

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

RELACIÓN DE VERSIONES

VERSIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA
1	Emisión del documento	17/09/2013

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
 MARIO ALBERTO GRANADA CAÑAS VSM-GPS	 REYNALDO PRADA GRATERÓN Líder Corporativo de Normas y Estándares	 NÉSTOR FERNANDO SAAVEDRA TRUJILLO Vicepresidencia de Innovación y Tecnología
 DARÍO BUITRAGO PATIÑO VIT-GOC		
 ELKIN MAURICIO CLARO MARTINEZ VRP-GRB		
 BERTHA DEL CARMEN DE LA HOZ MARTINEZ VRP-GRC		
 ANGELA PATRICIA ÁLVAREZ GUTIERREZ VPR Grupo Extendido Especialidad Medición, Balances y Contabilización		

Este documento es propiedad de ECOPETROL S.A. no debe ser copiado, reproducido y/o circulado sin su autorización

This document is property of ECOPETROL S.A. it shall not be copied, reproduced and/or circulated without authorization

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. OBJETO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. GLOSARIO.....	3
4. DOCUMENTOS DEROGADOS.....	3
5. REFERENCIAS NORMATIVAS	4
5.1. NORMATIVA INTERNA	4
5.2. NORMATIVA EXTERNA	5
6. CONDICIONES GENERALES.....	5
7. DESARROLLO	6
7.1. EQUIPOS	6
7.1.1. Sistema de termómetro automático para tanque (ATT).....	6
7.1.1.1. Selección del ATT	6
7.1.1.2. Elementos electrónicos para medición de temperatura en ATTs	7
7.1.1.3. Sistema ATT de medición puntual	9
7.1.1.4. Sistema ATT de medición multipunto.....	9
7.1.2. Termómetro electrónico portátil (PET).....	10
7.1.3. Termómetros de columna de líquido en tubo de vidrio	11
7.2. DETERMINACIÓN ESTÁTICA DE TEMPERATURA	12
7.2.1. Temperatura ambiente	13
7.2.2. Sistema de termómetro automático (ATT) para transferencia de custodia.....	14
7.2.2.1. Requerimientos de exactitud	14
7.3. MEDICIÓN DINÁMICA DE TEMPERATURA	15
7.3.1. Requerimientos de instalación.....	16
7.3.2. Calibración, verificación e inspección.....	16
8. CONTINGENCIAS.....	16
9. REGISTROS.....	16
10. BIBLIOGRAFÍA	16
11. ANEXOS	17

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

1. OBJETO

Establecer una guía para la adecuada medición de la temperatura en los hidrocarburos líquidos y biocombustibles de la Cadena de Suministro de ECOPETROL S.A., de manera que pueda alcanzarse la exactitud de la medición estática o dinámica, de acuerdo con los lineamientos corporativos de ECOPETROL S.A., y las mejores prácticas de industria en las operaciones de transferencia de custodia.

2. ALCANCE

Aplica a las áreas operativas, técnicas (metrología y laboratorio) que deben determinar la temperatura como variable para la liquidación de cantidad y calidad en procesos de transferencia de custodia, control de inventarios y fiscalización de hidrocarburos y biocombustibles.

3. GLOSARIO

- **ATG:** Automatic Tank Gauge.
- **ATT Automatic Tank Thermometer:** Instrumento que continuamente mide la temperatura en tanques de almacenamiento. Un ATT (adicionalmente conocido como un sistema automático de temperatura de tanques) típicamente incluye sensores de precisión de temperatura, transmisores instalados en campo para transmisión de señales electrónicas y dispositivos de recepción y de lectura.
- **Constantes de Callendar Van Dussen:** Son los coeficientes (A, B y C) que están presentes en la ecuación que relaciona la resistencia y la temperatura en RTD o PT100 de platino y desarrolladas por el científico M. S. Van Dusen.
- **RTD:** (Resistance Temperature Detector): un dispositivo de medición de la temperatura el cual opera bajo el principio de un cambio en la resistencia eléctrica de un cable o alambre en función de la temperatura.
- **Termocupla (termopar):** Elemento sensible a cambios de temperatura que consiste en un par de elementos metálicos diferentes que en conjunto producen una fuerza electromotriz que depende del gradiente de temperatura entre los extremos frío y caliente en la unión de los metales. La salida es medida por un voltímetro en mili voltios que esta calibrado en términos de grados de temperatura.
- **TIT:** Temperature Indicator Transmitter

Para una mayor comprensión de este documento puede consultar el Capítulo 1 del Manual de Medición de Hidrocarburos y Biocombustibles- MMH - "Condiciones Generales y Vocabulario en su Numeral 2, Glosario Aplicable al Manual de Medición de Hidrocarburos y Biocombustibles.

