

# Termómetros de Líquido en Vidrio

## Historia

Los primeros registros de medición de temperatura datan del periodo Greco-Romano en la Antigüedad Clásica, los instrumentos eran básicos sin escala y abiertos a la atmósfera, por lo que eran influenciados por la presión atmosférica y la temperatura.

El desarrollo de los termómetros de líquido en vidrio junto con su escala, se inició durante el Renacimiento en la Era de los Descubrimientos con el auge por la investigación en las ciencias naturales. El antecesor del termómetro fue el termoscopio (1606) de Galileo Galilei (1564...1642), hasta que el también italiano Sanctorius (1561...1636) le incorporó una escala con graduación numérica. En la actualidad los termómetros de líquido en vidrio se fabrican para aplicaciones específicas de medición.

A pesar de la gran variedad de instrumentos para la medición de temperatura, prohibición del mercurio, los termómetros de líquido en vidrio son frecuentemente utilizados por su facilidad de uso, portabilidad, costo, estabilidad, amplio intervalo de trabajo y u o por recomendaciones en normas. Pero aun así existe confusión al momento de su elección, uso y calibración.



## Somos su Relevo a la Calidad

*La Guía MetAs*, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan: noticias de la metrología, artículos e información técnica; seleccionada por nuestros colaboradores, que deseamos compartir con Usted, colegas, usuarios, clientes, estudiantes, amigos y en fin, con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro  
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México  
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas  
E-mail: [laguiametas@metas.com.mx](mailto:laguiametas@metas.com.mx). Web: [www.metas.com.mx](http://www.metas.com.mx)

### Servicios Metrológicos:

#### Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

#### Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

#### Gestión Metrológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metrológica

#### Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE TERMÓMETROS DE LÍQUIDO EN VIDRIO

Su operación está basada en la expansión del líquido con el incremento de la temperatura; esto es, el líquido actúa como un transductor, convierte la energía térmica en una forma mecánica. Con el incremento de la temperatura, el líquido y el vidrio del termómetro se expanden con diferente coeficiente de expansión, causando que el líquido avance por el tubo capilar.

Las partes principales de un termómetro de líquido en vidrio típico se muestran en la figura 1.

TLV  
(LGT)

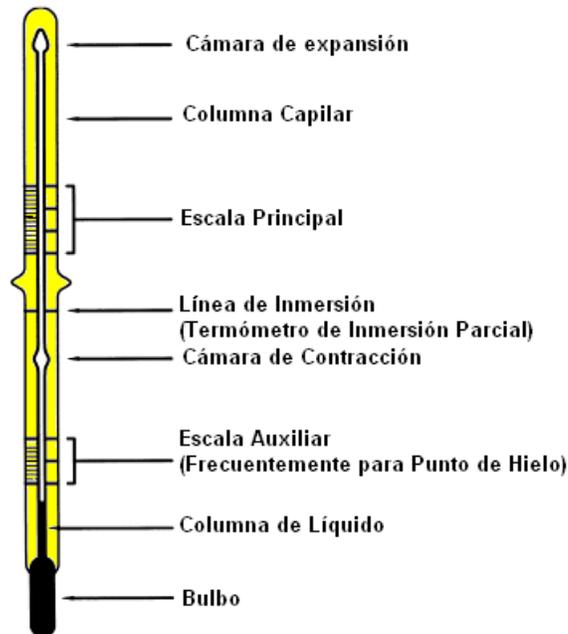
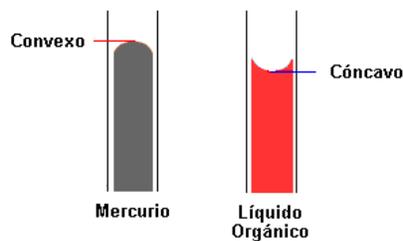


Figura 1. Termómetro de líquido en vidrio.

El menisco es usado como el indicador. La forma del menisco es: para el mercurio, la parte superior de la curva, para líquidos orgánicos, la parte inferior.



