

34  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MEDICION DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS POR  
MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO PETROLERO**  
P R E S E N T A:

**SERGIO LOPEZ RAMIREZ  
E. JAVIER VILLEGAS CRUZ**



**FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

	página	
I.-	INTRODUCCION	
I.1.-	Objetivo	1
I.2.-	Tipos de medidores de desplazamiento positivo.	2
I.3.-	Aplicaciones más importantes de los medidores.	2
I.4.-	Consideraciones de diseño.	3
I.5.-	Selección del medidor y accesorios del equipo.	4
I.6.-	Instalación.	5
I.7.-	Funcionamiento del medidor.	11
I.7.1.-	Factor del medidor.	11
I.7.2.-	Causas de variación del factor del medidor.	13
I.7.3.-	Variación en el gasto de flujo.	14
I.7.4.-	Variación en la viscosidad.	15
I.7.5.-	Variación en la temperatura.	15
II.-	MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.	17
II.1.-	Objetivo.	17
II.2.-	Instalación.	20
II.3.-	Equipo auxiliar.	26
II.4.-	Detalles de la instalación general.	26
II.5.-	Probadores y su calibración.	31
II.5.1.-	Objetivo.	31
II.5.2.-	Descripción de probadores.	31
II.5.3.-	Calibración de probadores volumétricos.	34
II.5.3.1.-	Calibración de un probador graduado en las secciones superior e inferior del cuello.	40

	página
II.5.3.2.- Calibración de un probador graduado en las secciones superior e inferior, utilizando válvula de drené.	43
II.5.3.3.- Calibración de un probador de una sola presa para niveles bajos de referencia y con cuello superior.	46
II.5.3.4.- Calibración de un probador de doble presa con cámara auxiliar, para la determinación del volumen.	49
II.5.3.5.- Calibración de un probador portátil con cuello superior y fondo cerrado.	53
II.5.3.6.- Calibración de un probador cerrado para vapor con densado.	56
II.5.3.7.- Calibración de un probador de pistón unidireccional.	59
II.5.3.8.- Calibración de un probador de pistón bidireccional.	63
II.5.3.9.- Calibración de un probador utilizando un medidor maestro.	68
II.5.4.- Determinación del volumen de un probador sometido a presión.	72
II.5.5.- Procedimiento de prueba en medidores.	75
II.5.5.1.- Correcciones al volumen del líquido medido en el probador, para determinar el volumen real.	77
II.5.5.2.- Cambio en el volumen del líquido tratado por cambio en la presión.	79
II.5.5.3.- Cambio en el volumen del líquido tratado por cambio en la temperatura.	80
II.6.- Probadores volumétricos cerrados.	104
II.6.1.- Método de desplazamiento de gas.	109
II.6.2.- Método de desplazamiento por vapor.	112
II.6.3.- Método de condensación de vapor.	115

	página
II.6.4.- Método de desplazamiento mecánico.	117
II.6.5.- Método de medidor maestro.	119
II.7.- Probadores gravimétricos abiertos.	120
II.7.1.- Probadores gravimétricos cerrados.	122
II.7.2.- Determinación real en la medición del volumen por probadores gravimétricos.	125
II.7.2.1.- Efecto de la temperatura al funcionar el medidor.	131
II.7.2.2.- Efecto de la presión al funcionar el medidor.	131
II.7.3.- Operación y mantenimiento de sistemas de medición.	135
III.- CALCULO DE VOLUMENES DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS CON MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.	140
III.1.- Introducción.	140
III.2.- Alcance.	141
III.3.- Campo de aplicación.	141
III.4.- Rango de precisión.	142
III.5.- Principales factores de corrección.	144
III.5.1.- Efecto de la temperatura sobre el acero, Cts.	145
III.5.2.- Corrección por efecto de presión sobre el acero,- Cps.	146
III.5.3.- Corrección por efecto de temperatura sobre el líquido, Ctl.	147
III.5.4.- Corrección por efecto de presión sobre el líquido, - Cpl.	148
III.6.- Cálculo del volumen en probadores.	151
III.6.1.- Objetivo e implicaciones.	151
III.6.2.- Normas de campo.	151

	página
III.6.3.- Reglas de redondeo en probadores.	152
III.6.4.- Cálculo de volúmenes a condiciones base.	152
III.7.- Cálculo del factor del medidor.	155
III.7.1.- Objetivo.	155
III.7.2.- Rango de precisión.	157
III.7.3.- Reglas para redondear los factores del medidor.	158
III.7.4.- Cálculo del factor del medidor usando un probador de tanque y un medidor de desplazamiento.	158
III.7.5.- Cálculo del factor del medidor usando probadores de tubería.	160
III.8.- Cálculo del registro de medición.	162
III.8.1.- Objetivo e implicaciones.	162
III.8.2.- Términos.	163
III.8.3.- Reglas de redondeo en registros de medición.	165
III.8.4.- Factores de corrección.	166
III.8.5.- Rango de precisión.	166
III.8.6.- Procedimiento estándar.	166
III.8.7.- Convenciones.	167
IV.- EJEMPLOS DE APLICACION.	168
IV.1.- Ejemplo para un probador de tubería.	169
IV.2.- Ejemplo para un probador de tanque.	172
IV.3.- Ejemplo usando el método del medidor maestro.	177
IV.4.- Ejemplo para un probador de tanque y medidor de desplazamiento.	182
IV.5.- Ejemplo para un probador de tubería, medidor de desplazamiento y líquido a baja presión de vapor.	185

	página	
IV.6.-	Ejemplo para un medidor de desplazamiento, probador de tubería y líquido a una presión de vapor arriba de la presión atmosférica.	188
IV.7.-	Ejemplo de un registro de medición para un líquido de baja presión de vapor.	191
V.-	OPERACION Y MANTENIMIENTO.	193
V.1.-	Consideraciones generales de operación.	193
V.2.-	Instrucciones para el personal de operación.	194
V.3.-	Prueba del medidor y frecuencia de la prueba del medidor.	196
V.4.-	Tablas de control para sistemas de medición e investigación de fallas.	199
	APENDICE - A: Factores de corrección para el acero.	201
	APENDICE - B: Correcciones por efecto de temperatura.	205
	APENDICE - C: Ejemplo de las formas de reporte de la prueba del medidor.	209
	APENDICE - D: Determinación de la densidad de los hidrocarburos líquidos por medio del hidrómetro.	234
	NOMENCLATURA.	247
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	256
	BIBLIOGRAFIA.	258

## INTRODUCCION

El eficiente uso de los recursos naturales crea una investigación científica en todas las ramas de la industria petrolera y una demanda continua de un vasto despliegue de instrumentos de control y medición.

El enfoque de éste trabajo, se orienta hacia la medición de hidrocarburos — líquidos por medio de medidores de desplazamiento positivo, proporcionando — los elementos para el diseño, instalación y operación de un sistema de medición.

Debido a que la exactitud en la medición de los fluidos es de suma importancia principalmente por razones económicas, los probadores y medidores se — deben de probar y calibrar para cuantificar con mayor exactitud la producción empleando un sistema de medición, el cual indica y registrando el total del — fluido que pasa a través del medidor de desplazamiento positivo.

Un aspecto importante en la cuantificación de un volumen por medidores de flujo, es la obtención del factor del medidor y los factores de corrección por presión y temperatura obtenidos al momento de probar y calibrar la instalación los cuales ayudan a determinar el volumen real que se maneja en el sistema de medición.

La mayor parte del material empleado en la elaboración de esta tesis esta sujeta a las normas internacionales del Instituto Americano del Petróleo, relacionados con la medición y control de las instalaciones de un sistema de medición.

El uso del medidor de desplazamiento positivo en oleoductos, refinarias, plantas químicas y donde se requiera la medición de flujo; es debido a su alta — confiabilidad al medir grandes volúmenes. Su utilización se torna más apremiante hoy en día ante la exigencia de participar en mercados internacionales, su alta tecnología permite, ahorrar energéticos y modernizar instalaciones.

## I.1 OBJETIVO.

Esta tesis ha sido preparada como una guía para el diseño, instalación y operación de los sistemas de medición para hidrocarburos líquidos, utilizando como elemento de medición un medidor de desplazamiento positivo.

Los probadores y su calibración también se consideran parte del sistema de medición. Todo lo anterior está sujeto a las normas del Instituto Americano del petróleo (API). Un sistema de medición debe cumplir con reglas internacionales en cuanto a la exactitud requerida para la transferencia de crudos de exportación.

Uno de los factores más importantes en el diseño de un sistema de medición es su exactitud, ya que errores aparentemente pequeños en el manejo de grandes volúmenes de un producto tan costoso, como lo es el petróleo, se convierten en grandes pérdidas de dinero, es necesario, por lo tanto, emplear los elementos de medición de flujo más exactos que existan, como son los medidores de desplazamiento positivo.

El medidor de desplazamiento positivo consiste básicamente de segmentos de volumen conocido, dentro de los cuales pasa el líquido a ser medido; el paso del fluido provoca el movimiento de los mecanismos del medidor y de esa manera indica el volumen total acumulado; esta información es instantánea y continua. Considerando que existen fugas del líquido a través de los espacios libres entre las partes móviles y fijas del medidor, para indicar el volumen total se puede realizar por medio de un computador para darle mayor exactitud.

Los medidores de desplazamiento positivo dan errores de más o menos 0.15% respecto a un volumen ya esperado, esta desviación puede ser por desgaste mecánico de los elementos primarios, y por eso es necesario periódicamente, o bien corregir la lectura que se registra y compararla con la de un volumen conocido que se hace fluir a través de dicho elemento.

La mayor parte del material de ésta tesis en general se aplica a la medición de los fluidos líquidos; es por eso que puede resultar de gran apoyo a la sección de Ingeniería de Producción como sistema de medición de alta capacidad si consideramos que tenemos una de las más grandes redes de oleoductos, gasoductos y poliductos de la industria petrolera y esperando un crecimiento en los volúmenes de los recursos naturales no renovables.

Toda ésta información no es un procedimiento de medición específico, sino que da los detalles para los procesos de operación en una instalación de un sistema de medición.

#### I.2.- TIPOS DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

Los diferentes tipos de medidores de desplazamiento positivo son los siguientes:

- a) Disco.
- b) Alabe rotatoria.
- c) Pistón oscilante.
- d) Pistón recíprocante.
- e) Lóbulos rotatorios.
- f) Rotores ovales.

#### I.3.- APLICACIONES MAS IMPORTANTES DE LOS MEDIDORES.

Algunas de las aplicaciones más importantes de un sistema de medición son las siguientes:

- a) Ventas : Es necesario totalizar el producto vendido para poder facturar.
- b) Compras : Es conveniente que la medición sea exacta para evitar pagar más de lo que se compra.

- c) **Detección de fugas:** Cuando el crudo es transportado por oleoducto a puntos distantes, una medición diferente puede ser la indicadora de una fuga en el trayecto.
- d) **Terminales de almacenamiento y/o distribución:** Es necesario tener los datos del crudo recibido por diferentes corrientes y el total, así como el que es enviado a las refinerías o clientes.
- e) **Pozos petroleros:** Para medir la producción de un pozo, a un conjunto de ellos o campos completos de producción.
- f) **Plataformas marinas:** En plataformas de producción o de enlace, es conveniente cuantificar adecuadamente el crudo que sale de una plataforma de producción o de un grupo de ellas en plataforma de exportación, principalmente en el Golfo de México, para permitir que los buques tanque puedan abastecerse directamente en la zona de producción en costa afuera.  
En plataformas de importación, para recibir y medir el petróleo al ser descargado de los buques tanque.
- g) **Refinerías:** Para medir con certeza la cantidad que reciben y los subproductos procesados que se distribuyen localmente o que se envían a los centros industriales de consumo.

#### 1.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

Generalmente todas las instalaciones en un medidor de desplazamiento pueden ser:

- a) Diseñadas para manejar gastos máximos y mínimos de flujo; máximas presiones de operación y un rango de temperatura dependiendo del tipo de fluido que va a ser medido. Los dispositivos de producción pueden ser incluidos, si son necesarios y estos deberán limitar o controlar la operación dentro de las condiciones de diseño.

- b) Diseñadas para asegurar una vida máxima de operación contando con coladores, filtros, separadores de aire/vapor y otros dispositivos protectores que son instalados corriente arriba del medidor, que es la parte donde se remueven los sólidos que pueden causar desgaste prematuro a la instalación, o gases que pueden causar errores de medición.
- c) Diseñadas para asegurar una presión adecuada del líquido en el sistema de medición para ciertas condiciones de temperatura, de modo que el fluido que está siendo medido se encuentre en estado líquido todo el tiempo.
- d) De una adecuada instalación para probar cada medidor individualmente o en serie y ser capaz de duplicar las condiciones de operación normales al momento de la prueba y operar de acuerdo con las reglas establecidas.

#### I.5 SELECCION DEL MEDIDOR Y ACCESORIOS DEL EQUIPO.

Las consideraciones de selección del medidor y accesorios del equipo son dadas por el fabricante y en el capítulo V se hace la referencia; cuando se selecciona un medidor y sus accesorios, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- a) Las propiedades de los líquidos que están siendo medidos como son viscosidad, presión de vapor, corrosividad y capacidad de lubricación.
- b) Gastos de operación del flujo ya sea continuo o intermitente.
- c) Clase y tipo de conexiones y dimensiones del equipo.
- d) Espacio para la instalación del medidor y la facilidad para su prueba.
- e) Cantidad, tamaño y tipo de materia extraña que puede ser transportada - por la corriente del líquido.
- f) Máxima presión de operación y pérdida de presión aceptable en el medidor y la presión adecuada en el líquido para prevenir la vaporización operado a su máximo gasto de flujo.
- g) El rango de operación de la temperatura en el líquido y la aplicación de un compensador automático de temperatura.

- h) Tipos de dispositivos para el registro de los volúmenes, (eléctricos o -- mecánicos).
- i) El método para un medidor en serie, si está incorporado o retirado de la línea; o para cambios en el gasto, éste sera probado a su ritmo de operación.
- j) Método de prueba, tipo de probador y la frecuencia de prueba.
- k) La medición puede registrarse y ajustarse convenientemente, o bien sacarlo de operación.
- l) Los accesorios del equipo como son: pulsadores, desgasificadores, juego -- de válvulas, etc. Son dispositivos que se emplean donde sean requeribles.
- m) Métodos de mantenimiento, costos y partes de repuesto.

#### 1.6.- INSTALACION.

El arreglo típico de una estación de medición con tres medidores de desplazamiento positivo se muestra en la figura 1.

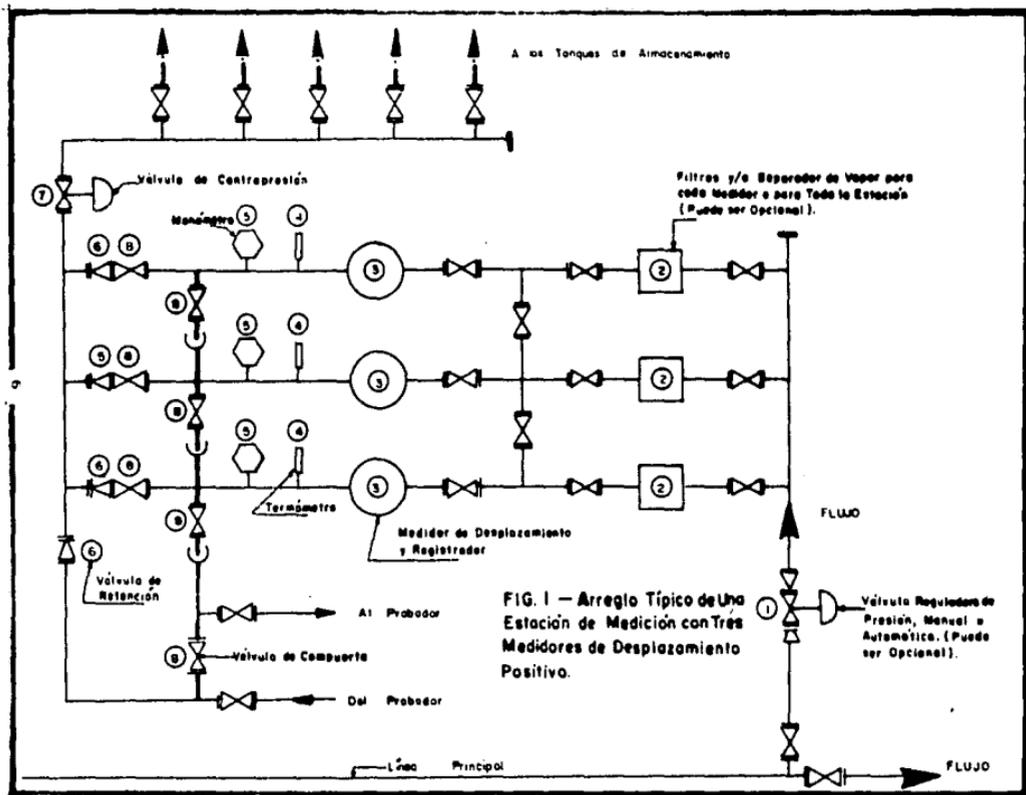
Los medidores son instalados de acuerdo a las recomendaciones de los fabri -- cantes y no deben estar sujetos a esfuerzos excesivos y vibraciones.

Recomendaciones de Instalación.

1.- Cuando se requiera un servicio continuo, o donde el gasto de flujo sea -- demasiado grande para cualquier medidor se recomienda conectar los medidores -- en paralelo.

Cada medidor conectado en paralelo deberá estar protegido contra un gasto de flujo excesivo y proporcionar un flujo balanceado entre los medidores.

En la figura 1 se tiene una instalación conectados en paralelo con todos los -- dispositivos de la instalación.