4. DOCUMENTOS DEROGADOS

ECP-VSM-M-001-Cap 7 Manual de Medición de Hidrocarburos Capitulo 7 Determinación de Temperatura.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

5. REFERENCIAS NORMATIVAS

5.1. NORMATIVA INTERNA

En la elaboración de este documento se referencian los siguientes documentos de ECOPETROL S.A.:

CÓDIGO CNE	CÓDIGO ANTIGUO	TÍTULO
ECP-VIN-P-MBC-FT-020	ECP-PMC-F-029	Formato para Calibración de Probador Unidireccional de Pequeño Volumen de Pistón por el Método del Drenado de Agua Volumétrico (water draw).
ECP-VIN-P-MBC-FT-029	ECP-PMC-F-039	Formato para Verificación de Termómetros.
ECP-VIN-P-MBC-MT-001	ECP-VSM-M-001-Cap 1	Manual de Medición de Hidrocarburos (MMH) Capítulo 1 Condiciones Generales y Vocabulario.
ECP-VIN-P-MBC-MT-012	ECP-VSM-M-001-Cap 12	Manual de Medición de Hidrocarburos (MMH) Capítulo 12 Cálculo de cantidades de Petróleo.
ECP-VIN-P-MBC-PT-014	ECP-VSM-P-014	Procedimiento para la medición de temperatura de hidrocarburos y biocombustibles en tanques de almacenamiento y sistemas de medición dinámica.
ECP-VIN-P-MBC-PT-017	ECP-VSM-P-017	Procedimiento para medición y liquidación de hidrocarburos y biocombustibles en tanques atmosféricos.
ECP-VIN-P-MBC-PT-033	ECP-VSM-P-033	Procedimiento para la Verificación de Termómetros.
ECP-VIN-P-MBC-PT-034	ECP-VSM-P-034	Procedimiento para Verificación y Ajuste de Lazos de Medición de Temperatura.
ECP-VST-P-INS-ET-018	No aplica	Estándar de Ingeniería Para la Medición Dinámica de Cantidad y Calidad de Hidrocarburos Líquidos.
ECP-VST-P-MBC-ET-002	No aplica	Estándar de Sistemas Híbridos de Medición de Tanques (SHMT).
No aplica	ECP-VSM-P-018	Procedimiento Para la Medición de Carrotanques.
No aplica	ECP-VSM-P-023	Procedimiento para la Medición Estática y Liquidación Volumétrica de Hidrocarburos en Tanques Presurizados.
No aplica	ECP-VSM-R-001	Reglamento para la Gestión de la Medición de Hidrocarburos y Biocombustibles.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

5.2. NORMATIVA EXTERNA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)

API MPMS 3.1A	Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 3.1A - Standard Practice for the Manual Gauging of Petroleum and Petroleum Products.
API MPMS 3.2	Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 3-Tank Gauging Section 2-Standard Practice for Gauging Petroleum and Petroleum Products in Tank Cars.
API MPMS 7	Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 7 - Temperature Determination.
API MPMS 12	Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 12-Calculation of Petroleum Quantities.

American Society for Testing and Materials (ASTM) International

ASTM E1	Standard Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers.
ASTM E77	Standard Test Method for Inspection and Verification of Thermometers.
ASTM E344	Terminology Relating to Thermometry and Hydrometry.
ASTM E2251	Standard Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids.

6. CONDICIONES GENERALES

En aplicaciones de transferencia de custodia, la variable temperatura se puede determinar para condiciones estáticas y dinámicas utilizando los siguientes métodos:

- Método automático usando sensores electrónicos fijos.

El método automático aplica a tanques atmosféricos, presurizados y sistemas de medición dinámicos. Estos sistemas incluyen sensores de precisión para medición de temperatura, transmisores de la señal electrónica para montaje en campo y equipo para lectura de salida.

- Métodos manuales:
 - usando termómetros electrónicos portátiles.
 - usando termómetros de mercurio en vidrio.

Los métodos manuales aplican para tanques atmosféricos, botes, buquetanques, carrotanques y sistemas de medición dinámicos.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

7. DESARROLLO

7.1. EQUIPOS

El equipo utilizado para la medición de la temperatura es el termómetro. Entre las consideraciones de selección del instrumento se deben incluir: rango de temperatura, escala (°C o °F), tiempo de respuesta, exactitud, discriminación, repetibilidad, condiciones ambientales de instalación y el uso final del dato de temperatura.