Cuando las fuerzas adhesivas son mayores que las fuerzas cohesivas, el menisco tiende a ser cóncavo como en el caso de vidrio y líquidos orgánicos. Por otra parte cuando las fuerzas cohesivas son superiores a las adhesivas, el menisco es convexo como en el caso de mercurio en vidrio.

Figura 2. Forma de meniscos.

## CONSTRUCCIÓN

Materiales que forman al termómetro: Vidrio, líquido termométrico y gas.

Existe una gran variedad de tipos de vidrios, pero no todos son apropiados para el trabajo termométrico. En la actualidad se han desarrollado vidrios termométricos especiales, con buena estabilidad y resistentes a las temperaturas.

El líquido termométrico ideal, debería tener las siguientes propiedades físicas y químicas:

- Ser líquido en el intervalo nominal del termómetro,
- Tener un coeficiente de expansión lineal,
- Ser opaco o con color, para su fácil lectura,
- No "mojar" por fuerzas adhesivas la superficie del capilar,
- Ser químicamente inerte con respecto a otros materiales en el sistema,
- Ser químicamente estable,
- No ser dañino, para seguridad en manufactura y uso,
- Tener un menisco bien definido, para fácil lectura.

Coefficiente  
de  
Expansión  
Relativo  
 $k$

Líquido Termométrico	Intervalo Típico	Coefficiente de Expansión Típico Relativo en Vidrio
	°C	°C <sup>-1</sup>
Mercurio	-38...+600	0,000 16
Alcohol, etanol	-80...+60	0,001 04
Tolueno	-80...+100	0,001 03
Pentano	-200...+30	0,001 45

**Tabla 1. Coeficiente de expansión típico relativo.**

El gas, además de reducir la destilación, también reduce el índice de separación de la columna de mercurio dada la presión ejercida por el gas. Así, todos los termómetros para altas temperaturas deben ser llenados con un gas inerte seco tal como nitrógeno presurizado para prevenir separación del mercurio a cualquier temperatura indicada en la escala. Los termómetros de inmersión total graduados sobre los 150 °C deben ser llenados con gas para minimizar la destilación del mercurio de la parte superior de la columna. Para termómetros graduados debajo de los 150 °C el llenado con gas es opcional pero altamente recomendado.

## PROFUNDIDAD DE INMERSIÓN

Los termómetros de líquido en vidrio son usualmente utilizados para la medición de la temperatura de fluidos. La elección del tipo de inmersión depende de la medición requerida, la profundidad del fluido y el tipo de montaje.

### Termómetro de inmersión parcial

Diseñado para indicar la temperatura correctamente cuando el bulbo y una porción específica de la columna están inmersos en el medio a la temperatura que va a ser medida.

### Termómetro de inmersión total

Está diseñado para indicar la temperatura correctamente cuando el bulbo y toda la columna del líquido (unos cuantos milímetros por arriba del nivel del líquido) están inmersos en el medio a la temperatura que va a ser medida.

### Termómetro de inmersión completa

Está diseñado para indicar la temperatura correctamente cuando todo el termómetro, incluyendo la cámara de expansión están expuestos en el medio a la temperatura que va a ser medida.

