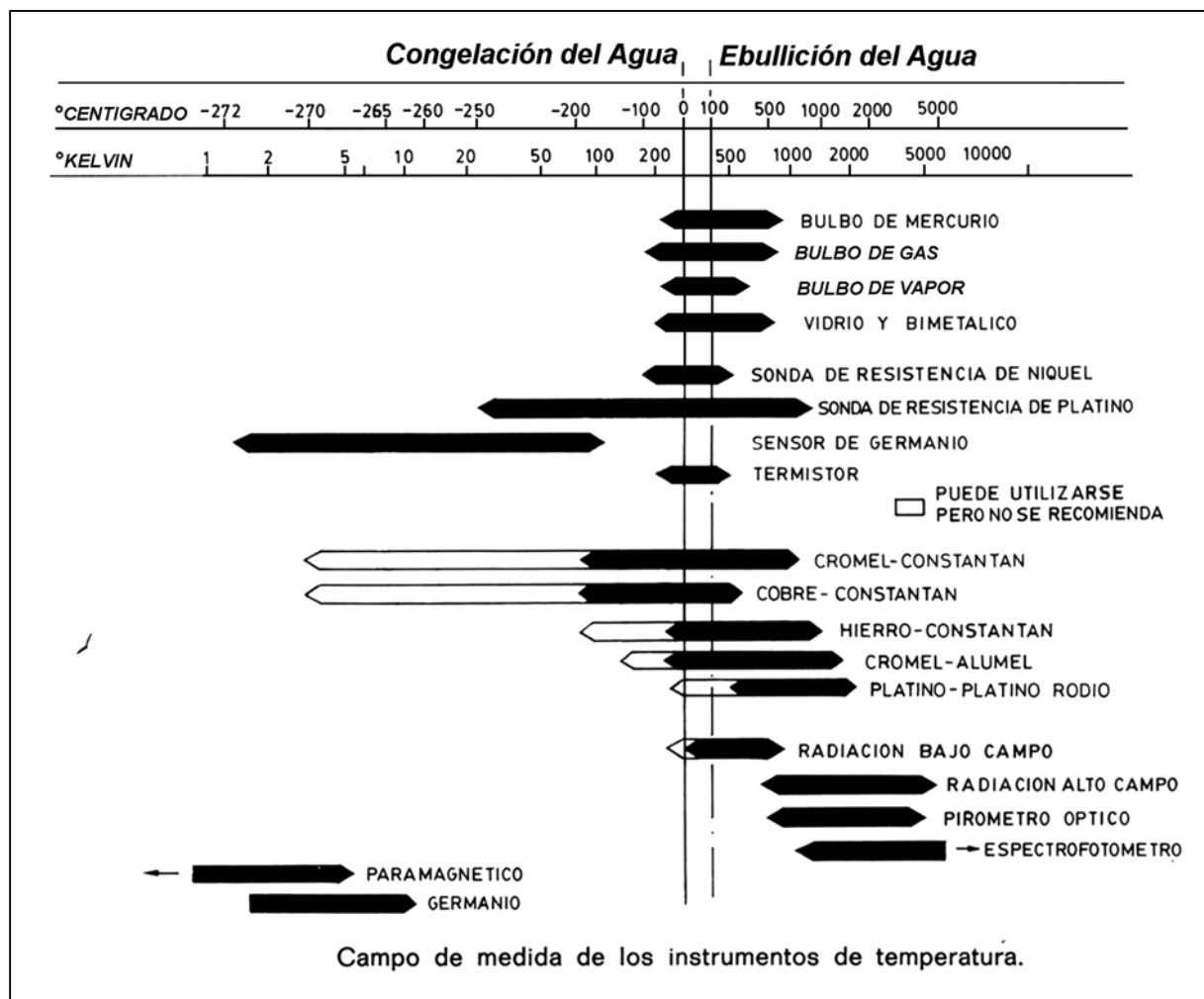
Indicadores de Color , Lápices , Pinturas

Sensores Fluídicos . Sondajes Neumáticas

Sensores Ultrasónicos . Velocidad del Sonido en un Gas

Termómetros Acústicos . Frecuencia de Resonancia de un Cristal.

Indicadores de Luminiscencia. Termografía



Sinteticemos algo sobre campos de aplicación usuales en el medio nacional:

Sistema	Rango en °C
Termocuplas	-200 .. 2800
Sistemas de Dilatación	-195 .. 760
Termorresistencias	-250 .. 850
Termistores	-195 .. 450
Pirómetros de Radiación	-40 .. 4000

TERMÓMETROS

TERMÓMETRO DE VIDRIO

Funciona por la dilatación de un líquido alojado en un bulbo , que se visualiza en un capilar cuyo pequeño diámetro permite apreciar grandes variaciones de la longitud del fluido dilatado para un determinado volumen.