7.1.1. Sistema de termómetro automático para tanque (ATT)

Es un instrumento (conocido también como sistema automático para medición de temperatura en tanques) utilizado para generar y transmitir continuamente una medida representativa de la temperatura del contenido de un tanque de almacenamiento, compartimiento o recipiente. Incluye sensores de precisión para temperatura, transmisores para la señal electrónica. Puede incluir visualización local.

Los sistemas ATT pueden tener como alcance desde un transmisor único que suministra una señal de temperatura de un tanque a un sistema de control, hasta un sistema multi-tanques diseñado como parte de un sistema de medición y control de inventarios en un patio de tanques o casa bombas. Los sistemas ATT y ATG, generalmente se combinan utilizando un único equipo supervisorio y de visualización, debido a que la medición de temperatura es un componente crucial de un sistema ATG.

Un sistema ATT se puede utilizar para operaciones de transferencia de custodia o para propósitos de control de inventarios.

Sistemas ATT para aplicaciones de transferencia de custodia. Su utilización requiere normalmente de un acuerdo contractual entre las partes involucradas. El sistema recomendado para esta aplicación es un tipo multipunto con función de promedio de temperatura. Para asegurar la confiabilidad del sistema se puede utilizar un sistema ATT redundante o secundario. En todo caso se deben tener en cuenta los requerimientos indicados en 7.1.1.1.

Sistemas ATT para aplicaciones de control de inventarios. Los requerimientos de desempeño para esta aplicación no son tan estrictos, como los que debe cumplir un ATT para transferencia de custodia. Como guía general, se debe seleccionar y diseñar el sistema basándose en las necesidades definidas del negocio, de tal manera que sea posible obtener una medición de temperatura representativa del fluido almacenado.

7.1.1.1. Selección del ATT

La selección de un sistema ATT apropiado, se debe basar en los siguientes criterios:

- Aplicación (transferencia de custodia, inventarios).
- La exactitud requerida.
- Número, tipo y tamaño de los tanques.
- Propiedades del fluido.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

- Las condiciones de operación que pueden afectar la exactitud.
- El nivel mínimo en el tanque en el cual se requiere la medición de temperatura.
- Condiciones ambientales.
- Requerimientos de lectura local y remota, transmisión de señal y cableado.
- Requerimientos de comunicación de datos.

7.1.1.2. Elementos electrónicos para medición de temperatura en ATTs

Generalmente se utiliza uno de los dos siguientes sensores de temperatura:

- Termorresistencia (RTD).
- Termopar.

Estos dispositivos están usualmente alojados en sondas metálicas instaladas en termopozos o tubos de protección.

Termorresistencias: La medición de temperatura se basa en la propiedad que tienen todos los conductores y semiconductores, que consiste en que su resistencia varía de acuerdo con la temperatura. Esta propiedad se observa más en unos materiales que en otros. El cambio relativo en la resistencia dependiendo de la temperatura (dR/dt) se conoce como el coeficiente de temperatura, cuyo valor generalmente no es constante en el rango de temperatura de interés, sino que depende de la temperatura.

La termorresistencia está formada por una espiral de platino sobre un soporte adecuado. La espiral de alambre se funde en vidrio o se incorpora en cerámica. Para hacer frente hoy en día a los requisitos de dimensiones más compactas y mayores valores de resistencia, se aplican capas de platino extremadamente delgadas a un sustrato de cerámica en lugar de cables. Se recomienda para operaciones de transferencia de custodia, debido a su exactitud, respuesta, larga vida y estabilidad de su salida en el tiempo.

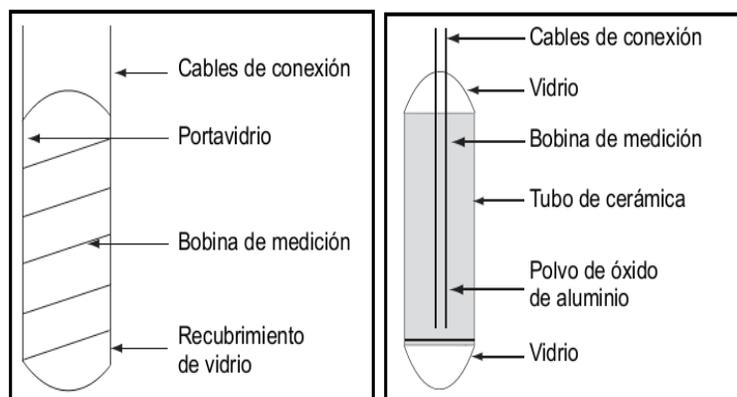


Figura 1. Termorresistencias (RTD).

