

## Determinación de Temperatura en Tanques de Almacenamiento MPMS API Cap. 7

### Introducción

Los volúmenes a temperatura observada son convertidos en volúmenes a temperatura estándar (60°F o 15°C, según el sistema de unidades que se emplee), mediante el uso de factores de corrección de volumen. Para obtener un factor de corrección de volumen, es necesario conocer la temperatura observada y la Densidad o Gravedad API a la temperatura estándar o de referencia.

La medición exacta de la temperatura es tan importante para la correcta determinación de volúmenes como lo es la medición del nivel de líquido en un tanque, y es uno de los elementos críticos de cualquier transferencia de custodia. Debido a que los productos de petróleo son comercializados en base al volumen a temperatura estándar, un error en la medición de temperatura tendrá como resultado un error en el volumen.

Por ejemplo, un error de 5°F en la temperatura inicial o final de un tanque de 250.000 Bbls (40.000 m<sup>3</sup>) de un petróleo crudo de densidad promedio (35,0 °API), resultará en un error de 600 Bbls (95 m<sup>3</sup>), lo cual representa un valor aproximado de US\$ 18.000 a los precios actuales del crudo. En esta situación, incluso un error de 1°F podría significar un costo de US\$ 4.000.

### Tipos de Termómetros

Básicamente, son dos los tipos de termómetros que se emplean normalmente para determinar la temperatura de hidrocarburos líquidos contenidos en tanques de almacenamiento, ya sean tanques de tierra o de buques. Estos son:

- **Termómetro de Mercurio-en-Vidrio**
- **Termómetro Electrónico Portátil**

La Norma API que establece los requisitos y procedimientos de uso de estos termómetros es el **Capítulo 7 del Manual of Petroleum Measurement Standards (MPMS API)**, cuya primera edición se publicó en Junio de 2011 y fue ratificada en Febrero de 2012. Aún cuando estos dos tipos de termómetros

difieren considerablemente en su construcción, el empleo de cada uno responde a criterios y objetivos de medición comunes.

Independientemente del tipo de termómetro que se use, para ambos existen requerimientos en relación a:

- Especificaciones de exactitud
- Calibración y/o contrastación (verificación)
- Inspección en terreno
- Tiempo de inmersión necesario para alcanzar la temperatura de equilibrio
- Número de lecturas (o niveles de medición) a realizar en un tanque, requerimiento que depende del nivel o cantidad de líquido almacenado y no del tipo de termómetro usado.

### Termómetros de Mercurio-en-Vidrio

La siguiente tabla muestra los **requerimientos de exactitud** para los termómetros de mercurio ASTM, típicamente usados en la industria del petróleo:

Termómetro	Rango	Exactitud
58F-80	-30°F a +120°F	+/- 0,5°F
97F-80	0°F a 120°F	+/- 0,5°F
59F-80	0°F a 180°F	+/- 0,5°F
98F-80	60°F a 180°F	+/- 0,5°F
60F-80	170°F a 500°F	+/- 1,0°F

Cada termómetro requiere ser **calibrado o contrastado** antes de su primera puesta en servicio y luego una vez al año, a lo menos. El termómetro en cuestión debe ser comparado con un termómetro certificado y trazable hasta un organismo de metrología acreditado (el National Institute of Standards and Technology, NIST, en el caso de Estados Unidos). La comparación debe realizarse a tres o más niveles de temperatura, tales como 32°F, 100°F y 180°F. Una de estos niveles debe corresponder al rango de temperatura en el cual se usa normalmente el instrumento. El termómetro debe cumplir con los límites de exactitud indicados en la tabla anterior, para todos los niveles de temperatura verificados.

La **inspección de terreno** consiste en verificar visualmente que el capilar de vidrio no esté dañado y que la columna de mercurio no presente separación. Un termómetro cuya columna de mercurio presente una separación no debe ser usado. Si la columna logra ser re-integrada, el termómetro puede usarse siempre y cuando pase satisfactoriamente las pruebas de calibración o contrastación.

Cuando se mide la temperatura de un líquido en un tanque, el termómetro debe permanecer inmerso en el líquido el tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio térmico con el material que está siendo medido. Con los termómetros de mercurio-en-vidrio el tiempo de inmersión requerido es usualmente mayor al que nosotros quisiéramos. La siguiente tabla muestra los tiempos de inmersión recomendados, según la norma MPMS API 7.1:

Grav API 60F	Termómetros de Mercurio-en-Vidrio	
	Tiempo de Inmersión (minutos)	
	En Movimiento	Estacionario
> 50	5	10
40 a 49	5	15
30 a 39	12	25
20 a 29	20	45
< 20	45	80

Como puede verse en la tabla anterior, los tiempos de inmersión para productos pesados de alta densidad (bajo API) es considerable. Desde un punto de vista práctico, este tipo de termómetros generalmente se usa sólo para productos livianos.

Para medir la temperatura de tanques, los termómetros de mercurio-en-vidrio se insertan en un porta-termómetro especialmente diseñado. El más común de estos ensambles es el denominado **termómetro de copa** (cup-case), el cual posee un recipiente en su base para permitir que una porción de líquido permanezca en contacto con el bulbo del termómetro cuando el instrumento es retirado del tanque.