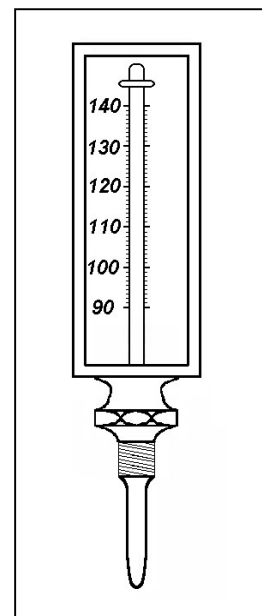
La expresión del volumen total del fluido encerrado es:

$$V = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

LÍQUIDO	DESDE	HASTA
Mercurio	-35 °C	+280 °C
Amalgama de Mercurio -Talio	-55 °C	+ND °C
Mercurio y capilar lleno de Gas	-35 °C	+450 °C
Pentano	-200 °C	+20 °C
Alcohol	-110 °C	+50 °C
Tolueno	-70 °C	+100 °C

Errores:

1. Los que se generan por la dilatación del tubo de vidrio.
2. Los que se deben al tiempo de inmersión del bulbo.
3. Los que se deben a la falta de uniformidad de la superficie transversal del capilar.
4. Los que se deben a la profundidad de inmersión , etc.



En aplicaciones industriales se protege los termómetros con una vaina o cubierta de metal , que puede ser acero (generalmente inoxidable) o bronce , latón , aluminio , níquel.

El vidrio tiene una forma convexa que permite ampliar mediante efecto óptico el ancho del capilar lleno de fluido al efecto de visualizar mas fácilmente la temperatura.

El espacio entre el bulbo y la vaina se rellena de algún material altamente conductor térmico como un aceite de silicona , o fino polvo de cobre o bronce para obtener constantes de tiempo lo mas pequeñas posibles , por ejemplo del orden del medio segundo. En los últimos años se han desarrollado encapsulados transparentes de teflón a fin de evitar contaminaciones en caso de rotura.

Los termómetros se calibran para ser usados de diversos modos por ejemplo:

Inmersión Parcial , se sumerge el bulbo en el fluido cuya temperatura se quiere medir.

Inmersión Total , se sumerge toda la columna de líquido de medición .

Inmersión completa, se sumerge todo el termómetro .

Los termómetros de mercurio pueden tener electrodos que le permitan una o mas salidas eléctricas puntuales, uno de los electrodos va en el bulbo y los otros a distintas temperaturas fijas.

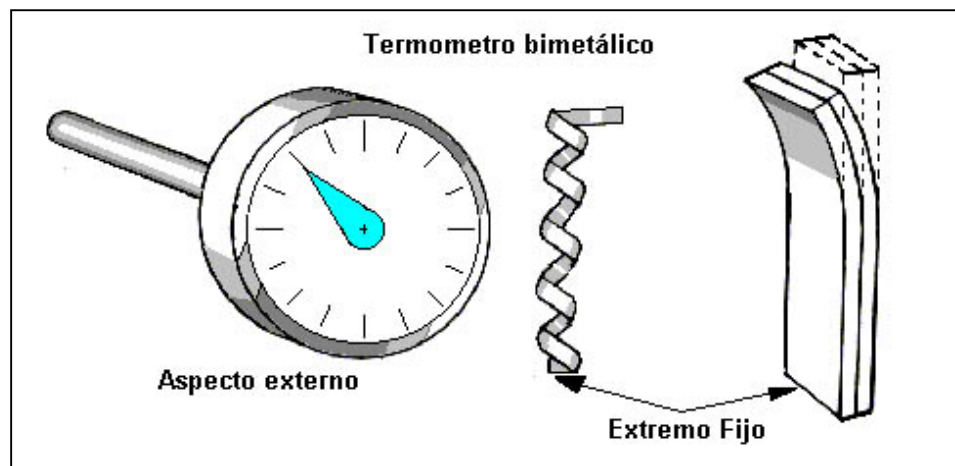
Los termómetros de máxima tienen una restricción a la salida del bulbo que impide el fácil retorno del mercurio a l mismo. Se debe agitar en forma violenta el termómetro para lograr este retorno.

Aplicación clásica de lo antedicho es el termómetro clínico.

TERMÓMETRO BIMETÁLICOS

Se basa en la diferencia de dilatación de los metales tales como: AluminioBronce, Cobre , Laton , Níquel , Níquel Cromo , Monel , Acero , Aleación Hierro – Níquel(36%) llamada Invar , Porcelana , Cuarzo. El aluminio tiene el mayor coeficiente de dilatación de los mencionados.