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES	
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA	
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES	
CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

Las termorresistencias están menos sujetas a la interferencia eléctrica y errores originados por cambios en las propiedades de los alambres que los termopares; se pueden usar sobre un rango de temperatura de $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sus ventajas son las siguientes:

- Rangos de alta temperatura.
- Resistencia a la vibración.
- Alta inmunidad a interferencias eléctricas.
- Estabilidad a largo plazo.
- Diseño robusto.
- Alta precisión.

Al usar termorresistencias para medir la temperatura, se debe tener en cuenta que la resistencia del cable seleccionado afecta el resultado de la medición. Generalmente se utilizan tres tipos de circuitos: de 2 hilos, 3 hilos y 4 hilos. Las mediciones más precisas se obtienen con el circuito de 4 hilos, porque la medición no se ve afectada por la resistencia del cable conductor ni por la temperatura ambiental de los cables conductores.

Termopar: Consta de dos conductores eléctricos de diferentes materiales conectados entre sí en un extremo (unión de medida). Los dos extremos libres constituyen un punto de compensación o unión de referencia. El termopar se puede prolongar mediante el uso de un cable de extensión o de compensación.

Los cables de extensión o de compensación se conectan a un instrumento de medición, por ejemplo, un galvanómetro o un equipo de medición electrónica.

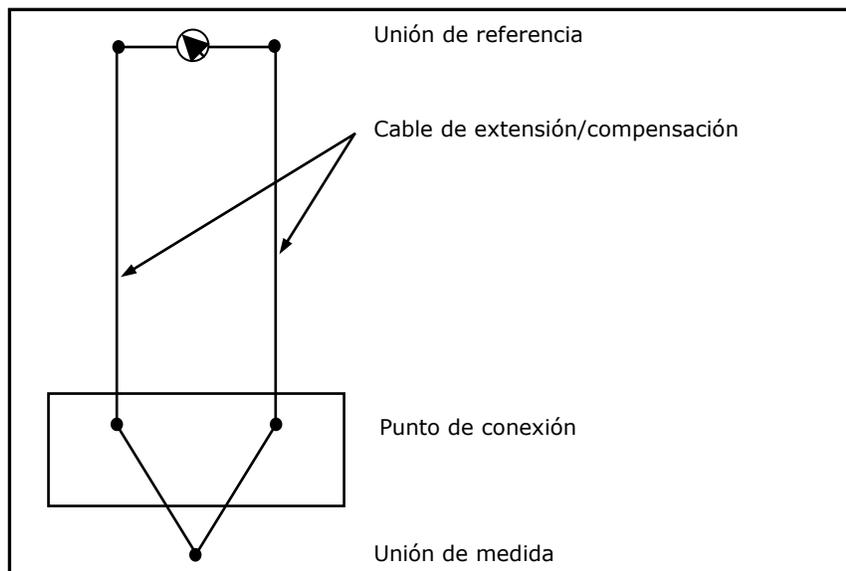


Figura 2. Termopar.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

La tensión termoeléctrica que aparece en la unión de referencia depende del material del alambre del termopar y de la diferencia de temperatura entre la unión de medida y la unión de referencia. La temperatura de la unión de referencia deberá mantenerse constante o debe ser conocida, para realizar una corrección adecuada de la medida de temperatura.

En el rango de temperatura negativa, los termopares se pueden utilizar hasta $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para temperaturas superiores a $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, se utilizan termopares de platino y de aleaciones de platino/rodio.

Las ventajas de los termopares son las siguientes:

- Rangos de temperatura muy alta.
- Respuesta rápida.
- Diseño compacto y robusto.
- Muy alta resistencia a las vibraciones.
- Estabilidad a largo plazo.

7.1.1.3. Sistema ATT de medición puntual

Este tipo de sistema mide la temperatura en una posición específica en el tanque, en el punto en el que se ha localizado el sensor. Esta medición no es representativa de la temperatura promedio del líquido en el tanque, por lo tanto no debe utilizarse en aplicaciones de transferencia de custodia. En caso de utilizar este sistema debe instalarse en la parte más baja del tanque.

7.1.1.4. Sistema ATT de medición multipunto

El sistema realiza la función de promediar varias lecturas seleccionando sensores sumergidos al interior del líquido, de esta manera se determina una temperatura representativa basada en las lecturas de dichos sensores. Estos sistemas son casi siempre componentes integrales de un sistema automático de medición de nivel (ATG). Son conocidos también como sistemas de medición promedio.