Es decir, para aligerar presiones excesivas, probablemente causadas por la expansión térmica del líquido cuando los medidores no estén operando, estos deberán ser incluidos en la tubería asociada.

2.- El flujo del líquido puede medirse en cualquier dirección y es conveniente adaptar un juego de válvulas de tal modo que exista flujo bidireccional, o bien que el medidor opere únicamente en una dirección. Para esto se debe instalar una válvula de retención para prevenir el flujo en dirección contraria a través del medidor.

Cualquier arreglo que ocasione la vaporización del líquido debe ser evitado en el diseño. Los medidores y la tubería deben ser instalados de modo que el drene accidental, o la vaporización del líquido pueda evitarse.

3.- Cada medidor es instalado para impedir el paso del aire o vapor a través de él. Si es necesario, un equipo de separación aire/vapor se instalará corriente arriba, para cerrar el medidor como sea posible. Una válvula de retención de asiento suave en la línea de venteo es apropiada porque impide el retorno del flujo. La liberación de aire será por los orificios de salida de una tubería y hacia un lugar seguro, o bien a un recipiente. La instalación completa es diseñada para minimizar la entrada de aire al sistema y una presión de vapor alta del líquido y una adecuada contrapresión se debe mantener en el sistema de medición para evitar vaporización del líquido.

4.- Los medidores y el medidor de tubería están protegidos de pulsaciones, de agitaciones excesivas, así como de una presión excesiva causada por la expansión térmica. Esto puede requerir de la instalación de

tanques de agitación, y de una cámara de expansión, de válvulas de relevo y otros medios de protección. Un medio de detección son las válvulas de relevo.

5.- En la medición de temperatura un termómetro es instalado corriente abajo o corriente arriba del medidor, para medir la temperatura de la corriente. Donde hay varios medidores y estén operando en paralelo y en un mismo flujo un registrador-sensible de temperatura es instalado en la corriente total para cerrar las entradas del medidor, esto es aceptable, si los compensadores de temperatura son usados; por lo tanto un procedimiento deberá de adaptarse para verificar periódicamente la operación de este dispositivo. El compensador de temperatura no se usa cuando el volumen medido sea empleado en gran cantidad de mediciones, únicamente el volumen y la densidad son requeridos.

6.- Para conocer las presiones del medidor, un manómetro de un rango adecuado y de gran exactitud, es instalado cercano a la entrada o salida de cada medidor.

7.- Antes de colocar un medidor nuevo en una instalación ya en servicio, el elemento de medición (registrador) es apartado del medidor, o deberá de proporcionar un juego de válvulas alrededor del medidor. El sistema debe ser operado sin el elemento de medición hasta que las pruebas indiquen el tipo de materia extraña que ha sido arrastrada y si está siendo apartada satisfactoriamente por el filtro, o equipo colador proporcionado. Alternativamente, la línea inicial puede fluir precipitadamente fuera del gasto máximo diseñado, antes de que el medidor sea instalado.

Si se usan tuberías combinadas éstas deberán ser instaladas en rosca macho únicamente para evitar que se peguen al medidor por la combinación. La exactitud en la medición puede ser afectada por el torque en los contadores y equipo auxiliar manejados en un medidor. Por lo tanto, una consideración especial es tener posibles extensiones futuras del registro del medidor, o del sistema.

8.- El diseño de un juego de válvulas con indicador de calor, para conservar un hidrocarburo líquido pesado, y que pase a través de un medidor de desplazamiento, debe de cumplir lo siguiente:

- a) Que no ocurra una temperatura excesivamente alta.
- b) Que la temperatura no descienda por debajo del nivel en el cual la viscosidad del líquido llegase a ser demasiado grande para fluir a través del medidor de desplazamiento.

El control de temperatura es especialmente necesario cuando un medidor no esté operando. Es recomendable consultar al fabricante del medidor con respecto a los límites máximos y mínimos para viscosidad y temperatura.

9.- Las líneas de purga de vapor en separadores aire/vapor deben ser de un diámetro adecuado. En el diseño del sistema de purga se tiene una consideración especial en el aspecto de seguridad.

Los separadores de aire no pueden purgarse cuando operan abajo de la presión atmosférica, y pueden incluso introducir aire al sistema y tener condiciones adversas, en el diseño del sistema de medición, por lo cual debe de asegurarse una adecuada presión de retorno para operar la válvula de purga.

10.- Donde se requiera determinar, o controlar continuamente la densidad del fluido en varias mediciones, deben hacerse preparaciones para medir la densidad del fluido de operación.

11.- Los sistemas de medición utilizados en una gran cantidad de mediciones, para que se tenga un muestreo representativo del fluido medido, deben hacerse preparaciones para obtenerlo por un método continuo y sencillo.

#### Válvulas.

La instalación de válvulas en un medidor pueden afectar la exactitud de la medición, durante la medición o prueba. Estas son capaces de abrir y cerrar rápido y suavemente. Las válvulas deben de ser a prueba de fugas y un método para detectarlas, tales como bloqueo y fuga.

#### Recomendaciones para válvulas:

1.- Si se permite un juego de válvulas alrededor de un medidor, o de una batería de medidores, deben hacerse preparaciones como válvulas de vacío, de compuerta y de un indicador de fuga.

2.- Todas las válvulas que puedan afectar la medición, deben ser diseñadas - de tal manera que no admitan aire cuando estén sometidas a un empuje hidráulico o a condiciones de vacío.

Para controlar el flujo intermitente, las válvulas deben de ser de función rápida y que absorban el choque, para evitar daños al equipo y posteriormente afecte la exactitud de la medición.

Los dispositivos automáticos, como son la válvula de flujo límite, o restricciones de orificio, si se requieren previenen en flujos en exceso para el máximo gasto en el medidor, estos son instalados corriente abajo del medidor. El dispositivo se ajusta y se selecciona, de modo que se mantenga una presión suficiente para evitar vaporización.

3.- Las conexiones para la prueba se instalan de modo que el aire, o vapor no queda atrapado dentro de la tubería entre el medidor y el probador, para ello se instala una válvula de escape.

La distancia entre el medidor y el probador debe ser corta. El gasto de flujo durante la prueba debe ser controlado estrictamente, del mismo modo que el gasto de flujo para cuando el medidor está en operación normal.

#### I.7 FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR.

En esta sección se trata la manera de como se presentan los sistemas de medición, o como pueden ser fabricados para realizar una medida exacta. Los factores del medidor deben de ser determinados cuando se ponga en funcionamiento un medidor.

##### I.7.1 FACTOR DEL MEDIDOR.

Definición del factor del medidor.- Es un valor adimensional el cual corrige el volumen que es indicado por un medidor para obtener el volumen real.

Su procedimiento de cálculo se presente en el capítulo III. Algunos medidores que manejan volúmenes pequeños, y si el valor del factor del medidor

diverge demasiado de la unidad, se debe de realizar un ajuste físico en el medidor, para poder introducir su factor y aproximándolo a la unidad para facilitar su uso. Cualquier divergencia cercana a la unidad debe de estar dentro de la tolerancia establecida.

En mediciones importantes, particularmente en oleoductos la divergencia del valor del factor del medidor con respecto a la unidad, es porque existen residuos demasiado grandes, y por lo tanto una corrección aritmética es aplicada. El método normal para calcular todas las correcciones estará basado en el capítulo III de esta tesis.

Los factores del medidor, son empleados para diversos fines; primeramente son empleados como se mencionó anteriormente, para corregir volúmenes y cuando no se pueda ajustar mecánicamente un medidor y dar lecturas exactas en unidades prácticas. Otra razón de gran importancia práctica es que su aplicación, permite usar el mismo medidor para diferentes líquidos y distintos gastos de flujo, sin la necesidad de ajustar mecánicamente el medidor para cada cambio.

Otro propósito secundario del uso del factor del medidor es apreciar el funcionamiento de un medidor en particular. Su comparación con otros medidores o con el mismo medidor durante un período de tiempo diferente. Al apreciar el funcionamiento del medidor es poder cuantificar las lecturas continuamente antes de que los valores del factor del medidor cambien, además de obtener una distribución normal.

Otro aspecto importante es la linealidad, ésta se determina realizando en el medidor pruebas a diferentes gastos, estos resultados son presentados en forma gráfica, comunemente llamadas curvas de exactitud. La cual, es una gráfica del factor del medidor en función del gasto de flujo. Los valores del factor del medidor para ciertas condiciones de operación,

se distribuyen simétricamente cercanas a una media, siendo la desviación pequeña. Los valores del factor son redondeados y expresados a no más de cuatro décimas en oleoductos, donde se manejan volúmenes grandes, y algunas veces a tres décimas para volúmenes pequeños. Es posible algunas veces graficar el factor del medidor en función de la viscosidad, temperatura y presión.

Los factores del medidor son afectados por el resbalamiento y por los cambios de volumen en la cámara de medición del medidor. Esto se debe a cambios en la temperatura de operación.

El factor del medidor puede verse afectado por las siguientes condiciones:

- a) Viscosidad del líquido.
- b) Cambio en el espacio libre del elemento de medición debido a depósitos, desgaste o daño los cuales influyen en el resbalamiento del líquido.
- c) Pérdida hidráulica en el cabezal (Pérdida de presión a través del medidor).
- d) Calidad de lubricación del líquido.
- e) Gasto de flujo.
- f) Temperatura del líquido.
- g) Presión del líquido.
- h) Densidad del líquido.
- i) Carga de torsión (Torque) necesaria para accionar el registro, impresor y otros accesorios del medidor.

#### 1.7.2 CAUSAS DE VARIACION DEL FACTOR DEL MEDIDOR.

Existen un gran número de causas las cuales influyen en el funcionamiento de un medidor de desplazamiento, esto se ve reflejado en sus valores del factor del medidor.

Una causa que puede afectar el factor del medidor considerablemente y en forma repentina es la entrada de materia extraña, particularmente sólidos que pueden ser levantados desde el fondo de un tanque, para ser nuevamente asociados a la tubería u otras fuentes. Únicamente se remedia eliminando la causa. Normalmente el contenido de sólidos y agua en aceites crudos (petróleo) se distribuyen uniformemente en el aceite, y así estos no influyen repentinamente en el valor del factor del medidor puesto que son medidos junto con el aceite. Algunas causas se predicen y algunas no, las cuales tienen el máximo efecto en el funcionamiento de los medidores de desplazamiento, se ven reflejadas en el valor del factor del medidor y estas causas son motivadas por la temperatura, presión, densidad, viscosidad, ritmo de flujo, acumulación de parafina y las propiedades de lubricación del líquido medido. Si un medidor es probado y operado con líquidos de propiedades idénticas e inherentemente y bajo condiciones uniformes, se podrá esperar un valor exacto en la medición. Si hay diferencias en una o más de las variables arriba mencionadas entre la prueba y las condiciones de operación, entonces un cambio en el factor del medidor, podría ser esperado, por lo consiguiente es necesario realizar otra prueba cuando las condiciones de operación cambian definitivamente.

### I.7.3 VARIACION EN EL GASTO DE FLUJO.

El gasto de flujo mínimo, es proporcionado por el fabricante del medidor, la curva del factor del medidor tiende a ser menor y repetir los valores para ritmos medios y altos de flujo. Si una gráfica del factor del medidor contra gasto de flujo ha sido desarrollada, algunos operadores pueden seleccionar un valor del factor del medidor de aquella curva antes de que el medidor sea vuelto a probar.

Si un sistema de prueba es instalado permanentemente, es preferible volver a probar el medidor cuando las condiciones cambien y aplicar así el valor determinado, si ocurriera un cambio en el gasto de flujo total, el procedimiento de una instalación típica, se instala para que operen dos, tres o más en fila, esto evitará exceder un medidor sencillo y se variará el número de medidores, de tal modo que el flujo total sea distribuido entre el número de medidores de desplazamiento en paralelo.

#### I.7.4 VARIACIONES EN LA VISCOSIDAD.

El factor del medidor de un medidor de desplazamiento es afectado por los cambios de la viscosidad como resultado del desplazamiento de la variable. La viscosidad puede variar como resultado de los cambios en los líquidos o por cambios en la temperatura ocurrido en alguno de los líquidos.

Una gráfica del factor del medidor contra viscosidad puede ser interpretada, esto es importante tomando en cuenta que las variables han cambiado antes de seleccionar un factor del medidor para aplicarlo al registrador de medición. Es preferible volver a realizar otra prueba al medidor cuando la naturaleza del líquido cambia o cuando ocurra un cambio significativo en la temperatura sin que haya variación en el líquido.

#### I.7.5 VARIACION EN LA TEMPERATURA.

Los cambios en la temperatura del líquido, son considerados por separado del efecto de la viscosidad del líquido; estos tienen un efecto importante en el funcionamiento del medidor y se refleja en el valor del factor del medidor.

Estos efectos surgen porque el volumen desplazado por las cámaras de medición se ve afectado por la temperatura, los espacios entre las partes mecánicas del medidor de desplazamiento también se afecta por la temperatura, y una temperatura demasiado alta puede vaporizar gran parte del líquido.

Por otra parte la medición de un fluido en dos fases puede ser muy inexacto. Otra causa que influye en la variación del factor del medidor es el cambio en la viscosidad, el cual puede ser un efecto inseparable debido a un cambio en la temperatura del líquido.

Cuando un medidor de desplazamiento está siendo probado, la temperatura del líquido en el medidor y en el probador debe de ser la misma, o ambas deben de ser corregidas a una temperatura de referencia para obtener la corrección del factor del medidor.

Los factores de reducción de volumen de la tabla 6 reducción de volumen a 60°F pueden ser usados para tales correcciones.

Cualquiera de los dos ya sea un compensador de temperatura, o una corrección aritmética aplicada al registrador de flujo puede ser utilizada para corregir el volumen indicado a una temperatura de referencia.

Además, en una gran cantidad de mediciones no se requiere de una corrección por temperatura y las mediciones de la densidad son a condiciones de flujo, presión y temperatura.

## II.- MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

### II.1.- OBJETIVO.

Este dispositivo es esencialmente de cantidad de flujo es decir, toma una cantidad, o porción definida del flujo entre dos aletas conectadas al rotor y al girar éste, transmite el movimiento a un contador con la ayuda de un sistema de engranes, después toma la siguiente porción y así sucesivamente. Sumando todas las porciones, se obtiene la cantidad total que se llevó a través del medidor.

El medidor tipo rotativo, consta de una caja, la cual es construida con extremada precisión, contiene un rotor que gira sobre cojinetes de bolas, moviendo cuatro aletas espaciadas a intervalos iguales. Arriba de la caja, va un adaptador que contiene un sistema de engranes, éste comunica a un calibrador; arriba de él, va conectado un contador, cuya lectura indica el volumen de líquido que pasa a través del medidor; entre el calibrador y el contador, se localiza un aditamento que sirve para conectar una flecha flexible (chicote), ésta transmite el movimiento del rotor al chasis del computador electrónico de corte y fase nula.

Lleva también un filtro, que consiste de un cedazo, que va alojado dentro de un recipiente. Este dispositivo va instalado antes del medidor, con el objeto de evitar el paso de impurezas contenidas en el fluido que pasa a través de él, y que pueden llegar hasta el rotor y lo obstruya. A medida que el líquido pasa por el medidor, el rotor y las aletas giran alrededor de una excéntrica fija, haciendo que las aletas se extiendan dentro de la cámara de medición. El movimiento sucesivo de las aletas, forma una caja de medición exacta que se encuentra localizada entre dos aletas, el rotor, la caja y las dos tapas superior e inferior.

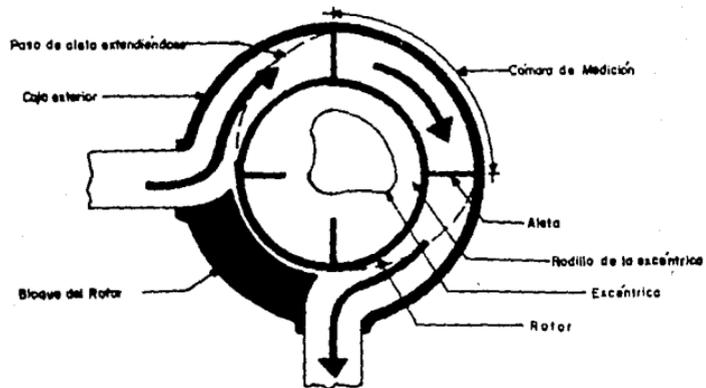


FIG. II MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

## II.2.- INSTALACION.

El medidor debe instalarse en posición horizontal, debiendo estar el fluido por medir, libre de impurezas como sólidos en suspensión; evitando en lo posible el contenido de gases, pues ello provocaría una lectura errónea del volumen por medir en caso de ser mínimo el contenido de gas o bien, impedir que dicho medidor trabaje, en caso de ser considerable; por lo tanto es necesario instalar si el caso lo requiere, un desgasificador para eliminar el gas y un filtro de malla adecuada, dependiendo el número de ésta, del tamaño de las impurezas por eliminar y de la viscosidad del líquido. El tipo de instalación varía de acuerdo con la operación del ducto, dependiendo de las condiciones topográficas del terreno, así como de la presión necesaria para transportar el fluido, del recipiente donde se encuentre almacenado y a los tanques donde se transportará una vez medido. Las maneras típicas de la instalación de un medidor de desplazamiento positivo son:

- 1.- Descarga por gravedad.
- 2.- Descarga por bombeo.

DESCARGA POR GRAVEDAD.- Este tipo de descarga, es debido al desnivel positivo existente entre el recipiente de almacenamiento y el tanque donde se transporte, gravitando el líquido del punto de origen al punto de destino, el medidor puede instalarse en cualquier parte del ducto.

En la Figura II.1

- 1.- Tanque de almacenamiento.
- 2.- Válvula de bloque (válvula de compuerta).
- 3.- Ducto de descarga.
- 4.- Juego de válvulas.
- 5.- Válvula de bloqueo.
- 6.- Medidor de desplazamiento positivo.