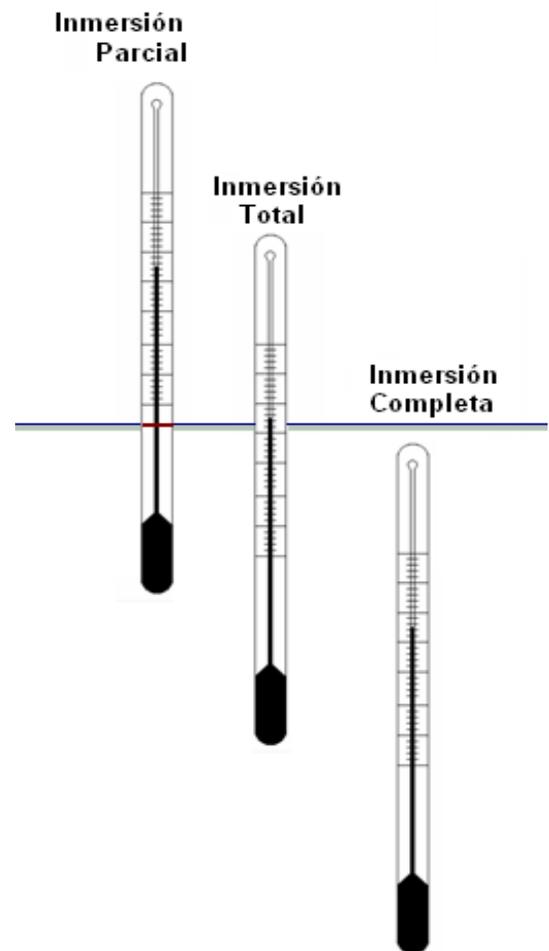


Figura 3. Tipos de inmersión.

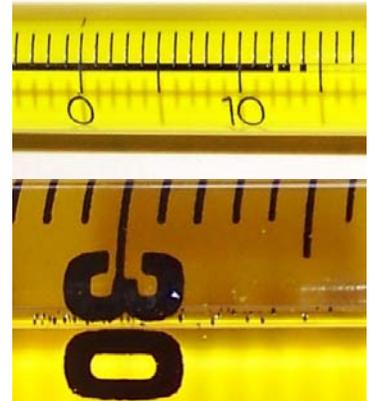
## CALIBRACIÓN

La calibración se realiza por el método de comparación contra un termómetro patrón calibrado, en sistemas termales recirculantes con líquido, sales o lecho fluidizado y la medición directa de los puntos fijos secundarios de fusión del hielo o ebullición del agua. Dependiendo de la exactitud que se desea obtener, se utiliza un termómetro de resistencia de platino u otros tipos de termómetros trazables y con baja incertidumbre de calibración.

**Inmersión:  
Parcial,  
Total,  
Completa**

## Examen visual

Una razón de la inspección visual es detectar columna de mercurio separada o pequeñas bolitas de mercurio a lo largo de la columna capilar, oxidación o fallas en el vidrio que puedan perjudicar las lecturas del termómetro o fisuras en el vidrio. La escala es también examinada, grosor de las líneas, desigualdad en las divisiones, graduaciones borrosas.



## Puntos de calibración

Un termómetro debe ser calibrado en todo su intervalo, incluyendo un punto de referencia (si lo incluye el termómetro). Usualmente son calibrados en puntos distribuidos uniformemente en el intervalo de indicación la escala principal.

El número de puntos depende del intervalo, división "mínima" de la escala y exactitud deseada. El intervalo entre los puntos de calibración no debe ser innecesariamente pequeño o demasiado largo que destruya la confiabilidad en correcciones interpoladas en valores de temperatura entre los puntos de calibración. Se recomienda sean distribuidos cada 40 a 100 divisiones, hasta 40 para patrones y hasta 100 para ordinarios.

## Defectos Típicos

## Termómetros ASTM

Estos termómetros están diseñados para ser usados con métodos de prueba específicos, y son identificados por tener el acrónimo ASTM y un número inscrito. La norma de especificaciones ASTM E-1 lista los puntos de calibración, temperaturas de la columna emergente para termómetros de inmersión parcial y un procedimiento especial que debe seguirse para su prueba y calibración.

Si las condiciones difieren, especialmente la temperatura de la columna emergente en termómetros de inmersión parcial, será necesario la corrección de columna emergente la cual debe calcularse como se muestra más adelante.

## Medición de columna emergente

En ocasiones se requiere de utilizar termómetros de inmersión total como inmersión parcial y la temperatura del ambiente sobre el baño, o equipo donde esté colocado el termómetro pueden diferir de la temperatura del bulbo del termómetro. Una corrección por la diferencia de temperatura entre el bulbo y la columna emergente debe hacerse. Lo mismo ocurre para los termómetros de inmersión parcial, las correcciones aplican solo para la profundidad de inmersión indicada y una sola temperatura de la columna emergente. Si el termómetro es utilizado en otras condiciones es necesario corregir la columna emergente.