Se obtienen exactitudes del orden del 1% de la medición.



Las combinaciones mas usuales son

Par Bimetalico	Temperatura máxima de utilización
Aluminio - Invar	250°C
Níquel - Cuarzo	600°C
Bronce - Invar	600°C
Níquel Cromo - Porcelana	1000°C

en general se colocan dentro del tubo dos espirales concéntricas de sentidos contrarios para eliminar efectos no deseados , y tener longitudes grandes para obtener elevadas sensibilidades.

**TERMÓMETROS DE BULBO METÁLICO Y CAPILAR
CON DEFORMACIÓN DE UN TUBO EN ESPIRAL (Tipo Bourdón).**

CLASE	CAMPO °C	ESCALA	FLUIDO
I	150 500	LINEAL	Líquido
II		CRECIENTES	Vapor.
III			Gas
IV			Mercurio

Se transforma la medición de temperatura en una medición de presión que resulta en relación directa con la misma, en base a distintos principios por lo que se los clasifica en clases I,II,III y IV.

Clase I (Lleno de Líquido no metálico) .

Clase IV son similares a los anteriores respecto de las compensaciones, pero están llenos de Mercurio Hg.

La temperatura ambiente actúa sobre el capilar y el espiral por lo que hay que efectuar una compensación de las variaciones de la temperatura ambiente que actúan sobre esos tramos que no son el bulbo.

Los termómetros que compensan la influencia del espiral (en general con un Bimetal) son **Clase IB** Esta se denomina compensación en caja.

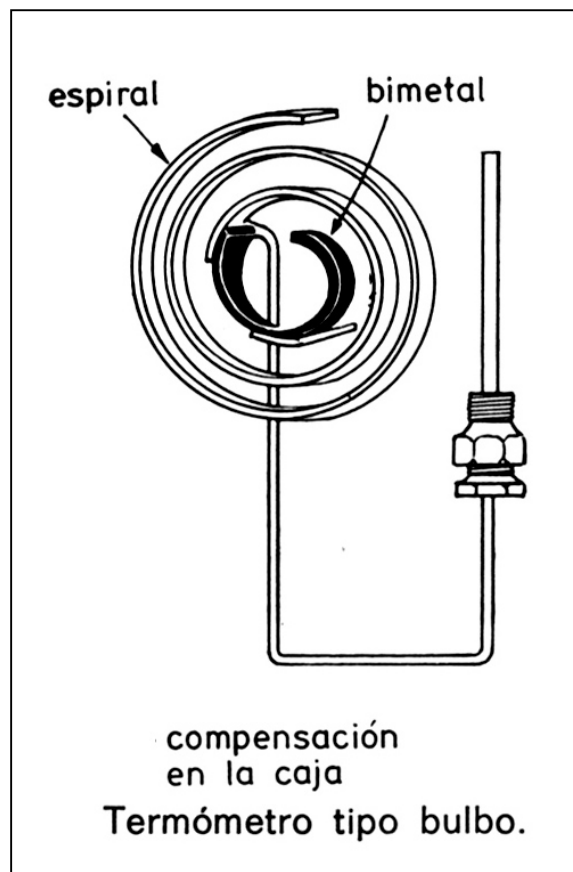
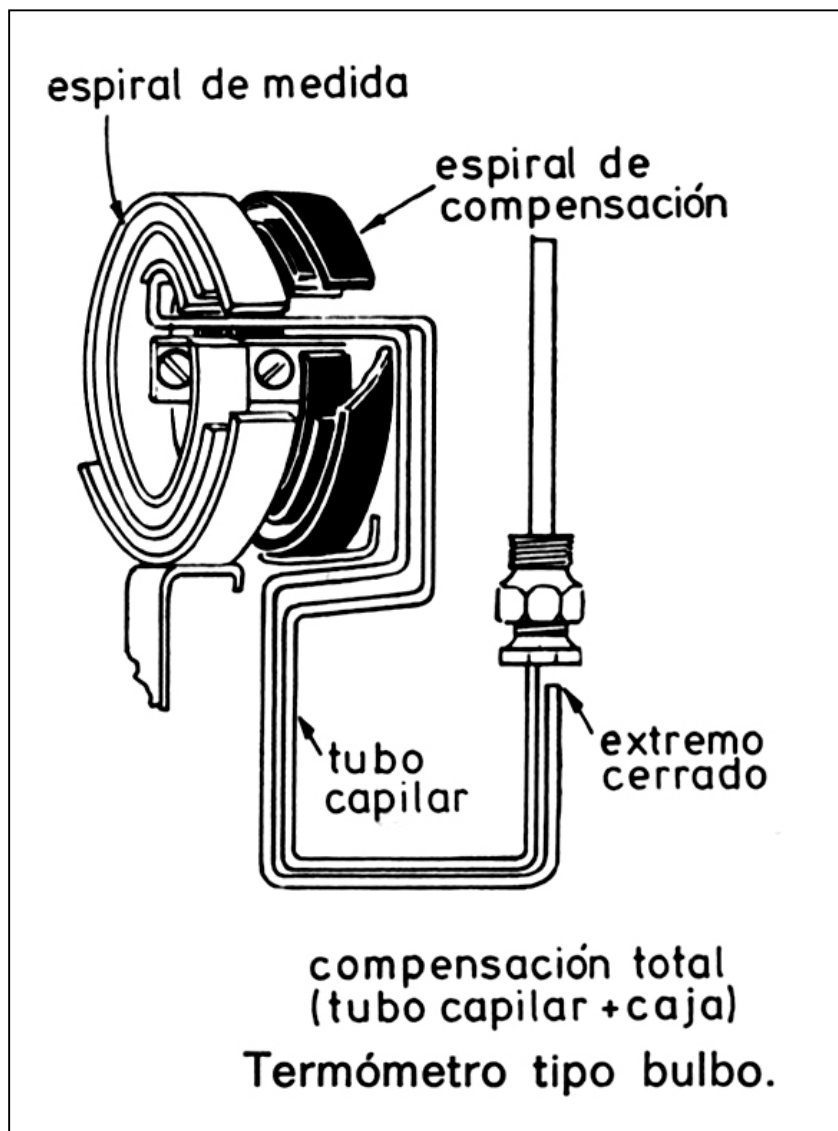