Existen sistemas multipunto que no disponen de la función de promediar la temperatura. Su diseño y construcción es similar a los sistemas multipunto con función de promedio de temperatura.

Número de sensores: El número mínimo de sensores recomendado se presenta en la Tabla 1. Si se presenta estratificación de la temperatura en el tanque, es aconsejable instalar sensores adicionales para que la medición sea representativa.

Tabla 1. Número Mínimo de Sensores de Temperatura.

Altura máxima de llenado	No. de sensores
< 9 m (30 pies)	4
9 m (30 pies) a 15 m (50 pies)	5
15 m (50 pies) a 23 m (75 pies)	6
23 m (75 pies) a 30 m (100 pies)	7

Fuente: API MPMS Chapter 7.3

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

La posición de los sensores debe ser tal que cada sensor represente aproximadamente el mismo volumen seccional del tanque. Para evitar efectos de la temperatura ambiente, no se recomienda la localización de los sensores dentro de 1 m (3 pies) de la lámina o pared del tanque.

7.1.2. Termómetro electrónico portátil (PET)

El termómetro electrónico portátil (PET) es el instrumento recomendado para la medición manual de temperatura en tanques de almacenamiento. Debe estar equipado con un cable para conexión a tierra (Figura 3) y cumplir con las especificaciones de exactitud señaladas en la tabla 2.

Tabla 2. Exactitud requerida para un PET.

Graduación mínima	Exactitud	Rango de exactitud Requerido
0,1 °F	± 0,2 °F ± 0,5 °F	0 - 200 °F > 200 °F
0,1 °C	± 0,1 °C ± 0,3 °C	0 - 200 °C > 200 °C

Antes de efectuar la lectura de la temperatura, se debe dar el tiempo suficiente para que el instrumento alcance el equilibrio térmico con el líquido, según los tiempos de inmersión con base en la densidad del producto, tal como se indica en la tabla 3. Se considera que un PET ha alcanzado estabilidad cuando la lectura no varía por más de 0,2 °F en 30 segundos.

Tabla 3. Tiempos de Inmersión para un PET.

Grav. API a 60 °F	Tiempo - seg
> 40	30
20 a 39	45
< 20	75

La temperatura de un líquido almacenado en un tanque puede variar significativamente con la profundidad, por esta razón, en operaciones de transferencia de custodia es necesario tomar la temperatura en diferentes niveles de líquido y calcular una temperatura promedio.

La temperatura del producto en cualquier tanque debe ser tomada después de la medición de nivel y antes de la toma de la muestra.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1



Figura 3. Termómetro Electrónico Portátil.

Detalles específicos del proceso de medición manual de la temperatura en un tanque de almacenamiento se pueden consultar en el documento ECP-VIN-P-MBC-PT-014.

7.1.3. Termómetros de columna de líquido en tubo de vidrio

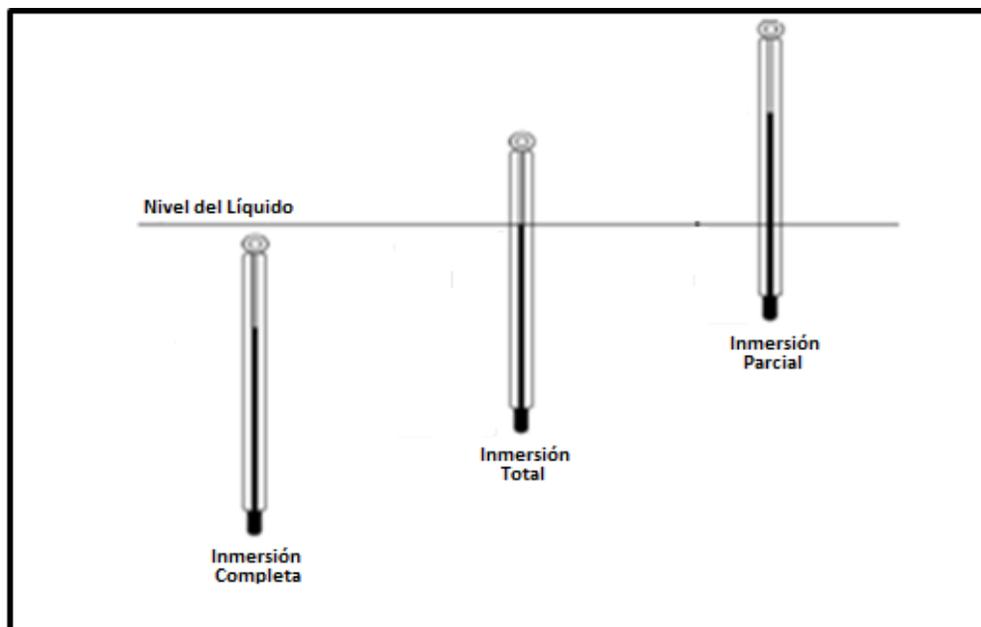
Su principio de funcionamiento se basa en la dilatación longitudinal, proporcional a la temperatura registrada de un líquido (mercurio, aleaciones de mercurio/talio, alcohol, etc.), contenido en un tubo de vidrio. En la industria se utilizan los termómetros con mercurio como líquido termométrico. Estos termómetros se clasifican de acuerdo al uso para el cual fueron diseñados: a) inmersión total, b) inmersión parcial, c) inmersión completa.