La columna emergente puede ser medida utilizando un termómetro Faden o un número de termómetros de vástago corto. Con un termómetro Faden se obtienen mejores mediciones de la temperatura de la columna emergente. Estos termómetros tienen el bulbo largo entre 5 y 20 cm. Debe colocarse tan cerca como sea posible del termómetro.

Los termómetros de vástago corto tienen el bulbo pequeño, éstos pueden ser de aproximadamente 150 mm de longitud con una escala de 0...+100 °C, graduados con divisiones de 1 °C y con un bulbo convencional entre 10 y 15 mm de longitud. Un número de ellos son colocados a lo largo de la columna emergente. Cada termómetro indica la temperatura de la sección de la columna emergente adyacente a él. El número usado dependerá de la longitud de esta columna.

### Corrección por columna emergente

$$t_c = t_i + n \cdot k \cdot (t_s - t_o)$$

$t_c$  = temperatura corregida,

$t_i$  = temperatura indicada,

$n$  = longitud de la columna emergente expresada en grados, (temperatura indicada ( $t_i$ ) - *valor donde emerge el termómetro*),

La longitud no-graduada entre la marca de inmersión y la primera graduación de la escala deberá ser evaluada en términos de grados de la escala y ser incluida,

$t_s$  = Inmersión parcial: temperatura especificada en ASTM E1,

Inmersión total: temperatura del sistema termal  $t_{c-1}$  de la iteración *previa*,

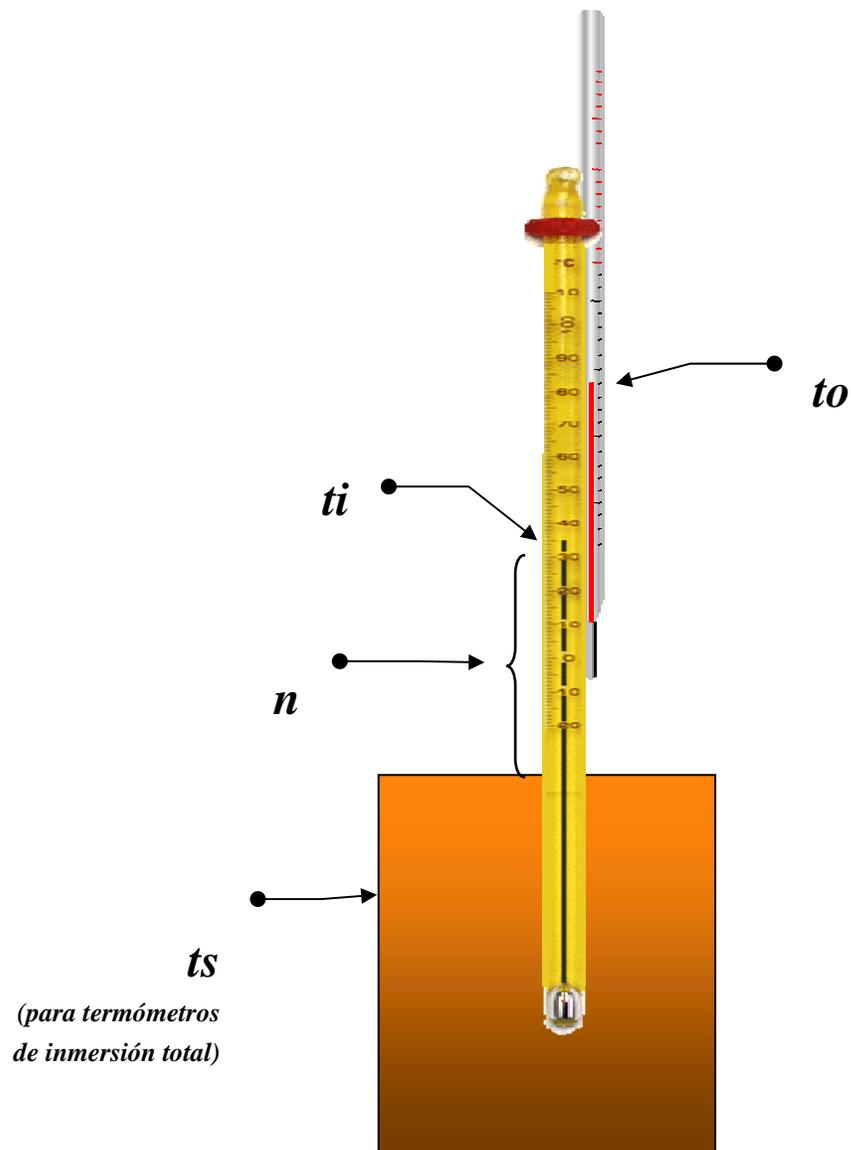
$t_o$  = temperatura promedio de la columna emergente, medida con un termómetro auxiliar,