Figura original Ref. Bibliografica 5

La acción del bi - metálico se contrapone a la que produce la temperatura ambiente sobre el capilar y el bourdón de manera que efectúa una compensación.

Clase IA

Los termómetros de bulbo y bourdón clase I A compensan la influencia de la temperatura ambiente sobre el volumen del líquido en el bourdón (espiral) mediante un segundo espiral de acción inversa de manera que ambas se compensan. El capilar debe ser compensado en el caso de capilares largos (mas de 5 metros como referencia).



. Figura original Ref. Bibliografica 5

Los líquidos usados en los Clase I son normalmente Alcohol y Eter

Hay un tercer método de compensación que consiste en agregar un alambre de invar dentro del capilar de manera que el volumen de líquido en el es muy pequeño de donde las variaciones del volumen del capilar son de segundo orden y prácticamente no influyen en la medición.

Estos termómetros tienen en general respuesta lineal, bulbos chicos lo que implica respuesta rápida, y son insensibles a las variaciones de presión ambiente y al error de elevación.

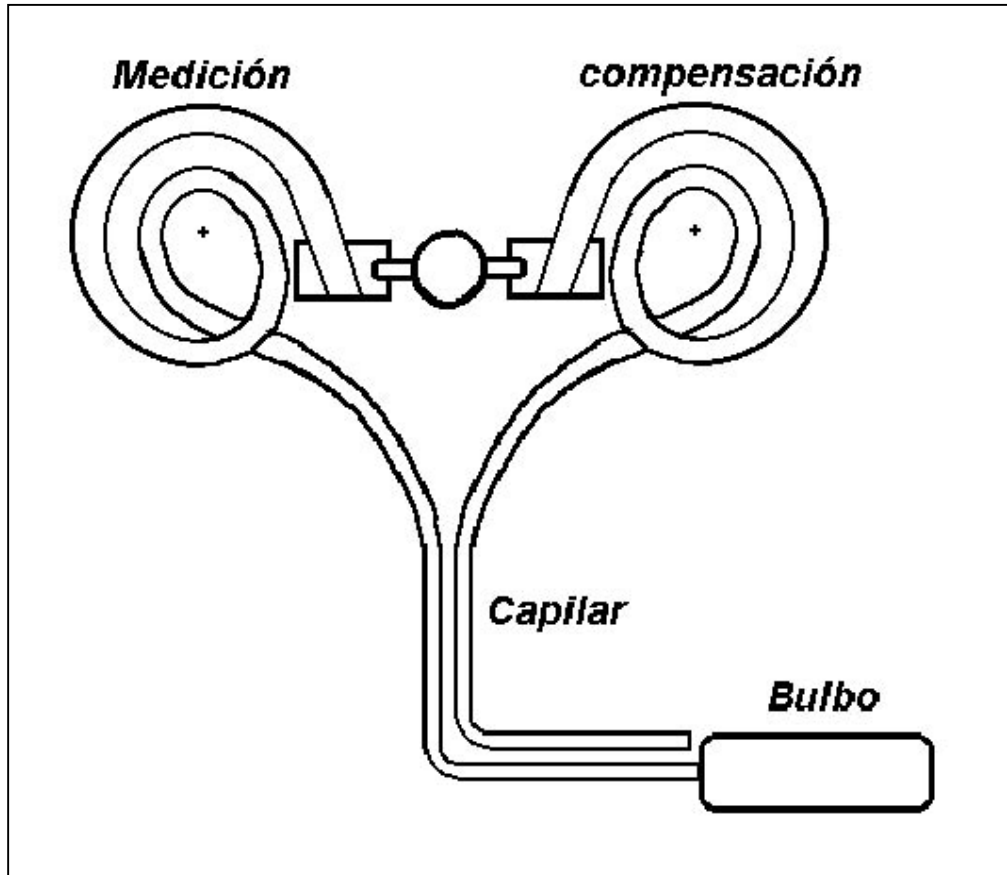
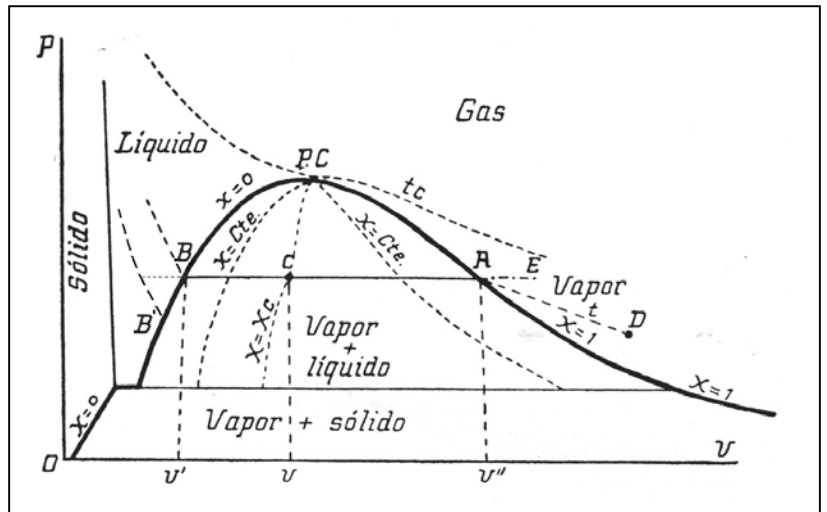


Figura original Ref. Bibliografica 4

Los sistemas que tienen líquidos que pueden contaminar se deben excluir si los productos son alimenticios, farmacéuticos etc

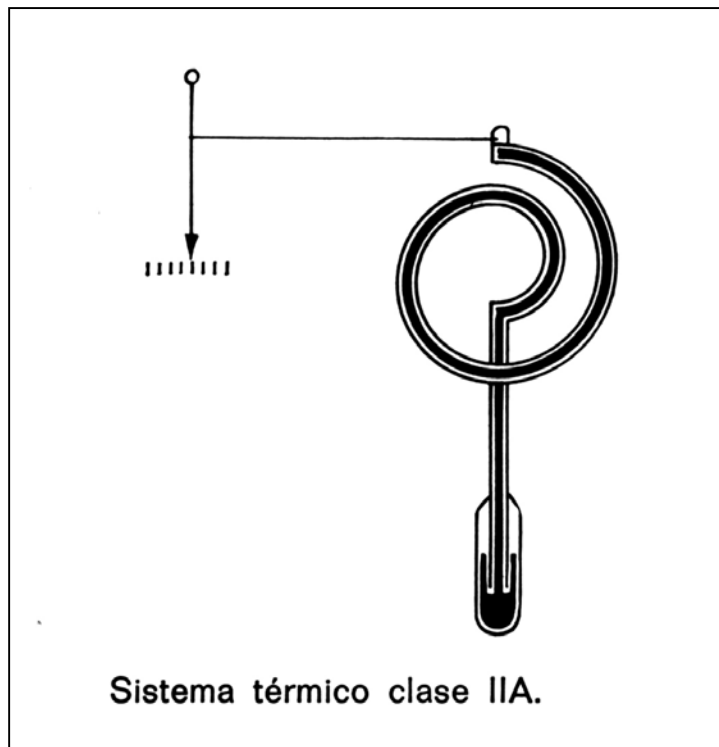
CLASE II (Actuados por Vapor)
 Se basa en que la presión de un líquido en equilibrio con su vapor depende de la temperatura, como esa presión no depende de la temperatura que hay en el capilar y en el bourdón de medición, no es necesario realizar las compensaciones.