La elección del tipo de inmersión depende de la medición requerida, la profundidad del fluido y el tipo de montaje. Los termómetros utilizados deben cumplir con las especificaciones indicadas en la Norma ASTM E1.

Termómetro de inmersión parcial: Está 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. No requieren corrección cuando se usan en inmersión parcial a la profundidad especificada.

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; por lo cual, se comportan adecuadamente cuando el bulbo como todo el líquido termométrico se hallan a la misma temperatura.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1



Fuente: basado en API MPMS 7 Figura 4.

Figura 4. Tipos de Termómetros.

Este tipo de termómetro es el utilizado normalmente en el proceso de verificación y calibración de los instrumentos de medición de temperatura usados en las actividades de calibración de probadores y medidores dinámicos.

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.

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 o referencia inscrita. La norma de especificaciones ASTM E1 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.

NOTA: no existen termómetros ASTM designados para uso en inmersión completa.

Si las condiciones difieren, especialmente la temperatura de la columna emergente en termómetros de inmersión parcial, será necesario aplicar una corrección de columna emergente.

7.2. DETERMINACIÓN ESTÁTICA DE TEMPERATURA

La temperatura de hidrocarburos líquidos se puede determinar bajo condiciones estáticas midiéndola en puntos específicos de tanques de almacenamiento, botes, buquetanques, barcazas, carrotanques, tanques probadores y tanques probadores de campo.

Los métodos disponibles en orden de preferencia son:

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

- Método automático, utilizando sensores electrónicos fijos.
- Método manual utilizando termómetros electrónicos portátiles.
- Método manual utilizando termómetros de líquido en tubo de vidrio.

El método automático cubre la determinación de temperatura mediante la utilización de sistemas automáticos fijos de medición de temperatura en tanques (ATTs), para hidrocarburos que tengan una RVP de 101 kPa (15 psia) o menor.

Los métodos manuales se utilizan para hidrocarburos almacenados bajo condiciones de presión inferiores a 21 kPa (3 psig). No cubren la medición bajo condiciones de tipo criogénico, a menos que el tanque tenga disponibles uno o más termopozos.

La tabla 4 indica la cantidad mínima de lecturas que se deben tomar en un tanque de almacenamiento, buque o barcaza para obtener una temperatura promedio.

Tabla 4. Número de Lecturas según Nivel de Líquido.

Nivel de Líquido	Número de Lecturas	Nivel de Medición
> 3 m (10 pies)	3	Mitad de los tercios inferior, medio y superior
< 3 m (10 pies)	1	Mitad del nivel de líquido

Para tanques con capacidad menor que 5.000 barriles y sin estratificación de temperatura se puede utilizar una lectura en la mitad del nivel del líquido. Igual condición aplica para bodegas de buquetanques, carrotanques o barcasas. Se pueden tomar lecturas adicionales para obtener mayor precisión, si es acordado entre las partes.

7.2.1. Temperatura ambiente

Los tanques de almacenamiento se encuentran sujetos a expansión o contracción volumétrica, debido a variaciones de la temperatura ambiente y de la temperatura del líquido almacenado. Esta variación volumétrica se puede calcular determinando la temperatura de lámina del tanque (T_{sh}), mediante la cual es posible calcular el factor CT_{sh} indicativo de la expansión o contracción volumétrica resultante en el tanque.

Un sistema ATT suministra la temperatura del líquido (T_L) en un tanque de almacenamiento, la cual se utilizará para el cálculo de cantidad. Además de la temperatura del líquido es necesario determinar la temperatura ambiente, cuando se utiliza el factor CT_{sh} como parte de los cálculos de cantidad, de acuerdo con el Manual de Medición de Hidrocarburos (MMH) Capítulo 12 Cálculo de cantidades de Petróleo.