7.- Válvula de bloqueo.

8.- Válvula de retención.

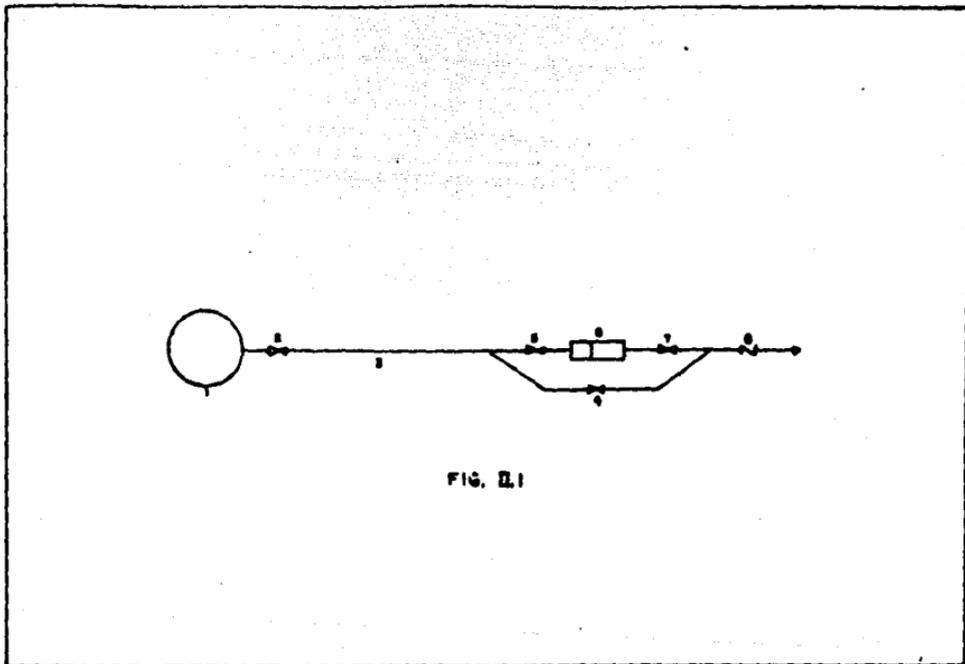


FIG. 21

DESCARGA DE BOMBEO.- Este tipo de descarga, se debe a que entre el tanque de almacenamiento y el lugar donde se transportará el líquido, existe un desnivel tal, que imposibilita que grave, y en caso de gravitar, no se alcanza el gasto mínimo del medidor. Por lo tanto, es imprescindible el uso de un dispositivo (bomba), con la ayuda del cual, se hace pasar a través del medidor; para este caso, se pueden hacer dos diferentes tipos de instalaciones:

A).- Cuando el medidor se instala junto a la estación de bombeo.

En la Figura II.2

- 1.- Tanque de almacenamiento.
- 2.- Válvula de bloqueo.
- 3.- Ducto de descarga.
- 4.- Válvula de bloqueo.
- 5.- Bomba.
- 6.- Juego de válvulas de contrapresión para líquido.
- 7.- Juego de válvulas.
- 8.- Válvulas de bloqueo.
- 9.- Medidor de desplazamiento positivo.
- 10.- Válvula de bloqueo.
- 11.- Válvula de retención.

B).- La instalación del medidor está a una distancia considerable de la estación de bombeo, esta instalación difiere de la anterior, en que después, de la bomba, debe instalarse una válvula de bloqueo, ya que en caso de desconectar la bomba, se tira únicamente el líquido existente entre las válvulas que se encuentran antes y después de la bomba.

Es recomendable, que en los 2 tipos de descarga, antes del medidor (en el primero), o de la bomba (en el segundo), se usen conexiones de diámetro mayor, que el de succión de la bomba o del medidor; ello es con el propó-

sito de que la fuente de alimentación, sea suficientemente capaz de suministrar el volumen requerido, teniendo la precaución de que en ninguno de los dos casos, se rebase el gasto máximo del medidor.

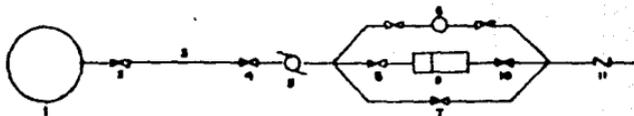


FIG. II.2

### II.3.- EQUIPO AUXILIAR.

Los requerimientos de diseño para una instalación de un medidor, están sometidos a unas especificaciones fundamentales tanto en la medición como en la prueba y como anexo la facilidad en el manejo del equipo, para ello es necesario en el caso que lo requiera equipo auxiliar para poder mantener esos requerimientos, siendo los principales: termómetros, manómetros, protector de esfuerzos, degasificadores, válvulas (alivio, retención, bloqueo, etc.), eliminadores de aire y vapor, filtros y otros.

### II.4.- DETALLES DE LA INSTALACION GENERAL.

En todas las instalaciones de medidores de desplazamiento positivo se consideran los siguientes puntos, no se encuentran en orden de importancia:

- a.- El rango del flujo en la operación, ya sea flujo continuo o intermitente.
- b.- Máxima presión de operación y la máxima caída de presión permisible.
- c.- Tipo de líquido (s) que puede medir, su viscosidad y corrosividad.
- d.- Rango de temperatura bajo el cual el medidor puede operar y la aplicación si el caso lo requiere de un compensador automático de temperatura.
- e.- Tipo de registro o impresión de los resultados de las lecturas del medidor y la comparación con los resultados de un volumen predeterminado.
- f.- El grado de exactitud deseada.
- g.- Tipo y método de prueba empleado.
- h.- Si el caso lo requiere la instalación de equipo auxiliar.
- i.- Métodos, costos y períodos de mantenimiento.
- j.- Area disponible para la instalación del medidor.
- k.- Cantidad y tamaño de materia extraña y el volumen de agua que pueden ser acarreados por la corriente de líquido.

El medidor debe ser instalado a manera de prevenir el paso de aire o vapor, en algunos casos puede ser necesario instalar un equipo eliminador

de aire antes del medidor, en toda la instalación deben de revisarse fugas a través de la tubería, fugas a través de las válvulas, fugas en la bomba, o de las líneas de conexión.

La tubería no debe tener huecos en el interior donde el aire o vapor tiene una alta acumulación y sea llevado al medidor por efecto de turbulencia, para ello por propio diseño del sistema, las válvulas abren y liberan esa carga y cierran de manera que no se introduzca aire a través de ellas. Los medidores se colocan en forma horizontal de tal manera que no estén sujetos a esfuerzos excesivos y vibración asegurando que se tenga una distorsión mínima en el medidor causada por la expansión y contracción de la tubería.

Cuando el gasto de flujo es demasiado grande para cualquier medidor, una instalación de varios medidores conectados en paralelo es recomendable, especialmente donde se requiere flujo continuo, dichos medidores deben ser protegidos de presiones excesivas causadas por la expansión térmica del líquido, con cámaras de expansión de válvulas de alivio y/o de otro recurso. El uso de un termómetro debe ser instalado cerca de la entrada, o salida del medidor que permita determinar la temperatura del líquido de la corriente, la instalación del medidor debe ser provista de un manual, o de un medio automático que permita probar al medidor bajo las especificaciones máximas y mínimas de operación, si existe un juego de válvulas en la instalación éste debe contar con un espacio considerable para su instalación.

Un diseño automático para la válvula de flujo límite o de orificio restringido se instala corriente abajo del medidor para prevenir excesos de flujo en el gasto máximo del medidor.

Las instalaciones de medidores deben ser hechas de manera que el medidor opere dentro del rango de presiones y de gasto para medir la producción dentro de la tolerancia ya establecida.

Instalación de medidores en líneas de servicio. (figura II.3).

El grado de exactitud requerido para los productos en líneas de servicios es alto, los cuidados y la precisión de operación para la prueba y medición son de gran importancia, porque la medición por lo general es de grandes volúmenes. Existen muchos detalles para el éxito de la exactitud e influyen, la destreza del operador, la reparación y mantenimiento entre otros.

Normalmente este tipo de instalación dispone de un equipo de prueba permanente y utilizando el método del medidor maestro, el medidor puede contar con partes intercambiables.

Los probadores empleados, en este tipo de instalación son probadores graduados de una sola o doble presa, probadores de desplazamiento de agua y de desplazamiento de pistón bidireccional.

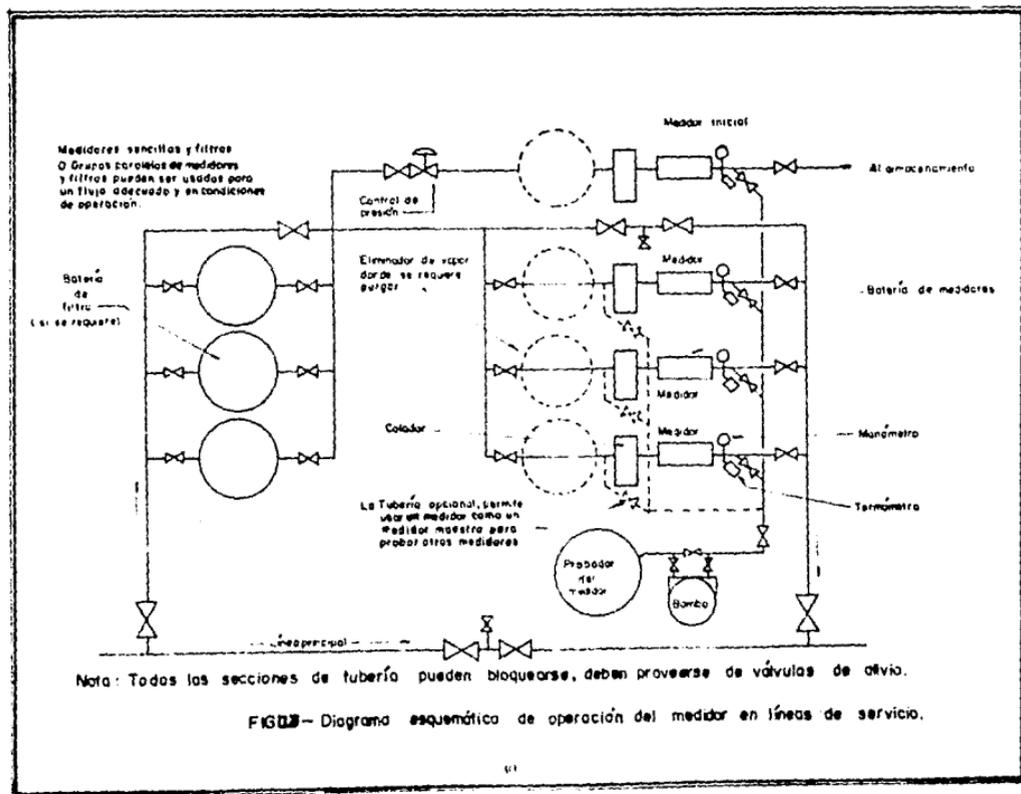
Durante la calibración se prepara un certificado por el operador donde se confirma y se indica la capacidad del probador. Las temperaturas, presiones y lecturas del medidor, así como otros datos necesarios que son tomados y registrados por el operador a intervalos convenidos. Cuando se encuentra una evidencia de una mala medición se demanda inmediatamente otra prueba, si la prueba muestra que el factor es constante y dentro de la tolerancia fijada, el medidor puede permanecer en servicio, de otra manera un nuevo factor debe ser determinado.

Los medidores inmediatos a la corriente abajo de la bomba deben ser probados y hacer todas las conexiones para que la corriente se mueva a través de la bomba antes, durante y después de la prueba, las temperaturas durante la prueba pueden no ser afectadas.

Si durante la descarga del medidor existen variaciones significativas en temperatura, presión y gasto de flujo, así como los intervalos de lectura; la suma de esas mediciones se consideran como la cantidad

total correcta de la descarga.

Bajo esas condiciones relativamente extensas y de cambios que tienen, un promedio de cada período se determina de las lecturas más representativas hechas en cada hora o período.



## II.5.- PROBADORES Y SU CALIBRACION.

### II.5.1.- OBJETIVO.

Es calibrar los medidores de desplazamiento positivo mediante un sistema de prueba, volumétrico o gravimétrico, ambos pueden ser portátiles o estacionarios.

La prueba consiste fundamentalmente en la medición de una cantidad de líquido deliberado por un medidor a un tanque de almacenamiento de un volumen ya conocido, o bien si el método es gravimétrico determinando el peso del líquido.

### II.5.2.- DESCRIPCION DE PROBADORES.

Son recipientes donde se mide una cantidad de líquido deliberado por un medidor, éste debe tener una capacidad suficiente para realizar varias pruebas en un período de tiempo adecuado, además que los resultados tengan un porcentaje de error bajo; es decir, que sean confiables. La capacidad de un probador no debe ser menor que el volumen deliberado en un minuto por el medidor de desplazamiento positivo durante la prueba, o sea que la capacidad del probador debe ser de 1.5 - 2 veces el volumen deliberado en un minuto por el medidor.

Los tanques de prueba pueden ser abiertos o cerrados a la atmósfera, con o sin control de la evaporación, los tanques cerrados se recomiendan para líquidos de alta presión de vapor aunque también para líquidos de baja presión de vapor. Los tipos de probadores que tienen un mayor control de la evaporación empleando un segundo líquido inmiscible con baja presión de vapor son: método por desplazamiento de agua, método por desplazamiento de vapor, método por desplazamiento de vapor condensado, método de desplazamiento de gas, método de desplazamiento de pistón (de un solo sentido o reciprocante).

Los probadores de tanque volumétricos deben ser construidos suficientemente fuertes para prevenir distorsiones significantes en las paredes del tanque, cuando se encuentre lleno y esté sometido a una presión.

Es necesario observar los resultados en un medidor antes y después de la prueba y compararlos con el volumen del tanque ya conocido, para poder realizar los ajustes que sean necesarios.

El líquido debe ser drenado completamente hasta su nivel más bajo de referencia del tanque y sin obstrucciones en la salida del líquido. Las paredes de éste son graduales y de una inclinación suficiente, ya que por propio diseño deben limpiarse por sí mismos de un posible contenido de productos de corrosión y obstruyan la salida del tanque provocando lecturas erróneas en el período de prueba, es por eso que es un punto de observación en el que se debe realizar periódicamente una inspección visual al interior del probador, por lo que también es recomendable que los niveles indicadores de volumen se encuentren limpios, para que las lecturas sean precisas. Todos los probadores indican sus características de diseño en una placa metálica.

Un orificio de salida debe ser provisto en el punto más alto del probador para remover la acumulación de gas como consecuencia de la evaporación durante la prueba, es por eso que las conexiones en la salida del probador deben ser del tamaño adecuado para permitir un rápido vaciado del tanque entre las corridas de prueba.

El probador de tanque volumétrico en su parte superior e inferior existe una reducción del diámetro interior, en ambas se dispone de un nivel indicador para registrar el volumen que existe en las dos secciones, en la parte inferior el volumen no debe de representar más del 0.02% del volumen del probador, excepto que el diámetro interno de la sección sea menor de 3.5 pulgadas.

La capacidad de la sección superior debe ser menor del 2.0% del volumen del probador.

Cuando los medidores son de gran capacidad la prueba se realiza en un amplio rango de lecturas y se observan las lecturas de los niveles los cuales se encuentran distribuidos a todo lo largo de las paredes del tanque, durante el tiempo que sea necesario para realizar los ajustes que se requieran.

El cristal del nivel indicador es de 1(pulgada) de diámetro interno, preferentemente longitudinales de 24(pulgadas) como máximo. Para minimizar errores resultantes en la lectura, como consecuencia de las diferentes temperaturas entre el líquido existente en el nivel indicador y la del probador.

Los termómetros deben ser revisados mediante pruebas certificadas de su buen funcionamiento y con cierta frecuencia para asegurar su exactitud. Es recomendable que estos tengan una escala graduada menor a 1°F, se instalan directamente en la cubierta del probador, con un mínimo de inserción de 12 pulgadas, pero es conveniente que la inserción sea de 1.3 veces el radio del probador, el uso y el tipo de termómetro está especificado por las normas del Instituto Americano del Petróleo (API) y por el código de la sociedad americana de ingenieros mecánicos (ASME).

La posición del termómetro en el probador es importante, la mayoría de las veces es necesario dos termómetros en los tanques para probadores volumétricos mayores a 10 galones y no mayor a 500 galones, tres termómetros para probadores mayores a 500 galones, estos van distribuidos de la siguiente manera: uno en la parte superior, otro en la parte más baja del probador y otro cercano al centro. La temperatura del líquido debe ser el promedio de las lecturas, para probadores de pistón, los termómetros se localizan en los extremos del probador. Todas las conexiones deben

ser cortas para evitar obstrucciones por materiales extraños.

### II.5.3.- CALIBRACION DE PROBADORES VOLUMETRICOS.

Clasificación de probadores volumétricos:

- A.- Probador abierto, graduado en la sección superior e inferior del cuello.
- B.- Probador cerrado, graduado en la sección superior del cuello.
- C.- Probador de una sola presa.
- D.- Probador de doble presa.
- E.- Probador de vapor condensado.
- F.- Probador de pistón unidireccional.
- G.- Probador de pistón bidireccional.
- H.- Probador de medidor maestro.

El probador graduado en la parte superior e inferior del cuello, es un recipiente, que tiene una reducción transversal en la parte superior e inferior del tanque, son de mayor exactitud al determinar los incrementos de volumen, estos pueden ser abiertos o cerrados y apropiados para la mayoría de los líquidos. Tanto en la parte superior e inferior tienen indicadores u otros medios en donde se observa el nivel del líquido, o la interface con el líquido de prueba.