Cuando la Temperatura del Bulbo superior a la ambiente y el fluido en el capilar y en el borudón no se vaporiza, y están llenos de líquido, se dice que es un termómetro **CLASE II A**.



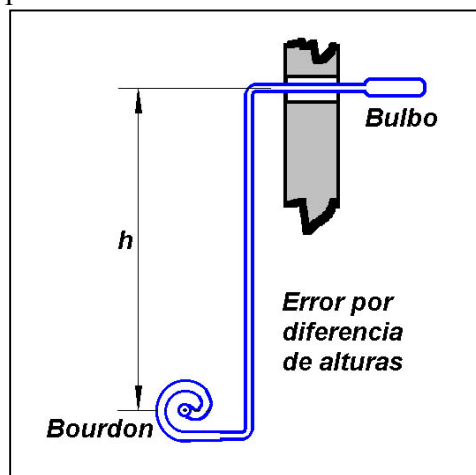
A la temperatura B' el fluido en el capilar es líquido

CLASE IIA .



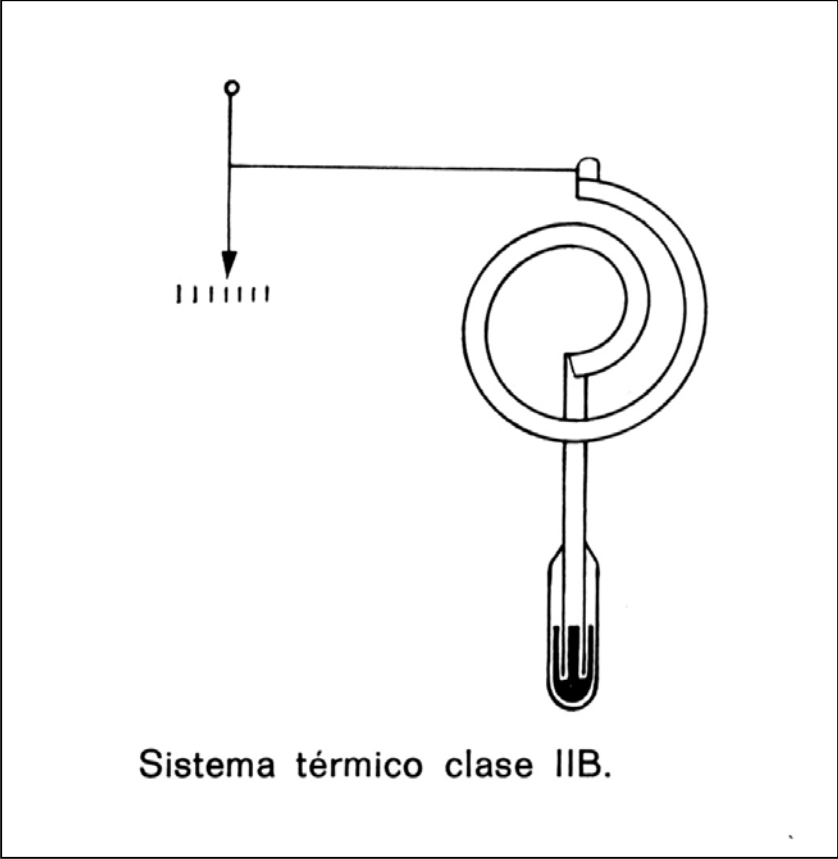
. Figura original Ref. Bibliografica 5

En este caso si hay diferencia de alturas entre el bourdón y el bulbo hay que corregir esa diferencia de presiones generada por dicha diferencia de alturas.

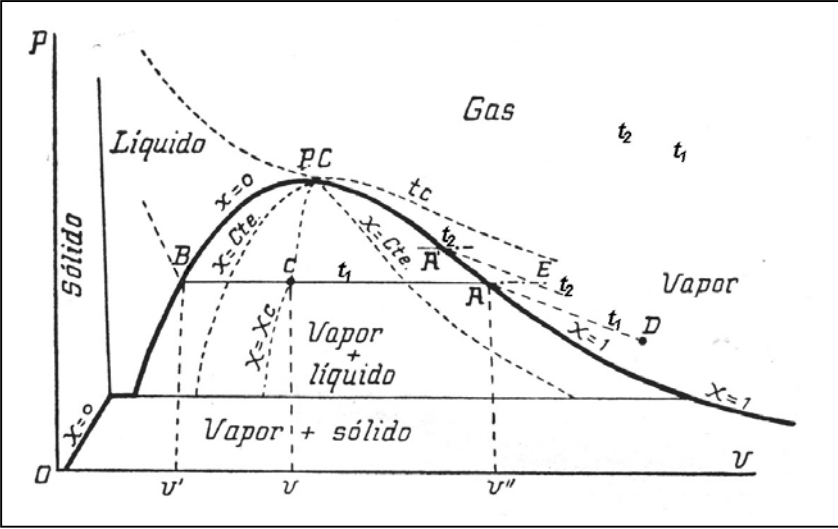


Una presión interna alta disminuye el error relativo generado por h .