$k$  = coeficiente de expansión relativa del líquido termométrico, en el vidrio del termómetro.

Columna  
Emergente

Termómetro  
Faden

¡Columna Separada!  
golpe,  
centrífuga,  
calor,  
frío.



## COLUMNA SEPARADA

Existen varios métodos para unir la columna del líquido.

### Golpe suave

Sujetando el termómetro en una mano, ligeramente por debajo de la mitad con el bulbo abajo. Golpeé la orilla contra la palma de la otra mano.

### Uso de fuerza centrífuga

Sujetando el termómetro en una mano, ligeramente sobre la mitad con el bulbo abajo. Con el brazo extendido en posición horizontal balanceé rápidamente hacia abajo, pare cuando el termómetro alcance la posición vertical, o utilice una centrifugadora con el bulbo orientado hacia afuera.

## Calentando

Calentar el bulbo del termómetro es frecuentemente el método más rápido para unir columna separada.

Para termómetros que no están graduados sobre los 250 °C la cámara de expansión puede ser un medio para unir la columna. El procedimiento se realiza de la siguiente manera: Sujetando el termómetro en posición vertical, caliente el termómetro lentamente hasta que el segmento de columna separada y una porción de la columna principal entre a la cámara, removerlo antes que el líquido termométrico suba demasiado a la cámara de expansión provocando el daño del termómetro debido a un exceso de presión. No utilice flama directa.

## Enfriando

El procedimiento se realiza de la siguiente manera: Sujetando el termómetro en posición vertical, enfriar el bulbo solamente a una temperatura suficiente para retraer todo el mercurio al bulbo, lento y cuidadosamente regrese a temperatura ambiente.

## Normas de Referencia

### REFERENCIAS

- ASTM E1. (2007). Standard Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers.
- ASTM E77. (2007). Standard Test Method for Inspection and Verification of Thermometers.
- ASTM E2251. (2007). Standard Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids.
- Bentley, R. (1998). Resistance and Liquid in Glass thermometry Vol. 2. Handbook of Temperature Measurements, chapter 5-6. Springer-Verlag, Singapore.
- ISO 386. (1977). Liquid-in-glass laboratory thermometers—Principles of design, construction and use.
- ISO 1770. (1981). Solid-stem general purpose thermometers.
- ISO 4795. (1996). Glass for thermometer bulbs.
- NBS Special Publication 250-23. (1988). NIST Measurement Services: Liquid-in-Glass Thermometers Calibration Service.
- NOM-011-SCFI. (2004). Instrumentos de medición termómetros de líquido en vidrio para uso general especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Economía.
- NT VVS 102. (1994). Thermometers, Liquid-in-glass: Calibration. Nordtest method.
- OIML R 133. (2002). Liquid-in-glass thermometers.
- Wikipedia. (2008) <http://es.wikipedia.org/wiki>.