El probador graduado en la parte superior del cuello es un recipiente que tiene una reducción en la sección transversal o cuello.

Localizado en la parte superior y puede ser abierto o cerrado, el drenaje se realiza mediante adecuadas válvulas, o por inversión del tanque.

El probador de una sola presa es un recipiente que tiene una reducción en la selección transversal localizada en la parte superior y una salida de sobrellenado para establecer el nivel del fondo del tanque. Puede ser abierto o cerrado, y es apropiado para la mayoría de los líquidos.

El probador de doble presa es un recipiente en el cual tiene una presa

de sobrellenado con conexiones en la parte superior e inferior, en la parte superior una salida de sobreflujo que va hacia un recipiente suplementario de una sección transversal reducida para determinar el incremento de volumen del sobreflujo. Este probador puede ser abierto o cerrado y es apropiado para la mayoría de los líquidos.

El probador de vapor condensado es un recipiente de presión sin cuello (sin reducción en la sección), el volumen total es determinado con exactitud, la descarga como el llenado se hace en forma total. Se utiliza solamente para productos de una alta presión de vapor como el gas LP, donde los vapores pueden condensarse cuando el recipiente es llenado.

El probador de pistón bidireccional es un recipiente cilíndrico de presión, con un pistón reciprocante que se mueve en forma libre y desplaza un volumen fijo en cualquier dirección, en cada carrera del émbolo se establece una adecuada exactitud del volumen, éste probador es cerrado y es apropiado para la mayoría de los líquidos.

El probador de pistón unidireccional, el pistón se mueve libremente en una sección igual al diámetro del émbolo y en una sola dirección para desplazar un volumen predeterminado entre dos puntos conocidos del cilindro, esos puntos son indicados por un medio mecánico, eléctrico o ambos, el pistón puede ser reemplazado cuando sea necesario y reinstalado después de darle mantenimiento. Este probador es cerrado y es apropiado para la mayoría de los líquidos.

El probador del medidor maestro es un medidor de desplazamiento positivo el cual ha sido previamente probado en una medición de prueba, o por un probador volumétrico o gravimétrico, el probador del medidor maestro es apropiado para todos los líquidos.

Los procedimientos de calibración de probadores volumétricos, son dos métodos generales, que se utilizan para la calibración de probadores volu-

métricos y son los siguientes:

- 1.- Calibración y medición por pruebas de agua.
- 2.- Calibración por medio de medidores maestros.

El primero es el método preferible, que determina el volumen de agua retirada del probador por gravedad.

En ambos casos se deben realizar correcciones del volumen de agua, basándose en la tabla I, aplicando la temperatura promedio en el probador (cuando está completamente lleno), que difiere de la temperatura inicial del agua en cada prueba.

El segundo método utiliza un medidor maestro pre-probado y se utiliza cuando los tanques de pruebas son demasiado grandes y su uso en las pruebas resulta impráctico, o donde la naturaleza del probador no se puede calibrar utilizando agua. Por medio de éste método puede utilizarse agua o petróleo líquido estable, midiendo hacia fuera del probador y corrigiendo si es necesario.

Cuando un probador se usa a presiones por arriba de la presión atmosférica el volumen del probador debe ser determinado para esas presiones y una tabla de factores de corrección para ese volumen debe obtenerse, es muy importante observar la temperatura en la prueba del líquido y observar que no cambie durante la calibración.

Siempre que ocurre un cambio se deben realizar correcciones por cambios de temperatura.

Para prevenir burbujas de aire en el probador no debe permitirse el llenado completo de agua más de lo necesario antes de la calibración. La práctica normal es llenarlo para cada medición hasta su capacidad indicada, se realiza lentamente y se drena el líquido para determinar el volumen del llenado parcial de la prueba, dicho volumen debe ser certificado por el operador. A continuación se muestra un reporte de dichas mediciones

aprobado por la Agencia Nacional de Normas (NBS).

Para la prueba de medición se utiliza agua como líquido de calibración puede suceder que las mediciones sean inexactas como resultado de que el líquido para calibrar no sea agua, la medición se realiza llenando con agua y drenando inmediatamente en cada ocasión, pero teniendo en cuenta que esta calibración es para ciertas condiciones, si se realizara otra prueba tendría diferentes condiciones de presión y temperatura. El tiempo de drene para la prueba de un volumen de 10 galones o menor, debe ser 10 segundos desde el tiempo en que el flujo comienza y hasta un tiempo de 30 segundos para medir volúmenes mayores de 10 galones.

La escala del nivel indicador en el probador está graduada en pulgadas cúbicas, lo mínimo 15 pulgadas cúbicas arriba de cero y 15 pulgadas cúbicas de graduación abajo de cero.

TABLE I - Correcciones volumétricas por la calibración de un probador de tanque

T. agua Multiplicar el volumen medido por el factor de corrección, dado un volumen de temperatura del probador.

(°F)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	32
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											

Esta tabla esta basada por la Institución Smithsonian, tablas para densidad relativa y volumen de agua.

Continuación Tabla I

Temperatura  
del agua en  
el probador  
(°F)

Temperatura  
del agua en  
el probador  
(°F)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	1.00001	1.00002	1.00003	1.00003	1.00003	1.00003	1.00003	1.00000	0.99998	
34	1.00001	1.00002	1.00001	1.00002	1.00001	1.00000	0.99999	0.99997	0.99995	
37	1.00000	1.00001	1.00001	1.00000	0.99999	0.99997	0.99996	0.99993	0.99990	
38	1.00000	1.00000	0.99999	0.99998	0.99997	0.99995	0.99992	0.99989	0.99986	
39	0.99999	0.99997	0.99996	0.99996	0.99994	0.99992	0.99989	0.99986	0.99982	
40	0.99999	0.99998	0.99996	0.99995	0.99992	0.99989	0.99986	0.99982	0.99978	
41	0.99999	0.99997	0.99995	0.99993	0.99990	0.99987	0.99983	0.99978	0.99974	
42	0.99998	0.99996	0.99994	0.99991	0.99988	0.99984	0.99979	0.99975	0.99970	
43	0.99998	0.99995	0.99992	0.99989	0.99985	0.99981	0.99976	0.99971	0.99966	
44	0.99997	0.99994	0.99991	0.99987	0.99983	0.99978	0.99973	0.99967	0.99961	
45	0.99997	0.99994	0.99990	0.99985	0.99981	0.99976	0.99970	0.99964	0.99957	
46	0.99997	0.99994	0.99988	0.99984	0.99979	0.99973	0.99967	0.99960	0.99954	
47	0.99996	0.99991	0.99987	0.99982	0.99976	0.99970	0.99963	0.99957	0.99950	
48	0.99995	0.99991	0.99985	0.99979	0.99973	0.99967	0.99960	0.99954	0.99948	
49	0.99995	0.99990	0.99984	0.99978	0.99971	0.99965	0.99958	0.99951	0.99944	
50	0.99994	0.99988	0.99982	0.99976	0.99970	0.99963	0.99955	0.99948	0.99940	
51	0.99994	0.99978	0.99971	0.99965	0.99958	0.99951	0.99943	0.99935	0.99926	
52	0.99993	0.99987	0.99981	0.99974	0.99966	0.99959	0.99951	0.99942	0.99933	
53	0.99993	0.99987	0.99980	0.99972	0.99965	0.99957	0.99948	0.99939	0.99930	
54	0.99993	0.99987	0.99979	0.99972	0.99963	0.99954	0.99945	0.99936	0.99927	
55	0.99993	0.99985	0.99978	0.99969	0.99960	0.99951	0.99942	0.99933	0.99924	
56	0.99992	0.99984	0.99976	0.99967	0.99958	0.99949	0.99939	0.99930	0.99921	
57	0.99992	0.99984	0.99975	0.99966	0.99957	0.99947	0.99937	0.99927	0.99918	
58	0.99991	0.99982	0.99973	0.99964	0.99954	0.99944	0.99934	0.99923	0.99912	
59	0.99990	0.99981	0.99972	0.99963	0.99953	0.99942	0.99931	0.99920	0.99909	
60	0.99990	0.99981	0.99972	0.99962	0.99951	0.99940	0.99929	0.99918	0.99907	
61	0.99990	0.99981	0.99971	0.99960	0.99949	0.99938	0.99927	0.99917	0.99906	
62	0.99990	0.99980	0.99969	0.99958	0.99947	0.99936	0.99926	0.99915	0.99904	
63	0.99990	0.99979	0.99968	0.99957	0.99946	0.99935	0.99923	0.99911	0.99900	
64	0.99989	0.99978	0.99967	0.99956	0.99944	0.99932	0.99920	0.99907	0.99895	
65	0.99988	0.99977	0.99966	0.99955	0.99943	0.99931	0.99918	0.99904	0.99892	
66	0.99988	0.99977	0.99965	0.99954	0.99942	0.99928	0.99916	0.99903	0.99891	
67	0.99988	0.99977	0.99965	0.99953	0.99940	0.99926	0.99913	0.99900	0.99888	
68	0.99987	0.99976	0.99964	0.99950	0.99937	0.99923	0.99912	0.99897	0.99885	
69	0.99987	0.99975	0.99961	0.99948	0.99935	0.99922	0.99908	0.99894	0.99881	
70	0.99987	0.99974	0.99961	0.99948	0.99935	0.99921	0.99906	0.99892	0.99877	
71	0.99986	0.99973	0.99959	0.99947	0.99933	0.99918	0.99904	0.99889	0.99874	
72	0.99987	0.99974	0.99961	0.99946	0.99931	0.99917	0.99902	0.99887	0.99872	
73	0.99987	0.99974	0.99959	0.99944	0.99929	0.99915	0.99900	0.99885	0.99870	
74	0.99987	0.99972	0.99957	0.99943	0.99928	0.99913	0.99898	0.99883	0.99867	
75	0.99986	0.99970	0.99956	0.99941	0.99926	0.99911	0.99896	0.99880	0.99864	
76	0.99986	0.99970	0.99955	0.99940	0.99925	0.99910	0.99894	0.99878	0.99862	
77	0.99985	0.99970	0.99955	0.99940	0.99925	0.99909	0.99893	0.99876	0.99860	
78	0.99984	0.99970	0.99954	0.99939	0.99923	0.99907	0.99890	0.99873	0.99856	
79	0.99984	0.99970	0.99954	0.99938	0.99922	0.99905	0.99887	0.99871	0.99854	
80	0.99984	0.99969	0.99953	0.99937	0.99920	0.99902	0.99886	0.99868	0.99851	
81	0.99984	0.99968	0.99952	0.99935	0.99917	0.99899	0.99881	0.99864	0.99846	
82	0.99983	0.99967	0.99950	0.99932	0.99914	0.99896	0.99878	0.99860	0.99842	
83	0.99983	0.99967	0.99948	0.99932	0.99914	0.99897	0.99879	0.99861	0.99843	
84	0.99983	0.99964	0.99948	0.99930	0.99912	0.99894	0.99876	0.99858	0.99840	
85	0.99983	0.99965	0.99947	0.99930	0.99912	0.99894	0.99875	0.99857	0.99838	
86	0.99981	0.99965	0.99948	0.99930	0.99912	0.99893	0.99875	0.99856	0.99837	
87	0.99982	0.99964	0.99946	0.99928	0.99909	0.99891	0.99872	0.99853	0.99834	
88	0.99982	0.99964	0.99946	0.99927	0.99909	0.99890	0.99870	0.99850	0.99830	
89	0.99981	0.99963	0.99944	0.99926	0.99907	0.99887	0.99867	0.99847	0.99827	
90	0.99981	0.99962	0.99944	0.99925	0.99905	0.99885	0.99865	0.99845	0.99824	

### II.5.3.1.- CALIBRACION DE UN PROBADOR GRADUADO EN LAS SECCIONES SUPERIOR E - INFERIOR DEL CUELLO. (Figura II.4).

Doa métodos pueden utilizarse para calibrar probadores volumétricos. El primer método consiste en determinar y señalar la capacidad actual del probador en la escala, el segundo método consiste en señalar previamente la escala y preparar tablas de factor de corrección del tanque, cada método tiene ciertas ventajas y desventajas y ambos pueden ser usados en forma apropiada.

Para el primer método la calibración de la sección superior e inferior del cuello del tanque probador se realiza a 60°F y presión atmosférica utilizando agua como líquido calibrador, la calibración puede realizarse cuando está completamente lleno, o cuando se encuentra descargando. El llenado del probador debe ser con una presión suficiente para asegurar que el flujo de agua en la línea quede libre de burbujas de aire.

La válvula de entrada de agua debe ser entonces cerrada. La primera operación es calibrar la sección superior del cuello, la válvula de entrada de agua es abierta lentamente hasta que aparezca el nivel de agua en el extremo superior de la escala del nivel indicador entonces la válvula es cerrada. Este punto en la escala se anota temporalmente en la misma escala del instrumento y se da principio a decrementos de agua estos se marcan sobre la escala del instrumento y se va tomando el tiempo en que el probador va desalojando volumen ya establecido, cuando el nivel es cercano al punto medio de la parte superior de la escala se toma como marca de referencia y se van realizando los decrementos más lentamente a partir de esa marca de referencia, se pueden subdividir las divisiones de la escala como se deseen para completar la calibración de la parte superior del cuello. La segunda operación es calibrar el cuerpo del

probador, las mediciones se realizan haciendo de igual manera decrementos como en la primera operación para una medición y un tiempo, y hasta llegar al nivel más bajo de referencia los decrementos se realizan más lentamente, ahora ese volumen drenado es corregido por variaciones de temperatura del agua las cuales pueden ocurrir durante la calibración. Una tercera operación se puede realizar si es necesaria calibrando la parte más baja de la escala del instrumento.

El volumen obtenido debe caer dentro de un 0.20% del volumen nominal del probador y el promedio de esos dos volúmenes debe ser utilizado.

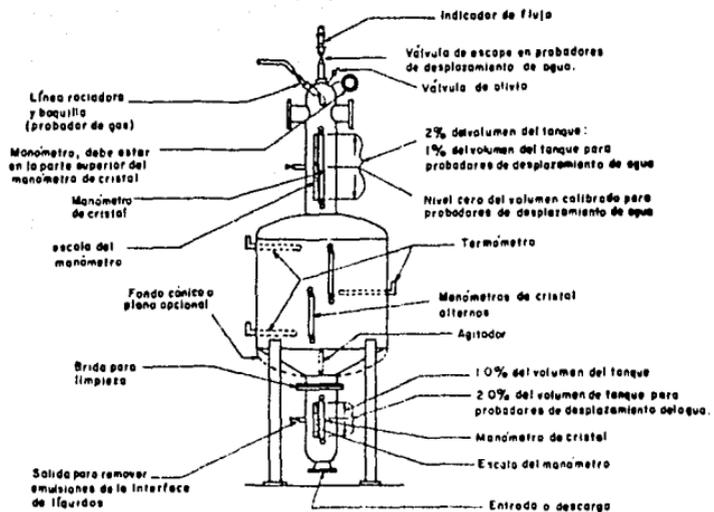


FIG. 1.4— Probador de Tanque Cerrado, Estacionario.

II.5.3.2.- CALIBRACION DE UN PROBADOR GRADUADO EN LAS SECCIONES SUPERIOR E -  
INFERIOR. UTILIZANDO VALVULA DE DRENE. (Figura II.5).

Para niveles bajos de referencia, descarga a 60°F y presión atmosférica utilizando agua como líquido de calibración, puede realizarse la prueba con, o sin contenido de agua. La primera operación es desconectar la tubería que va por debajo de la válvula de fondo y realizar el retiro del agua a través de ésta válvula hacia el recipiente de prueba esto puede realizarse por medio de una manguera, o tubo como conexión para liberar y completar el drene hacia el recipiente de prueba, una vez realizada esta operación se cierran las válvulas de fondo y de retención asegurando que no tenga fugas. La prueba se hace en forma lenta, o por una descarga rápida del líquido de prueba, éste volumen de agua es pequeño entonces se abre la válvula de fondo y se dreña a través de la manguera. La válvula de fondo se cierra nuevamente y el probador es llenado con agua hasta el nivel superior del nivel indicador, éste nivel se marca temporalmente.

La segunda operación es calibrar la parte superior del cuello mediante decrementos de agua, señalando estos sobre la escala del nivel indicador conforme se hacen los retiros hasta que el nivel del líquido permanezca visible en el nivel indicador.

La tercera operación es calibrar el cuerpo del probador, retirando agua a través de la válvula de fondo hasta que toda el agua haya sido retirada, es probable que quede un volumen parcial el cual debe ser determinado con exactitud en pulgadas cúbicas y convertirlas a pulgadas lineales en el nivel indicador del cuello superior y establecer un nivel de referencia máximo cercano al centro de la escala y realizar los decrementos a partir de este nivel en unidades de volumen, durante esta tercera operación se realizan las correcciones de temperatura en forma cuidadosa.

Este procedimiento se vuelve a repetir dos veces en forma sucesiva comenzando con el probador lleno, para establecer su nivel de referencia y realizar los decrementos que sean necesarios hasta completar el volumen ya conocido. Este volumen debe estar dentro de un 0.02 por ciento con respecto al volumen de descarga y promediar esos volúmenes para establecer esa diferencia.

La última operación es realizar las marcas permanentes en la escala.