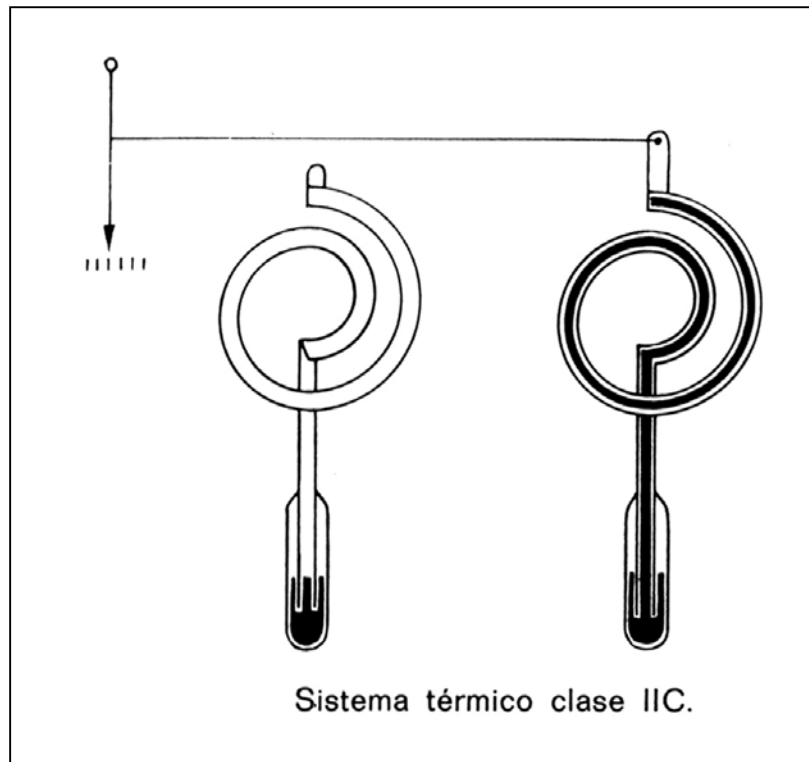
CLASE IIB : En éstos termómetros la temperatura del bulbo es inferior a la ambiente entonces el capilar y burdón se llenan de vapor.



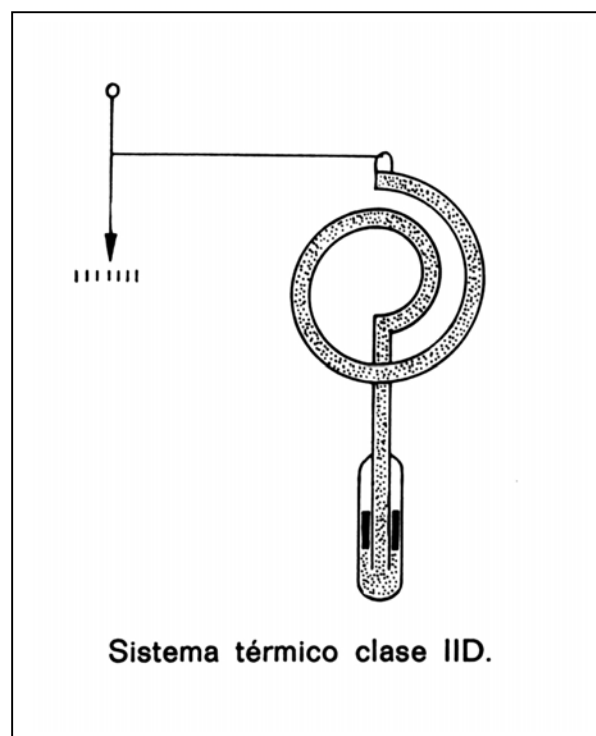
. Figura original Ref. Bibliografica 5



En el diagrama vemos que cuando la temperatura externa es t_2 , siendo la temperatura t_1 la del bulbo, el punto E indica el estado el fluido externo, vemos que está en la zona de vapor.