Esta temperatura es una medida representativa de la temperatura ambiente en el área de tanques de una planta o estación. La temperatura ambiente en el área circundante de un tanque de almacenamiento puede variar ampliamente, por ello es difícil determinar el mejor lugar para hacer una medición de la misma. Por esta razón, la incertidumbre de esta medición puede ser de $\pm 2,5$ °C (± 5 °F). Sin embargo, la temperatura ambiente es solamente 1/8 de la temperatura de lámina del tanque (T_{sh}), por ello una exactitud menor que la requerida para la temperatura del líquido (T_L) es aceptable.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

Los métodos recomendados para hacer esta medición son los siguientes:

- a) Mediante un termómetro llevado por el operador hacia el área del tanque, antes de efectuar la medición de nivel. Se tomará por lo menos una lectura en un área sombreada. Si se toma más de una temperatura, se reportará el promedio de las mismas.
- b) Termómetro instalado permanentemente bajo sombra en el área de tanques.
- c) Estación meteorológica local.

Las mediciones de temperatura se tomarán por lo menos a 1 m (3 pies) de cualquier obstrucción que pueda existir a nivel del piso. Adicionalmente, se debe permitir tiempo suficiente para la estabilización de la temperatura. La lectura se debe reportar redondeada al entero más próximo.

7.2.2. Sistema de termómetro automático (ATT) para transferencia de custodia.

Los tanques que utilizan un método automático de medición de temperatura en transferencia de custodia, deben estar equipados preferiblemente con sistemas tipo multipunto, excepto cuando:

- a) Los tanques sean de una capacidad inferior a 1.000 m³ (5.000 bls), o que el máximo nivel del líquido sea inferior a 3 m (10 pies).
- b) La máxima variación de temperatura en sentido vertical sea menor que 1 °C (2 °F).
- c) Se utiliza la medición manual para obtener la temperatura promedio en operaciones de transferencia de custodia.

7.2.2.1. Requerimientos de exactitud

El sistema ATT debe ser inspeccionado, verificado y de ser necesario calibrado para demostrar que el mismo cumple con la exactitud requerida para el servicio. Las tareas de verificación y calibración se deben llevar a cabo contra estándares de referencia. En la tabla 5 se resumen las tolerancias máximas que debe cumplir el ATT para varias actividades de verificación, tomando en cuenta las contribuciones a la incertidumbre tanto del sensor como de la electrónica de conversión.

Los patrones de referencia utilizados para verificación o calibración deben ser trazables a un organismo metrológico nacional o internacional por medio de un certificado de calibración válido.

Verificación. Este término hace referencia al proceso de comparar el ATT en servicio contra un termómetro patrón de referencia. La verificación confirma si el ATT está operando o no dentro de las tolerancias indicadas en la tabla 5, o si requiere calibración, reparación o reemplazo.

La verificación del ATT se desarrolla en varias etapas, antes de su puesta en servicio, como también durante la operación del mismo. Estas etapas son:

- Prueba de aceptación en fábrica (FAT).
- Prueba de aceptación en sitio (SAT).
- Verificaciones subsiguientes en campo.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

La verificación del ATT puede hacerse al sistema completo o por componente. En campo generalmente se emplea la primera opción. Se deberá establecer un programa periódico de verificación del sistema, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 1, Capítulo 1 del MMH.

Tabla 5. Tolerancias de Verificación para ATT.

Aplicación	Resolución	Actividad	Tolerancias de Verificación		
			Por componente		Sistema
			Sensor	Transmisor	
Transferencia de Custodia	0,1 °C (0,1 °F)	Calibración en Fábrica (FAT)	±0,2 °C (± 0,4 °F)	±0,15 °C (± 0,3 °F)	±0,25 °C (± 0,5 °F)
		Verificación inicial en campo (SAT)	±0,4 °C Nota 1	±0,25 °C Nota 1	±0,5 °C (± 1 °F)
		Verificación subsiguiente	±0,4 °C Nota 1	±0,25 °C Nota 1	±0,5 °C (± 1 °F)
Control de inventarios Nota 2	0,1 °C (0,1 °F)	Calibración en Fábrica (FAT)	±0,2 °C (± 0,4 °F)	±0,15 °C (± 0,3 °F)	±0,25 °C (± 0,5 °F)
		Verificación inicial en campo (SAT)	±0,4 °C Nota 1	±0,25 °C Nota 1	±0,5 °C (± 1 °F)
		Verificación subsiguiente	±0,8 °C Nota 1	±0,5 °C Nota 1	±1 °C (± 2 °F)

Nota 1: la verificación por componente no es práctica para el ATT multipunto o de longitud variable, debido a la dificultad de verificar el sensor en campo. La verificación en campo se hace generalmente como sistema. La verificación del transmisor se puede llevar a cabo si la verificación del sistema falla.