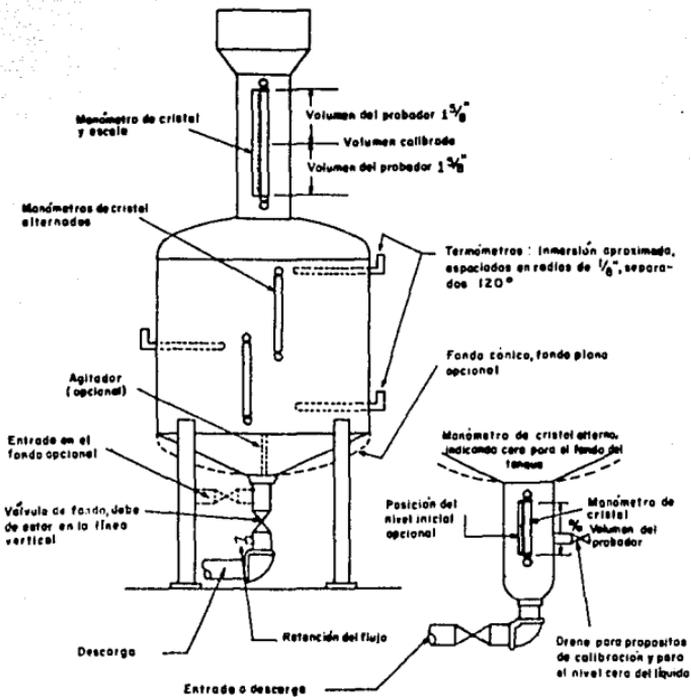


FIG. 05— Probador de Tanque Abierta, Estacionario— Drena de Cero o por un Tubo de Cristal de Fondo.

II.5.3.3.- CALIBRACION DE UN PROBADOR DE UNA SOLA PRESA PARA NIVELES BAJOS - DE REFERENCIA Y CON CUELLO SUPERIOR. (Figura II.6).

La calibración del probador de una sola presa para niveles bajos de referencia con cuello superior y descarga a 60°F y presión atmosférica. Cuando se encuentre descargado, o se tenga con contenido del líquido se puede llevar a cabo la medición de prueba.

La primera operación es establecer el nivel más bajo de referencia del probador, para el primer llenado del probador con agua es tener un nivel de agua con varias pulgadas arriba del borde indicador de la presa, después de suministrar el agua la válvula se cierra y el agua se drena a través de la válvula de drene de la presa hasta que el flujo cese. Se señalan temporalmente marcas de un nivel de referencia, se vuelve a agregar agua al probador repitiendo el procedimiento hasta que el nivel de referencia sea definitivamente establecido.

Es necesario realizar tres verificaciones y colocar las marcas permanentes sobre la escala del nivel indicador para los niveles bajos de referencia. La segunda operación es calibrar la parte superior del cuello del probador, cerrar la válvula de drene de la presa y llenar el probador hasta un punto cercano a la parte más alta de la escala del nivel indicador, los retiros de agua se hacen por medio de una manguera con adecuadas conexiones y ésta deberá permanecer en su interior libre de aire y se establecerá una marca sobre la parte superior de la escala opuesta al nivel del líquido y se observa por varios minutos para asegurar que el sistema permanezca libre de fugas.

Se registra la temperatura inicial del agua en el probador y en forma consecuente para cada retiro de agua, asimismo se señalan a lo largo de la escala todos los decrementos de presión localizando el punto más alto

y más bajo de referencia para posteriormente corregir el volumen por temperatura y computar todos los decrementos de agua que se tengan en la escala.

La tercera operación es establecer el volumen en el probador, los retiros de agua continúan, si es necesario se utiliza una bomba, previniendo que ésta se encuentre purgada de aire y no tenga fugas, tanto la temperatura como el volumen es registrada, para cada decremento, cuando se ha drenado todo el flujo el nivel más bajo que se tenga en el nivel indicador es examinado. Este nivel debe coincidir con las marcas ya establecidas en la primera operación donde se fija previamente el nivel más bajo de referencia. El volumen de agua total retirado es corregido por temperatura y se tomará como volumen calibrado a 60°F y presión atmosférica.

Una consideración importante es que los elementos auxiliares como la manguera y bomba deben ser los mismos en todo el período de calibración. El nivel más alto de referencia que se establece temporalmente es cercano al centro de la escala del nivel indicador y a partir de este punto llevar a cabo los decrementos, hasta que el flujo cese y coincida éste nivel con el nivel más bajo de referencia; la calibración se lleva a cabo dos veces hasta que el volumen se encuentre dentro de un 0.02% del volumen nominal y el promedio de esos dos volúmenes debe ser el utilizado.

Colocando el nivel indicador y la escala en la parte superior del cuello del probador.

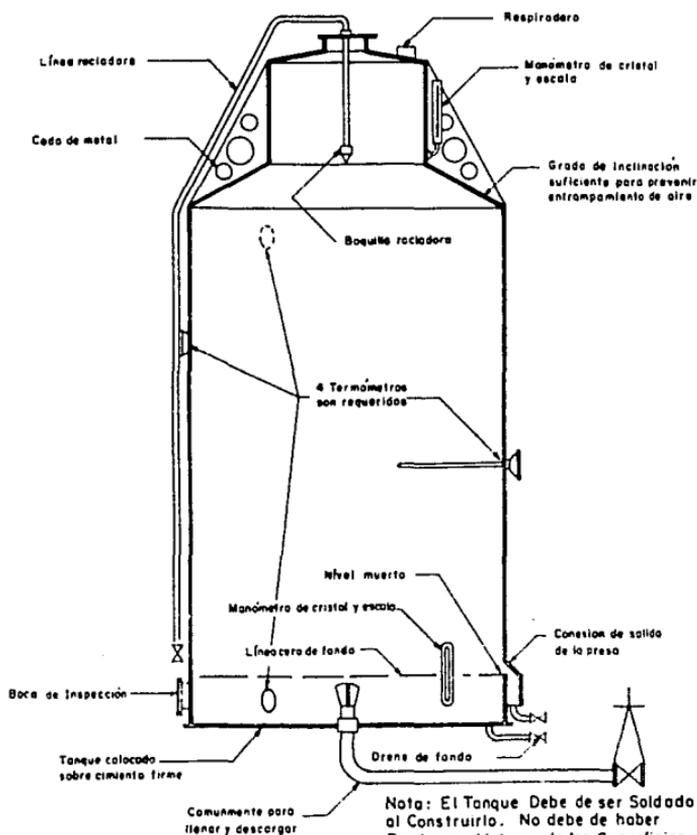


FIG. 1.5- Probador de Tanque Abierto, de una sola Presa.

II.5.3.4.- CALIBRACION DE UN PROBADOR DE DOBLE PRESA CON CAMARA AUXILIAR PARA LA DETERMINACION DEL VOLUMEN. (Figura II.7).

A continuación se describe el método de calibración de un probador utilizando agua como fluido de calibración con una presa y una cámara auxiliar para determinar el volumen total drenado a 60°F y presión atmosférica, estableciendo los niveles máximos y mínimos de referencia. Ambas mediciones se pueden realizar cuando se esté descargando, o cuando se tenga con contenido de líquido de prueba.

La primera operación es establecer el nivel más bajo de referencia del probador con la válvula A.

La segunda operación es establecer el nivel más alto de referencia para el cuerpo del probador de la siguiente manera:

Cerrar la válvula A y llenar el probador hasta la parte superior de la presa donde se tiene la cámara de lecturas, cuando el flujo de llenado cesa, o se detiene, se establece un nivel de referencia temporal sobre la escala del nivel indicador y es el nivel superior. Drenar aproximadamente 3 pulgadas de agua del probador y volver a llenar ésta hasta la parte superior de la presa por segunda vez, asegurando que el nivel en la cámara de lecturas esté por debajo de la conexión de descarga. Repetir la operación mínimo tres ocasiones hasta que se establezca definitivamente el nivel más alto de referencia.

La tercera operación es establecer el volumen entre el probador y la presa, o niveles de referencia de la siguiente manera:

Con la válvula A cerrada, drenar desde la cámara de lecturas a través de la válvula C, realizar una conexión por medio de una manguera dirigida al probador con una válvula adecuada y por abajo del nivel más bajo de referencia, llenar la manguera con agua para asegurar que el aire ha sido

purgado. Una bomba puede ser utilizada, previniendo que ésta se purgue y no tenga fugas.

Llenar el probador hasta la parte superior de la presa y desconectar el suministro de agua, checar todas las conexiones por fugas y asegurar que el nivel superior del líquido en el nivel indicador corresponda con las marcas de referencias permanentes.

Se inicia el retiro con un flujo adecuado de prueba hasta que el nivel del líquido esté ligeramente arriba del nivel más bajo de referencia ya establecido, cerrar la válvula en el probador a través de la cual ha sido drenada el agua y descarga a través de la válvula B el volumen residual mediante decrementos.

Si el nivel del líquido coincide con la marca de referencia permanente opuesta al nivel indicador, entonces el volumen total retirado y corregido por efectos de temperatura, será el volumen interno del probador entre el punto más alto y más bajo de las presas que los contienen y el que se tiene entre la presa y las conexiones a la válvula B.

La calibración se repite dos veces en forma sucesiva hasta que las lecturas caigan dentro de un 0.02% del volumen nominal del probador, el promedio de esos dos volúmenes es el utilizado.

La cuarta operación es calibrar la cámara auxiliar de lecturas:

Cerrar la válvula A y llenar las cámaras de lecturas con agua hasta donde el nivel marque y esté cercano a la parte superior de la escala del nivel indicador, desconectar el suministro de agua; conectar la manguera de drene a la válvula C y llenar la manguera con agua para asegurar que esté libre de aire y no tenga fugas. Hacer una marca temporal de referencia sobre la cubierta de escala y observar por varios minutos que el nivel permanezca igual, entonces se asegura que el sistema está libre de fugas. Registrar la temperatura inicial del agua en la cámara de lecturas para

cada retiro a medida que se realiza la prueba; asimismo, señalar los decrementos sobre la cubierta de la escala. Continuar con los retiros hasta que el nivel del líquido llegue, o sea cercano al nivel más bajo de referencia que se estableció en la primera operación.

Medir toda la longitud de la cámara de lecturas entre el punto superior de referencia y el nivel del líquido antes del último retiro. Utilizando la lectura corregida por temperatura, computar todos los decrementos a lo largo de toda la longitud de la cámara de lecturas entre el punto superior de referencia y el nivel del líquido antes del último retiro. Utilizando la lectura corregida por temperatura computar todos los decrementos a lo largo de toda la longitud de la escala y asignarle unidades de volumen.

Se repite la cuarta operación dos veces sucesivas hasta que el volumen de las lecturas caigan dentro de un 0.02% del volumen de la cámara de medición.

El promedio de esas dos lecturas es el que debe utilizarse para señalar y subdividir la escala del nivel indicador, además de determinar el volumen que se tiene entre el nivel más bajo y las conexiones a la válvula B, la prueba representa un acierto cuando los niveles de referencia fijos coinciden con los que se obtienen en cada retiro.

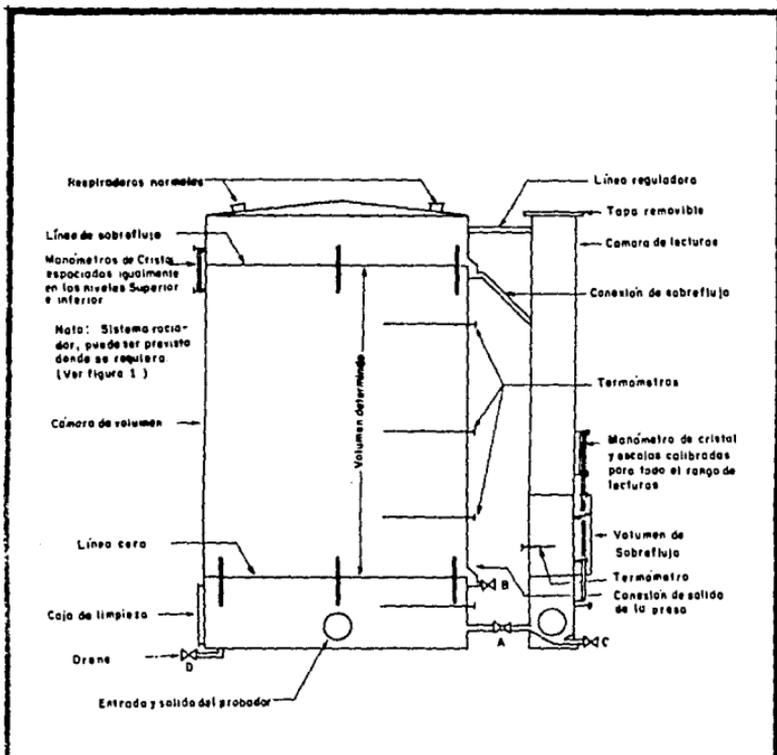


FIG. 27— Probador de Tanque de Doble Presa.  
 Volumen Medido = Volumen Determinado  
 + Volumen de Sobreflujo.

II.5.3.5.- CALIBRACION DE UN PROBADOR PORTATIL CON CUELLO SUPERIOR Y FONDO -  
CERRADO. (Figura II.8).

Estos permiten calibrar probadores utilizando una medida de cinco galones o bien un galón, o ambas con un adecuado nivel indicador es conveniente drenar el probador después de cada llenado, la calibración puede llevarse a cabo cuando se encuentre con contenido o vacío. En ambos casos, la operación puede ser mediante el retiro de volúmenes de agua de la descarga hacia el probador.

La primera operación es drenar completamente el interior del probador si éste a sido calibrado con contenido. Si éste se encuentra drenando, la primera operación es llenar el probador con agua y vaciarlo en decrementos de ésta, certificando la operación con un reporte por la Agencia Nacional de Normas.

La segunda operación es colocar en una posición el nivel del probador, checándolo con la escala del nivel indicador.

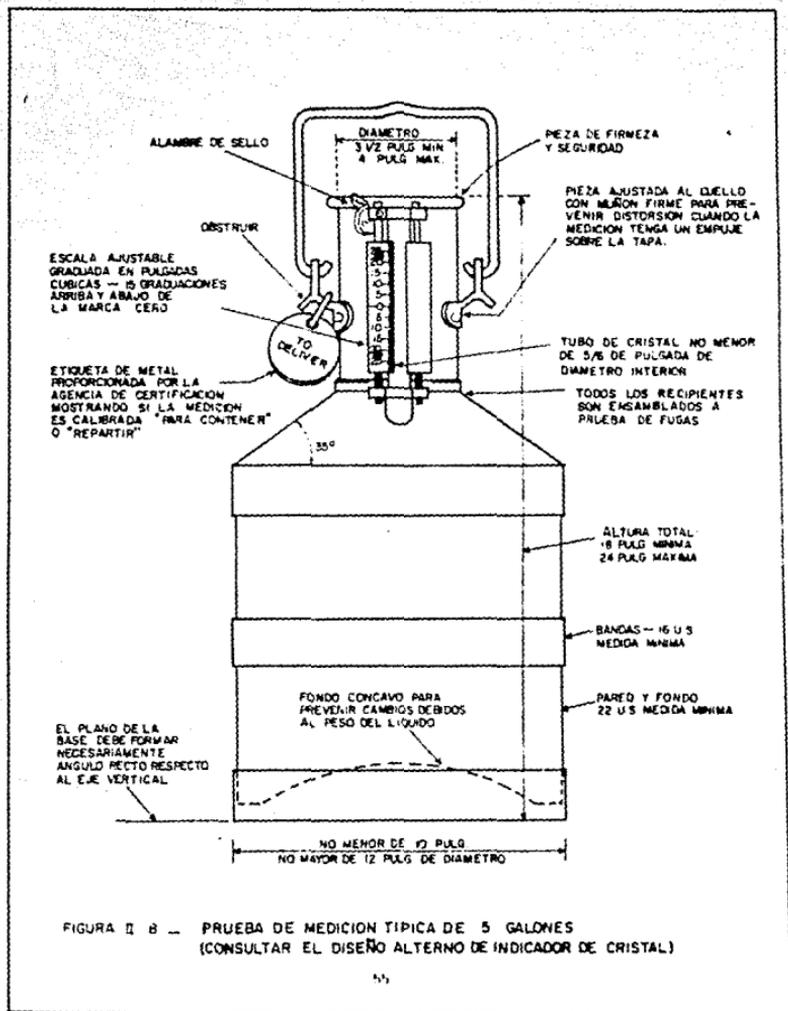
La tercera operación es determinar el volumen del probador, el agua es introducida en el probador, certificando el volumen y el tiempo.

Un registro de la temperatura del agua para cada medición se lleva a cabo; el probador es llenado con un volumen de un galón aproximadamente hasta el centro del cuello superior y marcando este nivel en la escala como un nivel de referencia temporal, determinando también la temperatura en el probador y si es necesario se efectúan las correcciones por temperatura. La calibración se realiza dos veces consecutivas hasta que el volumen se encuentre dentro de un 0.02% del volumen del probador, el promedio de esos dos volúmenes es el que debe ser utilizado.

La cuarta operación es la calibración del cuello superior, estableciendo un nivel superior e inferior, ya sea por adición, o extracción de agua

y midiendo la altura del agua en el nivel indicador.

En resumen, se inicia con el llenado del probador y se establece un nivel de referencia y en forma subsecuente se encuentran en forma permanente sobre la escala del nivel indicador.



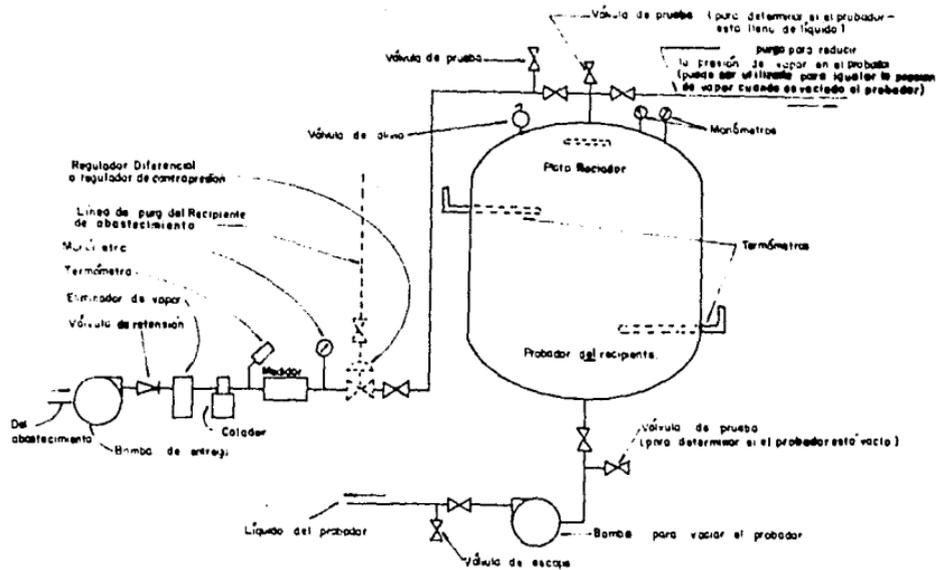
#### II.5.3.6.- CALIBRACION DE UN PROBADOR CERRADO PARA VAPOR CONDENSADO.