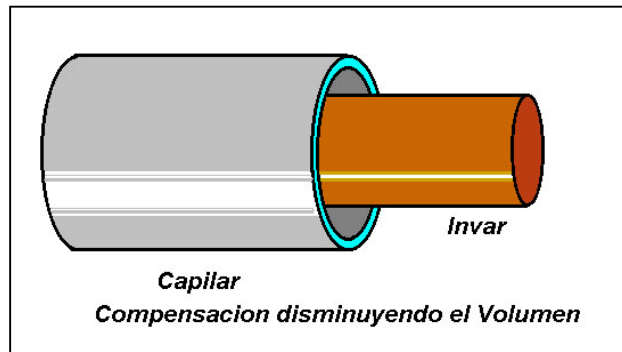
. Figura original Ref. Bibliografica 5
La clase IIC pueden trabajar como IIA y IIB .



. Figura original Ref. Bibliografica 5

La clase IID rellena el capilar y el bourdón de otro líquido no α volumen para transmitir la presión de vapor y puede funcionar temperaturas inferiores,

Una forma de α volumen α ión α de los sistemas llenos de líquido es disminuir la cantidad de líquido lo que se puede obtener colocando un alambre de Invar dentro del capilar con lo que esta α volumen α ión de α volumen es importante.



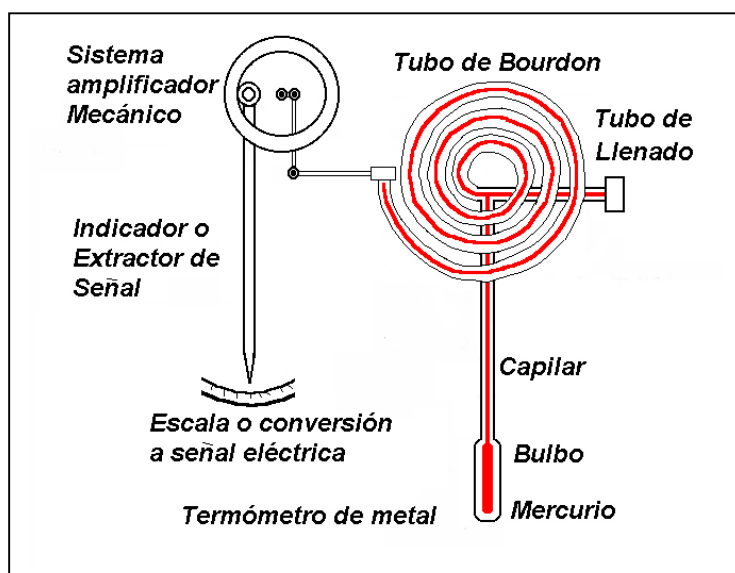
Los bulbos de los termómetros deben tener un tamaño inversamente proporcional al rango de temperaturas a medir , a mayor rango mas chico el bulbo.

$$V = V_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

$$(V - V_0) / V_0 = \alpha (T - T_0)$$

(V-V₀) es proporcional a la diferencia de presiones y Si el bourdon fuese el mismo el $\Delta p_{\text{máx}}$ es cte., entonces

$$\Delta T * V_0 = \Delta P / \alpha = \text{cte}$$



CLASE III:

Estos sistemas son semejantes a los anteriores , operan a gas a volumen prácticamente constante el bourdón se deforma gracias al aumento de presión del gas.

Basándonos e la Ecuación de Estado para los gases ideales vemos que si esta se cumple tendremos una relación lineal entre la presión en el sistema y la temperatura , siendo la posible fuente de error la falta de constancia de V y la suposición de Gas Ideal.

$$P \bullet V = n \bullet R \bullet T$$

El volumen necesario para el Bulbo se puede despejar según el rango de temperaturas que se quiere medir

$$V = n \bullet R \bullet \frac{T_1}{P_1} = n \bullet R \bullet \frac{T_2}{P_2} = n \bullet R \bullet \frac{(T_2 - T_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Tabla Comparativa de Algunas Características

Característica	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
Fluido	Líquidos	Líquido/Vapor	Gas	Mercurio
Tipo de salida	Lineal	No lineal	Lineal	Lineal
Sensibilidad	Muy Buena	Buena	Buena	Elevada
Bulbo	Pequeño	Mayor que Clase I y IV	Grande	Mayor que Clase I
Velocidad	Muy Buena	Menor que Clase I y IV	Baja	Mas lenta que Clase I
Corrección de Alt.	Si	NO	NO	Si
Límite Inf.	--	-50	-100	-36,8
Límite Sup.	--	350	500	500

El capilar en los termómetros de Gas debe mantenerse en longitudes menores a los 100 m.

El diámetro interior del capilar es del orden de 0.3 a 0.4 mm. El diámetro exterior es del orden de 1.5mm . En general se los protege mediante un blindaje de las acciones ambientales.