Nota 2: para aplicación de inventario estas tolerancias se consideran recomendaciones. Los requerimientos del negocio pueden imponerse o requerir criterios diferentes.

Fuente: API MPMS Chapter 7.3

7.3. MEDICIÓN DINÁMICA DE TEMPERATURA

En condiciones dinámicas se hace la medición de temperatura a un producto que fluye a través de un ducto o tubería. También incluye la medición de temperatura en los equipos utilizados para la calibración de medidores de flujo (probadores). Se puede llevar a cabo de forma manual o automática utilizando dispositivos electrónicos o termómetros de mercurio en vidrio. Es necesario el uso de termopozos para aislar el hidrocarburo del sensor de temperatura.

Los dispositivos de medición usados para este propósito son generalmente los sensores electrónicos de temperatura tales como las termorresistencias (RTD). El sensor genera una señal de salida como respuesta al mensurando, en este caso la temperatura del hidrocarburo que fluye.

Los dispositivos de medición dinámica de temperatura usados en la transferencia de custodia deben ser verificados y ajustados acorde al procedimiento ECP-VIN-P-MBC-PT-034 para demostrar que el lazo de temperatura está operando dentro de su tolerancia especificada.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES		
	CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

Para la determinación de temperatura deberá utilizarse un sensor clase A, con su respectivo TIT que acepte la configuración de las constantes de Callendar Van Dussen. El sistema debe contar con un termopozo seguidamente del TIT en las mismas condiciones de montaje (diámetro y profundidad de inserción), con el fin de usar un patrón de temperatura digital con resolución de dos cifras decimales, para respaldar los procesos de verificación y de calibración al lazo de temperatura de manera integral.

7.3.1. Requerimientos de instalación

En un medidor de flujo, el sensor de temperatura debe ser instalado inmediatamente aguas arriba o aguas abajo del cuerpo del medidor, consistente con los requerimientos de acondicionamiento de flujo que puedan existir según el tipo de medidor. La posición preferida es aguas abajo.

Se deben instalar igualmente termopozos para prueba en cada brazo de medición, con el fin de efectuar las verificaciones de tipo metrológico a cada elemento de medición.

Para información pormenorizada sobre los requerimientos de instalación en los medidores de flujo y en los equipos de prueba, consulte el documento ECP-VST-P-INS-ET-018.

7.3.2. Calibración, verificación e inspección

Todos los equipos de medición de temperatura utilizados en operaciones de transferencia de custodia deben ser calibrados y verificados periódicamente contra patrones de referencia, para asegurar su correcto desempeño. Dos o más dispositivos operacionales pueden compararse a manera de chequeo, pero se debe disponer de un termómetro certificado por un organismo metrológico para realizar una verificación de cada elemento de medición de temperatura. El resultado de la verificación puede indicar la necesidad de calibración o reemplazo del elemento de medición.

El proceso de calibración de un elemento de medición nuevo o existente consiste en la comparación de un mínimo de tres lecturas sobre intervalos uniformes a lo largo del rango de operación del dispositivo.

La calibración de dispositivos electrónicos de medición de temperatura debe llevarse a cabo siguiendo el procedimiento recomendado por su fabricante.

En la Tabla 1, Capítulo 1 del MMH, se indican las frecuencias de calibración y/o verificación para elementos de medición de temperatura específicos.

8. CONTINGENCIAS

No aplica.

9. REGISTROS

No aplica.

10. BIBLIOGRAFÍA

No aplica.

	MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES CAPÍTULO 7 - MEDICIÓN DE TEMPERATURA		
	VICEPRESIDENCIA DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES		
	CODIGO CNE ECP-VIN-P-MBC-MT-007	Elaborado 17/09/2013	Versión: 1

11. ANEXOS

No aplica.

Para mayor información sobre este documento dirigirse a:

Líder Corporativo de Normas y Estándares: Reynaldo Prada Graterón – NormasyEstandares@ecopetrol.com.co
Teléfono: ++ 57 – 1 – 2344473 – 2344871 South América
Dependencia: VIN

Se reconoce la participación y aportes en la elaboración del documento a las siguientes personas:

Carlos Arturo Salazar VPR-GRB
German Emilio Gonzalez GRC