Esta calibración se realiza a 60°F y presión atmosférica, la prueba se realiza con contenido de agua; o bien drenando, se debe verificar que los instrumentos y otros equipos de presión (válvulas, manómetros, bomba, etc), no contengan aire en su interior, por lo cual todas las válvulas deben ser cerradas previamente a la calibración.

La calibración del probador se inicia drenando el agua hacia el probador para un período del tiempo, el volumen y la temperatura del agua son registradas, además de observarse el ascenso del nivel de agua cuando se va llenando el probador y el descenso cuando se drena. Es necesario purgar en cada prueba todo el equipo para evitar la acumulación de aire o vapor.

La operación continúa llenando totalmente el probador con el líquido de prueba, determinando éste volumen y restándolo del volumen total, y realizando las correcciones por temperatura y sumando el volumen que se encuentra en el interior de las conexiones.

La calibración se repite dos veces sucesivas hasta que las lecturas se encuentren dentro de un 0.02% del volumen del probador, el promedio de esos dos volúmenes es el utilizado. (Figura II.9).



Nota: El Medidor debe ser operado arriba de la presión de vapor del líquido que está siendo medido. Un regulador diferencial o regulador de contrapresión se usa cuando la Tubería viene del recipiente de abastecimiento.

FIG 119— Diagrama Esquemático de operación de un sistema de prueba de vapor condensado.

un rango dentro del cual fue previamente probado. Observar que la temperatura de los medidores y el líquido sean la misma y que todo el aire, o vapor haya sido eliminado, entonces empujar el pistón hacia el interior de la sección del probador, los movimientos del pistón a través de la sección del probador actúan los mecanismos de los puntos de referencia y desplazan el volumen entre ellos. El pistón para en el barril del receptor registrando la lectura de apertura y cierre del medidor, temperaturas en tiempos requeridos para que el pistón viaje entre los puntos de referencia. Determinando el gasto de flujo para cada medidor durante la calibración de la sección de prueba del medidor y realizando las curvas de exactitud contra el gasto de flujo, si es necesario efectuar las correcciones por compresibilidad cuando el medidor opera a presiones diferentes a las de la prueba y el uso de factores para determinar el volumen total de los medidores.

Repetir la calibración dos veces sucesivas hasta que las lecturas se encuentren en un 0.02% del volumen de la sección de prueba, el promedio entre estos dos volúmenes deben ser el utilizado considerandolo como el volumen de la sección del probador.

### II.5.3.7.- CALIBRACION DE UN PROBADOR DE PISTON UNIDIRECCIONAL. (Figura II.10).

La descarga del probador es a 60°F y presión atmosférica, utilizando un medidor maestro sin compensador de temperatura, el probador es calibrado para determinar el volumen de líquido desplazado por el movimiento del pistón desde un punto hasta otro punto de referencia, el desplazamiento del pistón es en forma continua dentro de la cámara de expansión, corriente arriba, o corriente abajo en la operación del medidor o medidores. El volumen entre los puntos de referencia es el volumen del probador.

La calibración del medidor maestro tiene una capacidad de gasto igual al gasto de flujo en la sección del probador al ser calibrado y en cada calibración se tiene un registro totalizador y un registro auxiliar de arranque y paro.

La primera operación es probar individualmente el medidor, o medidores y calibrándolos con el medidor maestro y con el líquido de prueba para trazar posteriormente las curvas de exactitud del medidor contra el gasto de flujo, observar las temperaturas y presiones del líquido durante la operación.

La segunda operación es conectar los medidores en paralelo y hacer la medición de cada medidor por medio de la unidad del medidor maestro.

La calibración del medidor maestro consiste en conectar en serie con la sección del probador, además que todo el líquido que pasa por el medidor debe pasar a través de la sección del probador, los mecanismos de operación de los registros son conectados e impulsados por el pistón cuando éste pase por los puntos de referencia.

La tercera operación es calibrar el medidor maestro directamente en la línea de flujo y en la sección del probador, o viceversa como sigue: Asegurar que los gastos de flujo en forma individual caigan dentro de



Reporte de prueba del medidor - Número del planillo unidireccional

Estación e punto de entrega \_\_\_\_\_ Reporte N°. \_\_\_\_\_  
 Medidor N°. \_\_\_\_\_ Serie N°. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Marca del medidor \_\_\_\_\_ Tasaño \_\_\_\_\_ Grupo N°. \_\_\_\_\_  
 Lectura inicial del totalizador \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_  
 Fecha de la última reparación del medidor \_\_\_\_\_ Octavo \_\_\_\_\_ Gravedad \*API \_\_\_\_\_

Descripción de cantidades Datos del registro del medidor	Recorrido N°. 1		Recorrido N°. 2	
	Medidor	Medidor	Medidor	Medidor
Datos del registro del medidor				
1.- Lectura final del medidor				
2.- Lectura inicial del medidor				
3.- Registro del medidor, en barriles: 1-2				
4.- Registro total de su recorrido, barriles				
5.- Temperatura de la corriente en el medidor, °F.				
6.- Temperatura del medidor.				
7.- Registro corregido del medidor, 4 x 4				
8.- Cotas de la presión del medidor, a la entrada y a la salida.		PROMEDIO		PROMEDIO
Datos del volumen en la sección del probador.				
9.- Presiones en los recorridos 1 y 2.				
10.- Presión promedio en el probador, calcular 9 ÷ 2.				
11.- Temperatura de los recorridos 1 y 2.				
12.- Temperatura promedio del probador, calcular 11 ÷ 2				
13.- Volumen base del probador, barriles.				

14.- Factor por presión del probador.		
15.- Factor por temperatura del probador.		
16.- Factor por presión de líquido.		
17.- Factor por temperatura del líquido ( tabla 6 )		
18.- Volumen neto del probador: qalon 17 a 14 a 15 a 16 a 17		
Ejecución de Cálculo		
19.- Hora de lanzamiento del pistón.		
20.- Tiempo empleado para un recorrido minutos y segundos.		
21.- Tiempo empleado en el recorrido, $h = \frac{(60min) + seg.}{3,600}$		
22.- Gasto de flujo durante el recorrido, $bl/hr: 4 \times 24 \div 21.$		
23.- Factor del medidor ( con compensador 1, 18 $\div$ 4		
24.- Factor del medidor ( sin compensador 1, 18 $\div$ 7		
25.- Corrección por el factor 1.0000: ( 1.0000 ) - 24		

Desarrollado por \_\_\_\_\_ Factor aplicado \_\_\_\_\_ DPH  
 Testigo \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ Lb/pq causa de la presión en el medidor.  
 Para \_\_\_\_\_ Revisado por \_\_\_\_\_ para \_\_\_\_\_

#### II.5.3.8.- CALIBRACION DE UN PROBADOR DE PISTON BIDIRECCIONAL. (Figura II.11).

El método se realiza a 60°F y presión atmosférica, esencialmente, consiste en establecer la longitud de carrera del pistón, además de establecer el volumen de líquido que se drena hacia el recipiente de prueba.

La primera operación es cerrar la válvula de expansión de la cámara y conectar la entrada del probador a una fuente de abastecimiento de líquido sometido a presión. El cilindro, mangueras, líneas y válvulas son llenadas con el líquido de prueba, así de éste modo el aire es completamente purgado de todas las partes del probador al iniciar el bombeo y causando al mismo tiempo el movimiento del pistón, durante ésta operación el líquido de prueba puede descargar a un recipiente y el aire, o vapor es arrastrado corriente abajo para cada longitud de carrera, entonces las válvulas de alivio colocadas en los extremos del cilindro deben ser cerradas.

La segunda operación es mover el pistón en ambos extremos del cilindro hasta que éste pare y reciba al líquido de prueba, el volumen de líquido se encuentra en un recipiente de volumen conocido de preferencia que tenga una capacidad igual al diseño del volumen desplazado por el probador. La tercera operación es registrar la presión en el probador con el sistema completamente lleno de líquido de prueba que se encuentra sometido a la presión de la bomba. Con la posición inicial del pistón en un extremo del cilindro, y con la válvula de dos posiciones de control se permite que el líquido de prueba fluya hacia el recipiente de prueba y se registre, éste volumen es corregido por temperatura.

La cuarta operación es ajustar la longitud de carrera del pistón para hacer que el volumen desplazado en una carrera, sea exactamente igual o más o menos al volumen nominal. Este ajuste se realiza después de cada descarga hacia el recipiente hasta que la medición indique que el volumen

desplazado ha sido establecido, el número de carrera puede depender de la exactitud con la cual se ajuste la longitud de carrera después de cada desplazamiento.

La calibración se repite dos veces sucesivas hasta asegurar que los desplazamientos respectivos caen dentro de un 0.02% del volumen del probador, el tope del pistón debe ser localizado en un lugar adecuado y sellado.

Después de que el probador ha sido calibrado éste debe drenar completamente el líquido de calibración particularmente si el agua fue empleada en otra prueba.

El llenado de líquido puede realizarse en las pruebas subsecuentes y en el instante en que el probador se encuentre parado, la cámara de expansión debe abrir en ambos extremos del cilindro para permitir la expansión térmica del líquido.

La prueba se inicia al mover el pistón a su posición inicial en cualquier extremo del cilindro, anotando la lectura inicial del medidor y cambiando la posición de la válvula de cuatro pasos, en la cual fluya el líquido dentro del probador. Cuando el volumen del líquido precalibrado haya sido desplazado por el pistón empleando un número de carreras suficientes, el émbolo se detendrá automáticamente y la lectura final, así como las temperaturas y presiones son registradas durante la prueba.

A continuación se anexa el diagrama esquemático de operación de un probador de desplazamiento de pistón bidireccional Figura 11.11.

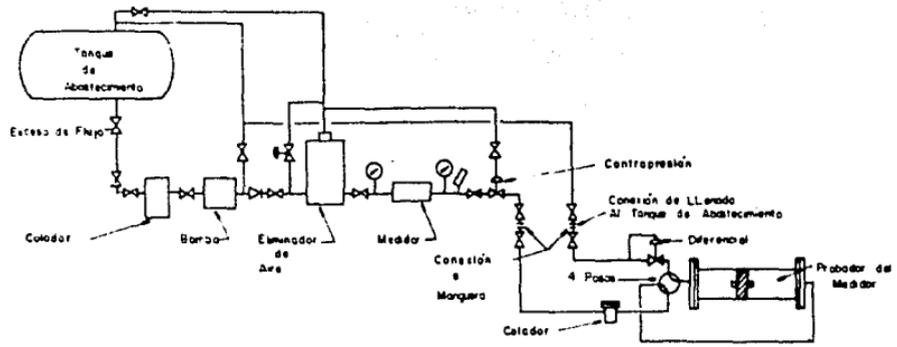


FIG.1117- Diagrama Esquemático de Operación de un Probador de Desplazamiento de Pistón Bidireccional.

**REPORTE DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR-METODO DE PISTON BIDIRECCIONAL**

Fecha \_\_\_\_\_ Localización \_\_\_\_\_ Propietario del motor \_\_\_\_\_  
 Caudal M<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ Medidor M<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ Suma \_\_\_\_\_ Marca \_\_\_\_\_  
 Producto usado para la prueba \_\_\_\_\_ Especificaciones del producto \_\_\_\_\_  
 Lectura final del totalizador \_\_\_\_\_ Lectura inicial del totalizador \_\_\_\_\_ Cálculos \_\_\_\_\_

Descripción de mediciones	Recorrido	Recorrido	Recorrido	Recorrido	Recorrido
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
<b>DATOS DEL MOTOR REGISTRADO.</b>					
1.- Lectura final del motor.					
2.- Lectura inicial del motor.					
3.- Registro del motor.					
4.- Temperatura promedio en el motor.					
5.- Factor por temperatura del motor.					
6.- Registro corregido en el motor, 3 a 5.					
<b>ERRORES DEL VOLUMEN DE PISTON.</b>					
7.- Cantidad desplazada.					
8.- Temperatura a la entrada.					
9.- Temperatura a la salida.					
10.- Temperatura promedio del líquido desplazado.					
11.- Factor del líquido desplazado (temperatura).					
12.- Presión promedio del líquido desplazado.					
13.- Presión promedio al inicio.					
14.- Diferencia de presión/líquido desplazado en lazo de presión.					
15.- Factor del líquido desplazado (presión).					

16.- Factor para el protector de volumen - (comparativa).						
17.- Factor para el protector de volumen - (genérica).						
18.- Volumen de prueba comparada 7 a 11 a 15 a 16 a 17						
SECCIONES DE CÁLCULO						
19.- Tiempo empleado por recorrido (ruta y altura).						
20.- Tiempo empleado por recorrido (ruta).						
21.- Costo de Clajo promedio, 18 y 20.						
22.- Exactitud del medidor, 6 y 18.						
23.- Registro ajustado anterior al recorrido.						

Desarrollado por: \_\_\_\_\_ Operador de prueba: \_\_\_\_\_

Técnico: \_\_\_\_\_ Proprietario: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Exactitud del medidor registrado \_\_\_\_\_ y del costo de Clajo de \_\_\_\_\_ galónes \_\_\_\_\_ litro<sup>3</sup>

#### II.5.3.9.- CALIBRACION DE UN PROBADOR UTILIZANDO UN MEDIDOR MAESTRO.

Este tipo de calibración se realiza en algunos probadores, particularmente en probadores de gran capacidad.

La primera operación es llevar a cabo la prueba sin compensador de temperatura y obtener el factor del medidor para el flujo de gasto deseado, presión y temperatura del medidor maestro, utilizando un probador ya calibrado, el líquido de prueba puede ser agua o algún petróleo líquido estable.

El probador es calibrado por el método apropiado, excepto aquellos volúmenes que son determinados por el medidor maestro y con mayor exactitud que con una medida de prueba. Si el probador se está calibrando se equipa con un cuello o cuellos, esto es una práctica frecuente para calibrar el cuello o cuellos por una medida de prueba y el cuerpo del probador utilizando el medidor maestro.

Suficientes lecturas de temperatura deben ser tomadas para obtener la temperatura promedio y corregir el volumen si es necesario por las diferencias de temperatura, que existen entre el líquido medido y el líquido en el probador ya lleno.

La segunda operación es conectar al medidor además que el agua debe ser removida del probador a través del medidor, en algunas ocasiones esto requiere el uso de una bomba para llevar a cabo este retiro.

El probador es llenado con agua cercano a la parte más alta del cuello superior, el medidor se opera durante la operación de llenado para asegurar que el medidor y tubería se encuentren llenos de líquido.

La tercera operación es calibrar el cuello superior por retiros de agua a través del medidor y hacia una adecuada medida de prueba.

La cuarta operación es calibrar el cuerpo del probador por retiros de

agua del probador a través del medidor. Las lecturas del medidor y la temperatura del agua son registradas y retirando el agua hasta que el nivel de agua aparezca en la parte superior del instrumento de medición inferior, durante los retiros el medidor debe operar a un gasto el cual ya fue probado. El factor del medidor se aplica al volumen observado y si es necesario hacer correcciones por temperatura.

La quinta operación es calibrar el cuello inferior mediante retiros de agua a través del medidor y hacia una adecuada medida de prueba.

La calibración se repite dos veces sucesivas hasta que el volumen determinado se encuentre en un 0.02% del volumen del probador. El promedio de esos 2 volúmenes debe ser el que se utilice.

Reporte del Medidor de Prueba No. \_\_\_\_\_

Número del Medidor Asiento

Fecha \_\_\_\_\_ 19\_\_\_\_ Localización \_\_\_\_\_ Medidor N° \_\_\_\_\_

Marca y tamaño del medidor \_\_\_\_\_ Compensado por temperatura 3 \_\_\_\_\_

Producto \_\_\_\_\_ Grupo S.M. \_\_\_\_\_

Medidor Asiento No. \_\_\_\_\_ Contratos y demoras \_\_\_\_\_ Compensado por temperatura? \_\_\_\_\_

Fecha de la última prueba \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_

Costo de flujo \_\_\_\_\_ Factor del medidor \_\_\_\_\_

Datos del Medidor Asiento	Recorrido N° 1	Recorrido N° 2	Recorrido N° 3	Recorrido N° 4
1.- Tiempo del recorrido, minutos.				
2.- Costo, barriles/mora.				
3.- Caudal "API 50"7				
4.- Lectura de cierre del medidor.				
5.- Lectura de apertura del medidor.				
6.- Volumen total medido.				
7.- Factor de corrección por temperatura.				
8.- Factor de corrección por presión.				
9.- Prueba del factor del medidor.				
10.- Volumen neto medido.				
Datos de la Línea del medidor.				

11.- Lectura de cierre del medidor.				
12.- Lectura de apertura del medidor.				
13.- Volumen total medido				
14.- Factor de contracción por temperatura.				
15.- Volumen neto medido				
16.- Factor del medidor, 10 ÷ 15				

Lectura del totalizador	
Barriles medidos desde el último recorrido	

Factor promedio del medidor	
Factor del medidor usado.	