## Termómetros Electrónicos Portátiles

El punto más importante a recordar cuando se usa un termómetro electrónico portátil (PET) no está directamente relacionado a la determinación de la temperatura. **Siempre se debe conectar a tierra el instrumento antes de abrir la escotilla de medición.**

Los **requerimientos de exactitud** para los PETs dependen del rango de operación. Cuando se opera en un rango de 0°F a 200°F, la exactitud requerida es de +/- 0,5°F. Sobre 200°F la exactitud requerida es +/- 0,6°F.

Antes de su uso inicial y al menos una vez al año, cada PET debe ser sometido a una **calibración o contrastación**, comparándolo a tres o más temperaturas con un termómetro de exactitud certificada y trazable.

Adicionalmente, una **inspección de terreno** debe ser realizada antes de cada uso o una vez al día, lo que sea menos frecuente. El instrumento debe ser verificado comparando su lectura contra la de un termómetro ASTM de mercurio-en-vidrio, en un recipiente con líquido a temperatura ambiente (puede ser agua). Si las lecturas difieren en más de 1°F, el PET debe ser sometido a un proceso de calibración o contrastación normal.

Para los PETs se recomienda, además, realizar una **verificación mensual** a dos o más temperaturas, cercanas a los extremos de su rango de medición, comparándolo con un termómetro certificado o de trazabilidad conocida. Si los requerimientos de exactitud no se cumplen, el instrumento debe ser re-estandarizado (re-calibrado). Adicionalmente, se deben inspeccionar las conexiones entre el cable y el cuerpo del instrumento, por posibles daños, así como el estado del cable en toda su longitud (cortes u otros daños).

Una de las **mayores ventajas** que tiene un termómetro electrónico sobre uno de mercurio-en-vidrio es que el tiempo de inmersión necesario para alcanzar el equilibrio térmico es considerablemente más corto, como se muestra en la siguiente tabla:

<b>Termómetros Electrónicos Portátiles (PET)</b>			
<u>Tiempo de Inmersión</u>			
Grav	API 60F	En Movimiento	Estacionario
< 20		75 seg	30 min
20 a 40		45 seg	30 min
> 40		30 seg	5 min

**Nota 1:** se considera que el termómetro ha alcanzado la estabilidad, con un sensor en movimiento, si la lectura no varía más de 0,2°F (0,1°C) por 30 segundos.

**Nota 2:** el movimiento consiste en elevar y bajar el sensor 1 pie (30 cms) sobre y bajo la profundidad deseada.

Es una buena práctica de trabajo estimar por anticipado la temperatura de un tanque que ha recibido producto. Esta debería basarse tanto en la temperatura del material en el tanque antes de la transferencia, como en la temperatura del material que está siendo transferido al tanque. Un buen Inspector siempre tiene una idea aproximada de la temperatura final probable. Si la lectura observada difiere significativamente de la temperatura estimada, entonces se debe investigar la razón de esta diferencia.

## Niveles de Medición

Además de estar seguros de que cada temperatura sea medida correctamente, es igualmente importante estar seguro de que usted toma el número requerido de temperaturas dentro de un tanque, debido a que en muchos tanques la temperatura cambia con la profundidad del líquido. Aunque este fenómeno es mucho más común en productos calefaccionados, tales como Fuel Oil y petróleos crudos pesados, también puede ocurrir en productos livianos y, particularmente, en tanques de buques.

El número mínimo de mediciones de temperatura en un tanque de líquido no depende del tipo de termómetro empleado, sino de la altura y/o cantidad del líquido contenido en el tanque, según se indica a continuación:

### Una (1) sólo temperatura en el punto medio de la columna de líquido se requiere para:

- ◆ Tanques con una altura de líquido de 10 pies (3 m) o menos.

- ◆ Tanques con una capacidad menor a 5000 Bbls (800 m3).

- ◆ Tanques de buques con menos de 5000 Bbls (800 m3) de carga líquida.

### Tres (3) lecturas de temperatura, en los puntos medios de los niveles Superior, Medio e Inferior, se requiere para:

- ◆ Tanques con más de 10 pies (3 m) de altura de líquido.

Cuando se detectan diferencias de temperaturas mayores a 5°F entre distintos niveles, deberían tomarse lecturas adicionales. El número de lecturas adicionales puede variar dependiendo del diferencial de temperatura. Sin embargo, las lecturas deben ser espaciadas igualmente y promediadas. Diferencias significativas de temperatura deben ser informadas sin demora a las partes interesadas, ya que esto es señal de la existencia de material no homogéneo estratificado dentro del tanque.

## Conclusión

- 4 La determinación de temperatura es de importancia crítica para la medición exacta de volumen.
- 4 Asegúrese de que su termómetro está adecuadamente verificado y calibrado.
- 4 Tome el número apropiado de temperaturas para el material que está midiendo. Si tiene alguna duda o no está completamente seguro de los resultados obtenidos, contacte inmediatamente a su supervisor.
- 4 Siempre, siempre, siempre conecta a “tierra” su termómetro electrónico.