Observaciones:

Desarrollado por \_\_\_\_\_ Revisado por \_\_\_\_\_

Para \_\_\_\_\_ Para \_\_\_\_\_

Hoja N°. \_\_\_\_\_

#### 11.5.4.- DETERMINACION DEL VOLUMEN DE UN PROBADOR SOMETIDO A PRESION.

Si un probador volumétrico es sometido a una presión significativa mayor a la presión atmosférica, entonces se debe determinar un factor de corrección para corregir el resultado, el cual ha sido incrementado.

Ese factor de corrección se define como Cps y puede ser la unidad o mayor que la unidad, el cual se determina experimentalmente para cada probador, es decir el factor es determinado para esa presión, por lo tanto se tendrán varios factores de corrección para todo el rango de presiones de operación y se obtiene una tabla con los valores de los factores de corrección. La primera operación es llenar el probador con agua hasta una marca cercana a la parte más alta de la escala del nivel indicador y registrar ese volumen indicado en la escala, se procura mantener la temperatura del agua constante teniendo en cuenta que se puede introducir aire al interior del tanque.

La segunda operación es reducir mediante decrementos de presión adecuados hasta la presión atmosférica y observar el incremento del volumen de agua para cada presión registrada.

En una gráfica se anotan las presiones contra el cambio de volumen para cada factor de corrección; la ecuación para encontrar el factor Cps es la que a continuación se presenta:

$$\text{Cps} = 1 + \frac{\left[ \begin{array}{l} \text{incremento de volumen en,} \\ \text{el tanque, causado por el} \\ \text{incremento de presión.} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{decremento del volumen de} \\ \text{líquido, causado por el} \\ \text{incremento de presión.} \end{array} \right]}{\text{volumen original del tanque}}$$

$$\text{Cps} = 1 + \frac{(V_a + Q) - (V_p + Q) - (V_a + Q) (P_p - P_a) (F)}{(V_a + Q)}$$

$$Cps = 2 - (Pp - Pa) (F) - \frac{(Vp + Q)}{(Va + Q)}$$

donde:

Cps = Factor de corrección por presión en el tanque probador.

Pa = Presión de inicio (atmosférica) en el tanque probador, libras/pulgada abs.

Pp = Presión de operación (prueba) en el tanque probador, libras/pulgada abs.

Va = Volumen observado en el tanque probador a presión, (Pa).

Vp = Volumen observado en el tanque probador a presión, (Pp).

Q = Volumen de líquido calculado, o medido entre la marca de referencia del fondo del tanque y las válvulas de paro.

F = Factor de compresibilidad para el líquido en el tanque (0.000032 por  $1b-pg^2$  para incrementos por arriba de la presión atmosférica, para el agua  $1b-pg^2$  a  $1000b-pg^2$ ).

Para un probador de vapor condensado, la fórmula para encontrar el factor

Cps para cualquier presión Pp, es la siguiente:

$$Cps = 1 + \frac{\Delta V}{Va}$$

donde:

Cps = Factor de corrección por presión del tanque probador.

Va = Volumen observado en el tanque probador a presión, (Pa).

$\Delta V$  = Cambio de volumen debido a la presión.

$\Delta V = Vw - (Va + Vw) (Pp - Pa) (F)$ .

donde:

Vw = Volumen retirado del probador en decrementos de presión de Pp a Pa.

Pa = Presión inicial (atmosférica) en el tanque,  $1b/pg^2$  abs.

Pp = Presión de operación en la prueba en el tanque,  $1b/pg^2$  abs.

**Ejemplo:**

Un tanque de acero con capacidad de 1250 galones. Llenando con agua hasta la marca de 1250 galones a presión atmosférica (27 pg. de mercurio barométricas igual a 13.26 lb/pg<sup>2</sup> abs).

Y se encuentra a 150 lb/pg<sup>2</sup> de presión, encuentre Cps a esa presión. El volumen observado en la parte superior de la escala es 1248.50 galones y la cantidad de agua entre la marca cero del fondo de la escala y las válvulas de paro es de 40 galones.

$$\begin{aligned} \text{Cps} &= 2 - (163.26 - 13.26) (0.0000032) - \frac{1248.50 + 40}{1250 + 40} \\ &= 1.00068 \text{ a } 150 \text{ lb/pg}^2 \end{aligned}$$

**Determinación del volumen de agua y corrección por cambios de temperatura.**

Siempre que la temperatura del líquido tenga variaciones durante la prueba son correctas, la toma de temperatura son cercanas al centro del tanque, éstas son tomadas en cada decremento de agua y son registradas cuidadosamente para posteriormente hacer la corrección del volumen por cambios de temperatura durante la calibración de un probador a manera de guía se pueden seguir los siguientes incisos:

- a).- Registrar la temperatura de inicio en el probador, si hay más de una temperatura registrada se determina el promedio de temperaturas y se registra a ésta como la presión de inicio en el probador.
- b).- Registrar el volumen del líquido de prueba en galones para cada retiro del líquido de prueba.
- c).- Registrar la temperatura del agua en cada retiro de la prueba.

d).- Registrar la diferencia entre la temperatura del agua en cada retiro y la temperatura de inicio en el probador, ésta puede ser mayor, o menor que la temperatura de inicio.

e).- Al terminar la calibración el volumen retirado es totalizado y se ve la diferencia de volumen inicial debido al efecto de temperatura.

f).- De la tabla I se determina el factor de corrección por temperatura para cada retiro de la prueba y multiplicar ese factor por el volumen de prueba, la suma de esos volúmenes corregidos es el volumen del probador, esta corrección utilizando la tabla hace automáticamente que se encuentre a 60°F.

Esta operación se realiza porque, por lo general el probador y el medidor no están hechos del mismo material, este volumen debe ser certificado por medio de un registro de la National Bureau Standards.

#### II.5.5.- PROCEDIMIENTO DE PRUEBA EN MEDIDORES.

##### OBJETIVO.

Esta sección abarca los procedimientos utilizados en la prueba de líquidos por medidores de desplazamiento positivo los dos tipos básicos de probadores son los volumétricos y gravimétricos, estos dos métodos generales en sus operaciones son diferentes y sus aplicaciones pueden ser:

- Con el método volumétrico se pueden utilizar cualquiera de los siguientes tipos de probadores:

A).- Probadores abiertos a la presión atmosférica.

B).- Probadores cerrados, en su interior existe una presión mayor a la atmosférica y ésta puede ser mantenida durante las operaciones de prueba.

Los probadores cerrados pueden ser clasificados como sigue:

1.- Probadores de desplazamiento de agua.

- 2.- Probadores de desplazamiento de gas.
- 3.- Probadores de desplazamiento de vapor.
- 4.- Probadores de vapor condensado.
- 5.- Probadores de pistón (unidireccionales y bidireccionales).
- 6.- Probadores del medidor maestro.

II.5.5.1.- CORRECCIONES AL VOLUMEN DEL LIQUIDO MEDIDO EN EL PROBADOR PARA -  
DETERMINAR EL VOLUMEN REAL.

Los métodos volumétricos para probar medidores, requieren, que se apliquen ciertas correcciones al volumen de líquido medido en el probador para determinar el volumen real; éstas correcciones son las siguientes:

- A) Cambio en las dimensiones del cuerpo del tanque por cambios de presión.
- B) Cambio en las dimensiones del cuerpo del tanque por cambios de temperatura.
- C) Cambio en el volumen del líquido tratado por cambios de presión.
- D) Cambio en el volumen del líquido tratado por cambios de temperatura.

Estos factores se pueden expresar como sigue:

$$V_t \text{ a } 60 \text{ } ^\circ\text{F} = (V_e) (Cps) (Cts) (Ctl)$$

Donde:

$V_t$  = Volumen neto del tanque probador a 60 °F y presión de equilibrio.

$V_e$  = Volumen a presión de equilibrio para las temperaturas observadas.

$Cps$  = Factor de corrección por efecto de presión sobre el acero.

$Cts$  = Factor de corrección por efecto de temperatura sobre el acero.

$Ctl$  = Factor de corrección por efecto de temperatura sobre el líquido.

Los cambios en las dimensiones del cuerpo del tanque probador por cambios en la temperatura, es necesario un factor para considerar éste efecto sobre el acero. El factor de corrección ( $Cts$ ), se determina como sigue:

$$Cts = 1 + (T - 60) (\gamma^t).$$

Donde:

T = Temperatura del cuerpo del tanque, usualmente se supone que es la misma que la temperatura promedio del líquido dentro del tanque probador, en grados Fahrenheit.

$\gamma^t$  = Coeficiente de expansión cúbica por grado Fahrenheit del material con que está hecho el tanque.

Así, Cts será mayor que 1.000 cuando  $T_p$  es mayor que 60°F y menor que 1.000 cuando  $T_p$  es menor que 60°F.

El coeficiente de expansión cúbica de un tanque de acero suave es 0.0000182 por grado °F, basada en este coeficiente la siguiente tabla de valores de Cts puede ser usada para varias temperaturas de líquidos en tanques probadores de acero suave:

Temperatura (Grados Fahrenheit)	0	2	4	6	8
20	0.999272	0.999306	0.999345	0.999381	0.999418
30	0.999454	0.999490	0.999527	0.999563	0.999600
40	0.999636	0.999672	0.999709	0.999745	0.999782
50	0.999818	0.999854	0.999891	0.999927	0.999964
60	1.000000	1.000036	1.000073	1.000109	1.000146
70	1.000182	1.000218	1.000255	1.000291	1.000328
80	1.000364	1.000400	1.000437	1.000473	1.000510
90	1.000546	1.000582	1.000619	1.000655	1.000692
100	1.000728	1.000764	1.000801	1.000837	1.000874
110	1.000910	1.000946	1.000983	1.001019	1.001056
120	1.001092	1.001128	1.001165	1.001201	1.001238

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuando se usan probadores de otros materiales diferentes al acero suave, los coeficientes de expansión del material deben ser convenidos por las partes interesadas y posteriormente usados estos coeficientes.

#### II.5.5.2.- CAMBIO EN EL VOLUMEN DEL LIQUIDO TRATADO POR EFECTO DE LA PRESION.

La fórmula para el volumen del líquido a una presión más alta que la presión de equilibrio, para cualquier temperatura, es la siguiente:

$$V_h = V_e [1 - (P_h - P_e) F]$$

Donde:

$V_e$  = Volumen a la presión de equilibrio y Temperatura T.

$P_e$  = Presión de equilibrio a Temperatura T, si es superior a la presión atmosférica, en libras por pulgada cuadrada manométrica. (Si la presión de equilibrio es la presión atmosférica, o menor se usa cero de presión).

$V_h$  = Volumen a cualquier presión específica superior a la presión de equilibrio y Temperatura T. (Puede ser la presión del probador, presión del medidor, o cualquier otra presión deseada).

$P_h$  = Presión a  $V_e$  y T, en libras por pulgada cuadrada en el manómetro.

F = Factor de compresibilidad por libra por pulgada cuadrada en el manómetro para el líquido manejado a Temperatura T.

Para convertir un volumen conocido a una presión más alta A, volumen a la presión de equilibrio, la siguiente fórmula es la más conveniente.

$$V_e = \frac{V_h}{1 - (P_h - P_e) F}$$

Para convertir un volumen de una presión conocida  $P_h$  al volumen a una presión más baja P, cuando ambos volúmenes están por arriba de la presión de equilibrio, se usa la siguiente fórmula:

$$V_1 = V_h \left[ \frac{1 - (P_1 - P_e) F}{1 - (P_h - P_e) F} \right]$$

Donde:

$P_1$  = Presión a la que se desea el nuevo volumen.

$V_1$  = Volumen a una presión más baja  $P_1$ .

o resolver por  $V_h$ .

$$V_h = V_1 \left[ \frac{1 - (P_h - P_e) F}{1 - (P_1 - P_e) F} \right]$$

Los factores de compresibilidad se muestran en la gráfica A y la Tabla II.

#### II.5.5.3.- CAMBIO EN EL VOLUMEN DEL LIQUIDO TRATADO POR EFECTO DE LA TEMPERATURA.

El factor de corrección  $C_{tl}$  para el cambio en el volumen de líquido manejado con cambio de  $T$  se determina de las tablas de medición de petróleo ASTM-AI ( Designación ASTM: D 1250, designación IP, 200). Estos factores de corrección de volumen para líquido que tienen una presión de vapor.

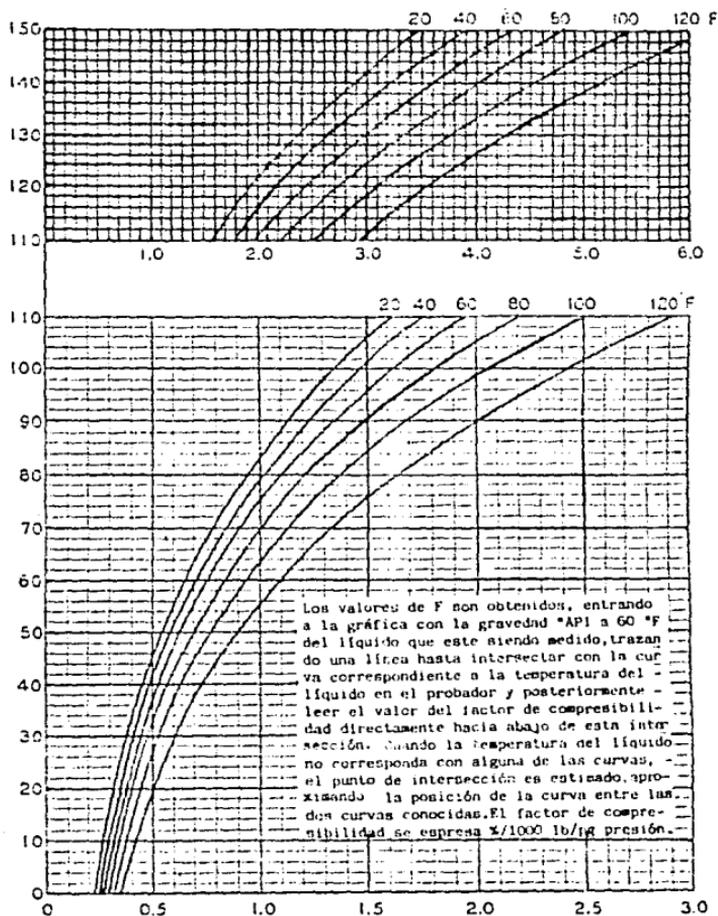


Fig. A -- Compresibilidad media de hidrocarburos líquidos de 0 - 1000 lb/pg.  
 Nota: Este factor debe ser dividido entre 100 000 para poder utilizarse por medio de fórmula.











Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura.  
(\* F)

Gravedad Especifica 60F/60F

75	016	057	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082
76	016	057	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082
77	017	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084
78	017	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084
79	017	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084
80	017	058	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084
81	018	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086
82	018	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086
83	018	059	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086
84	019	060	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086
85	019	060	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086
86	019	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088
87	060	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088
88	060	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088
89	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090
90	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090
91	061	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090
92	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090	092
93	062	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090	092
94	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090	092	094
95	063	064	065	067	068	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	086	088	090	092	094
96	063	065	066	067	069	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
97	064	065	066	067	069	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
98	064	065	066	067	069	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
99	065	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
100	065	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
101	065	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095
102	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095	097
103	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095	097
104	066	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095	097
105	067	068	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	093	095	097	099
106	068	069	070	072	073	074	076	077	079	080	082	083	085	086	088	089	091	093	095	097	099
107	068	069	070	072	073	074	076	077	079	080	082	083	085	086	088	089	091	093	095	097	099
108	069	070	071	073	074	075	077	079	080	082	083	085	086	088	089	091	093	095	097	099	101
109	069	071	072	073	075	076	078	079	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101
110	070	071	072	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101
111	070	072	073	074	076	077	079	080	082	083	085	086	088	090	092	093	095	096	098	100	102
112	071	072	074	075	076	078	079	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103
113	071	073	074	075	077	078	080	082	083	085	086	088	090	092	093	095	096	098	100	102	104
114	072	073	075	076	078	079	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105
115	073	074	075	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105
116	073	074	075	077	079	080	082	083	085	087	088	090	092	093	095	096	098	100	102	104	106
117	074	075	076	078	079	081	083	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107
118	074	075	077	079	080	082	083	085	086	088	090	092	093	095	096	098	100	102	104	106	108
119	075	075	076	078	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109
120	076	077	079	080	083	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109	111
121	076	078	079	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109	111
122	077	078	080	081	083	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109	111
123	077	079	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109	111	113
124	077	079	081	083	085	086	088	090	092	093	095	096	098	100	102	104	106	108	110	112	114
125	079	081	082	084	086	087	089	091	092	094	095	097	099	101	102	104	106	108	110	112	114
126	079	081	083	085	086	088	090	092	093	095	097	099	101	102	104	106	108	110	112	114	116
127	081	082	084	085	087	089	091	092	094	095	097	099	101	102	104	106	108	110	112	114	116
128	082	083	085	086	088	090	092	094	095	097	099	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119

Tabla II (Continúa)







Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura.  
(° F)

Gravedad Específica 60°/60°

75	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
122	124	126	129	132	134	137	140	142	145	148	151	153	156	159	162	165	169	172	175	177
76	122	124	127	130	132	135	137	140	143	146	149	151	154	157	160	163	165	169	171	173
77	123	125	127	130	133	135	138	141	144	146	149	152	155	158	161	164	167	171	174	175
78	123	125	128	131	134	136	139	142	145	147	150	153	156	159	162	165	168	172	175	179
79	124	126	129	132	135	137	140	143	146	148	151	154	157	160	163	166	169	173	176	180
80	125	127	130	133	135	138	141	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	174	177	181
81	125	128	131	133	136	139	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	175	178	182
82	126	129	131	134	136	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	176	179	183
83	127	130	132	135	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	177	180	185
84	128	130	133	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	178	181	185
85	128	131	133	136	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	179	182	187
86	129	132	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	180	183	187
87	130	132	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	181	184	189
88	131	133	136	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	182	185	190
89	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	183	186	191
90	132	135	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	183	186	191
91	133	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	184	187	192
92	134	136	139	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	185	188	193
93	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	186	189	194
94	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	187	190	195
95	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	187	190	195
96	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	189	192	197
97	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	190	193	198
98	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	189	192	197
99	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	189	192	197
100	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	193	196	201
101	142	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	194	197	202
102	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	195	198	203
103	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	196	199	204
104	145	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	197	200	205
105	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	198	201	206
106	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	199	202	207
107	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	196	200	203	208
108	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	201	204	209
109	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	202	205	210
110	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	196	199	203	206	211
111	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	204	207	212
112	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	205	208	213
113	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	196	199	202	206	209	214
114	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	207	210	215
115	157	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	196	199	202	205	209	212	217
116	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	210	213	218
117	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	211	214	219
118	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	209	213	216	221
119	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	210	214	217	222
120	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	209	212	216	219	224
121	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	210	213	217	220	225
122	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	209	212	215	219	222	227
123	168	172	175	178	181	184	187	190	193	196	199	202	205	208	211	214	217	221	224	229
124	170	173	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	210	213	216	219	223	226	231
125	172	175	178	181	184	187	190	193	196	199	202	205	208	211	214	217	220	224	227	232
126	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	210	213	216	219	222	226	229	234
127	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	209	212	215	218	221	224	228	231	236
128	178	181	184	187	190	193	196	199	202	205	208	211	214	217	220	223	226	230	233	238

Tabla II (Continúa)



Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura  
(°F.)

Gravedad Específica 60°F/60°F

	59.9	60.1	60.3	60.5	60.7	60.9	61.1	61.3	61.5	61.7	61.9	62.1	62.3	62.5	62.7	62.9	63.1	63.3	63.5	63.7	63.9	64.1	64.3	64.5	64.7	64.9	65.1	65.3	65.5	65.7	65.9	66.1	66.3	66.5	66.7	66.9	67.1	67.3	67.5	67.7	67.9	68.1	68.3	68.5	68.7	68.9	69.1	69.3	69.5	69.7	69.9	70.1	70.3	70.5	70.7	70.9	71.1	71.3	71.5	71.7	71.9	72.1	72.3	72.5	72.7	72.9	73.1	73.3	73.5	73.7	73.9	74.1	74.3	74.5	74.7	74.9	75.1	75.3	75.5	75.7	75.9	76.1	76.3	76.5	76.7	76.9	77.1	77.3	77.5	77.7	77.9	78.1	78.3	78.5	78.7	78.9	79.1	79.3	79.5	79.7	79.9	80.1	80.3	80.5	80.7	80.9	81.1	81.3	81.5	81.7	81.9	82.1	82.3	82.5	82.7	82.9	83.1	83.3	83.5	83.7	83.9	84.1	84.3	84.5	84.7	84.9	85.1	85.3	85.5	85.7	85.9	86.1	86.3	86.5	86.7	86.9	87.1	87.3	87.5	87.7	87.9	88.1	88.3	88.5	88.7	88.9	89.1	89.3	89.5	89.7	89.9	90.1	90.3	90.5	90.7	90.9	91.1	91.3	91.5	91.7	91.9	92.1	92.3	92.5	92.7	92.9	93.1	93.3	93.5	93.7	93.9	94.1	94.3	94.5	94.7	94.9	95.1	95.3	95.5	95.7	95.9	96.1	96.3	96.5	96.7	96.9	97.1	97.3	97.5	97.7	97.9	98.1	98.3	98.5	98.7	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
55	0.819	0.821	0.823	0.825	0.827	0.829	0.831	0.833	0.835	0.837	0.839	0.841	0.843	0.845	0.847	0.849	0.851	0.853	0.855	0.857	0.859	0.861	0.863	0.865	0.867	0.869	0.871	0.873	0.875	0.877	0.879	0.881	0.883	0.885	0.887	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.899	0.901	0.903	0.905	0.907	0.909	0.911	0.913	0.915	0.917	0.919	0.921	0.923	0.925	0.927	0.929	0.931	0.933	0.935	0.937	0.939	0.941	0.943	0.945	0.947	0.949	0.951	0.953	0.955	0.957	0.959	0.961	0.963	0.965	0.967	0.969	0.971	0.973	0.975	0.977	0.979	0.981	0.983	0.985	0.987	0.989	0.991	0.993	0.995	0.997	0.999	1.001	1.003	1.005	1.007	1.009	1.011	1.013	1.015	1.017	1.019	1.021	1.023	1.025	1.027	1.029	1.031	1.033	1.035	1.037	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049	1.051	1.053	1.055	1.057	1.059	1.061	1.063	1.065	1.067	1.069	1.071	1.073	1.075	1.077	1.079	1.081	1.083	1.085	1.087	1.089	1.091	1.093	1.095	1.097	1.099	1.101	1.103	1.105	1.107	1.109	1.111	1.113	1.115	1.117	1.119	1.121	1.123	1.125	1.127	1.129	1.131	1.133	1.135	1.137	1.139	1.141	1.143	1.145	1.147	1.149	1.151	1.153	1.155	1.157	1.159	1.161	1.163	1.165	1.167	1.169	1.171	1.173	1.175	1.177	1.179	1.181	1.183	1.185	1.187	1.189	1.191	1.193	1.195	1.197	1.199	1.201	1.203	1.205	1.207	1.209	1.211	1.213	1.215	1.217	1.219	1.221	1.223	1.225	1.227	1.229	1.231	1.233	1.235	1.237	1.239	1.241	1.243	1.245	1.247	1.249	1.251	1.253	1.255	1.257	1.259	1.261	1.263	1.265	1.267	1.269	1.271	1.273	1.275	1.277	1.279	1.281	1.283	1.285	1.287	1.289	1.291	1.293	1.295	1.297	1.299	1.301	1.303	1.305	1.307	1.309	1.311	1.313	1.315	1.317	1.319	1.321	1.323	1.325	1.327	1.329	1.331	1.333	1.335	1.337	1.339	1.341	1.343	1.345	1.347	1.349	1.351	1.353	1.355	1.357	1.359	1.361	1.363	1.365	1.367	1.369	1.371	1.373	1.375	1.377	1.379	1.381	1.383	1.385	1.387	1.389	1.391	1.393	1.395	1.397	1.399	1.401	1.403	1.405	1.407	1.409	1.411	1.413	1.415	1.417	1.419	1.421	1.423	1.425	1.427	1.429	1.431	1.433	1.435	1.437	1.439	1.441	1.443	1.445	1.447	1.449	1.451	1.453	1.455	1.457	1.459	1.461	1.463	1.465	1.467	1.469	1.471	1.473	1.475	1.477	1.479	1.481	1.483	1.485	1.487	1.489	1.491	1.493	1.495	1.497	1.499	1.501	1.503	1.505	1.507	1.509	1.511	1.513	1.515	1.517	1.519	1.521	1.523	1.525	1.527	1.529	1.531	1.533	1.535	1.537	1.539	1.541	1.543	1.545	1.547	1.549	1.551	1.553	1.555	1.557	1.559	1.561	1.563	1.565	1.567	1.569	1.571	1.573	1.575	1.577	1.579	1.581	1.583	1.585	1.587	1.589	1.591	1.593	1.595	1.597	1.599	1.601	1.603	1.605	1.607	1.609	1.611	1.613	1.615	1.617	1.619	1.621	1.623	1.625	1.627	1.629	1.631	1.633	1.635	1.637	1.639	1.641	1.643	1.645	1.647	1.649	1.651	1.653	1.655	1.657	1.659	1.661	1.663	1.665	1.667	1.669	1.671	1.673	1.675	1.677	1.679	1.681	1.683	1.685	1.687	1.689	1.691	1.693	1.695	1.697	1.699	1.701	1.703	1.705	1.707	1.709	1.711	1.713	1.715	1.717	1.719	1.721	1.723	1.725	1.727	1.729	1.731	1.733	1.735	1.737	1.739	1.741	1.743	1.745	1.747	1.749	1.751	1.753	1.755	1.757	1.759	1.761	1.763	1.765	1.767	1.769	1.771	1.773	1.775	1.777	1.779	1.781	1.783	1.785	1.787	1.789	1.791	1.793	1.795	1.797	1.799	1.801	1.803	1.805	1.807	1.809	1.811	1.813	1.815	1.817	1.819	1.821	1.823	1.825	1.827	1.829	1.831	1.833	1.835	1.837	1.839	1.841	1.843	1.845	1.847	1.849	1.851	1.853	1.855	1.857	1.859	1.861	1.863	1.865	1.867	1.869	1.871	1.873	1.875	1.877	1.879	1.881	1.883	1.885	1.887	1.889	1.891	1.893	1.895	1.897	1.899	1.901	1.903	1.905	1.907	1.909	1.911	1.913	1.915	1.917	1.919	1.921	1.923	1.925	1.927	1.929	1.931	1.933	1.935	1.937	1.939	1.941	1.943	1.945	1.947	1.949	1.951	1.953	1.955	1.957	1.959	1.961	1.963	1.965	1.967	1.969	1.971	1.973	1.975	1.977	1.979	1.981	1.983	1.985	1.987	1.989	1.991	1.993	1.995	1.997	1.999	2.001	2.003	2.005	2.007	2.009	2.011	2.013	2.015	2.017	2.019	2.021	2.023	2.025	2.027	2.029	2.031	2.033	2.035	2.037	2.039	2.041	2.043	2.045	2.047	2.049	2.051	2.053	2.055	2.057	2.059	2.061	2.063	2.065	2.067	2.069	2.071	2.073	2.075	2.077	2.079	2.081	2.083	2.085	2.087	2.089	2.091	2.093	2.095	2.097	2.099	2.101	2.103	2.105	2.107	2.109	2.111	2.113	2.115	2.117	2.119	2.121	2.123	2.125	2.127	2.129	2.131	2.133	2.135	2.137	2.139	2.141	2.143	2.145	2.147	2.149	2.151	2.153	2.155	2.157	2.159	2.161	2.163	2.165	2.167	2.169	2.171	2.173	2.175	2.177	2.179	2.181	2.183	2.185	2.187	2.189	2.191	2.193	2.195	2.197	2.199	2.201	2.203	2.205	2.207	2.209	2.211	2.213	2.215	2.217	2.219	2.221	2.223	2.225	2.227	2.229	2.231	2.233	2.235	2.237	2.239	2.241	2.243	2.245	2.247	2.249	2.251	2.253	2.255	2.257	2.259	2.261	2.263	2.265	2.267	2.269	2.271	2.273	2.275	2.277	2.279	2.281	2.283	2.285	2.287	2.289	2.291	2.293	2.295	2.297	2.299	2.301	2.303	2.305	2.307	2.309	2.311	2.313	2.315	2.317	2.319	2.321	2.323	2.325	2.327	2.329	2.331	2.333	2.335	2.337	2.339	2.341	2.343	2.345	2.347	2.349	2.351	2.353	2.355	2.357	2.359	2.361	2.363	2.365	2.367	2.369	2.371	2.373	2.375	2.377	2.379	2.381	2.383	2.385	2.387	2.389	2.391	2.393	2.395	2.397	2.399	2.401	2.403	2.405	2.407	2.409	2.411	2.413	2.415	2.417	2.419	2.421	2.423	2.425	2.427	2.429	2.431	2.433	2.435	2.437	2.439	2.441	2.443	2.445	2.447	2.449	2.451	2.453	2.455	2.457	2.459	2.461	2.463	2.465	2.467	2.469	2.471	2.473	2.475	2.477	2.479	2.481	2.483	2.485	2.487	2.489	2.491	2.493	2.495	2.497	2.499	2.501	2.503	2.505	2.507	2.509	2.511	2.513	2.515	2.517	2.519	2.521	2.523	2.525	2.527	2.529	2.531	2.533	2.535	2.537	2.539	2.541	2.543	2.545	2.547	2.549	2.551	2.553	2.555	2.557	2.559	2.561	2.563	2.565	2.567	2.569	2.571	2.573	2.575	2.577	2.579	2.581	2.583	2.585	2.587	2.589	2.591	2.593	2.595	2.597	2.599	2.601	2.603	2.605	2.607	2.609	2.611	2.613	2.615	2.617	2.619	2.621	2.623	2.625	2.627	2.629	2.631	2.633	2.635	2.637	2.639	2.641	2.643	2.645	2.647	2.649	2.651	2.653	2.655	2.657	2.659	2.661	2.663



Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura  
(° F)

Gravidad Especifica 60°F/60°F

75	390	346	292	239	276	322	367	244	261	329	354	343	347	243	339	337	333	370	327	324
76	392	348	294	241	278	324	370	246	263	341	356	352	347	245	342	339	336	332	322	326
77	395	351	297	243	280	326	372	248	265	343	358	354	351	247	344	340	337	334	331	328
78	398	354	299	245	282	328	374	251	267	345	360	356	353	249	345	343	339	336	333	330
79	400	356	302	247	284	330	376	253	269	347	362	358	355	251	346	344	340	337	334	331
80	403	359	305	249	286	332	378	256	272	349	364	360	357	253	347	345	341	338	335	332
81	406	362	307	251	288	334	380	258	274	351	366	362	359	255	348	346	342	339	336	333
82	408	364	309	253	290	336	382	261	276	353	368	364	361	257	349	347	343	340	337	334
83	411	367	312	255	292	338	384	263	278	355	370	366	363	259	350	348	344	341	338	335
84	413	369	314	257	294	340	386	265	281	357	372	368	365	261	351	349	345	342	339	336
85	416	372	317	259	296	342	388	268	284	359	374	370	367	263	352	350	346	343	340	337
86	418	374	319	261	298	344	390	270	286	361	376	372	369	265	353	351	347	344	341	338
87	420	376	321	263	300	346	392	272	288	363	378	374	371	267	354	352	348	345	342	339
88	422	378	323	265	302	348	394	274	290	365	380	376	373	269	355	353	349	346	343	340
89	425	381	326	267	304	350	396	276	292	367	382	378	375	271	356	354	350	347	344	341
90	428	384	329	269	306	352	398	278	294	369	384	380	377	273	357	355	351	348	345	342
91	430	386	331	271	308	354	400	280	296	371	386	382	379	275	358	356	352	349	346	343
92	433	389	334	273	310	356	402	282	298	373	388	384	381	277	359	357	353	350	347	344
93	436	391	336	275	312	358	404	284	300	375	390	386	383	279	360	358	354	351	348	345
94	439	394	339	277	314	360	406	286	302	377	392	388	385	281	361	359	355	352	349	346
95	441	396	341	279	316	362	408	288	304	379	394	390	387	283	362	360	356	353	350	347
96	444	399	344	281	318	364	410	290	306	381	396	392	389	285	363	361	357	354	351	348
97	446	401	346	283	320	366	412	292	308	383	398	394	391	287	364	362	358	355	352	349
98	449	404	349	285	322	368	414	294	310	385	400	396	393	289	365	363	359	356	353	350
99	452	407	352	287	324	370	416	296	312	387	402	398	395	291	366	364	360	357	354	351
100	455	410	355	289	326	372	418	298	314	389	404	400	397	293	367	365	361	358	355	352
101	458	413	358	291	328	374	420	300	316	391	406	402	399	295	368	366	362	359	356	353
102	461	416	361	293	330	376	422	302	318	393	408	404	401	297	369	367	363	360	357	354
103	464	419	364	295	332	378	424	304	320	395	410	406	403	299	370	368	364	361	358	355
104	467	422	367	297	334	380	426	306	322	397	412	408	405	301	371	369	365	362	359	356
105	470	425	370	299	336	382	428	308	324	399	414	410	407	303	372	370	366	363	360	357
106	473	428	373	301	338	384	430	310	326	401	416	412	409	305	373	371	367	364	361	358
107	476	431	376	303	340	386	432	312	328	403	418	414	411	307	374	372	368	365	362	359
108	479	434	379	305	342	388	434	314	330	405	420	416	413	309	375	373	369	366	363	360
109	482	437	382	307	344	390	436	316	332	407	422	418	415	311	376	374	370	367	364	361
110	486	440	385	309	346	392	438	318	334	409	424	420	417	313	377	375	371	368	365	362
111	489	443	388	311	348	394	440	320	336	411	426	422	419	315	378	376	372	369	366	363
112	492	446	391	313	350	396	442	322	338	413	428	424	421	317	379	377	373	370	367	364
113	496	449	394	315	352	398	444	324	340	415	430	426	423	319	380	378	374	371	368	365
114	500	452	397	317	354	400	446	326	342	417	432	428	425	321	381	379	375	372	369	366
115	503	455	400	319	356	402	448	328	344	419	434	430	427	323	382	380	376	373	370	367
116	506	458	403	321	358	404	450	330	346	421	436	432	429	325	383	381	377	374	371	368
117	509	461	406	323	360	406	452	332	348	423	438	434	431	327	384	382	378	375	372	369
118	512	464	409	325	362	408	454	334	350	425	440	436	433	329	385	383	379	376	373	370
119	515	467	412	327	364	410	456	336	352	427	442	438	435	331	386	384	380	377	374	371
120	518	470	415	329	366	412	458	338	354	429	444	440	437	333	387	385	381	378	375	372
121	522	473	418	331	368	414	460	340	356	431	446	442	439	335	388	386	382	379	376	373
122	526	476	421	333	370	416	462	342	358	433	448	444	441	337	389	387	383	380	377	374
123	529	479	424	335	372	418	464	344	360	435	450	446	443	339	390	388	384	381	378	375
124	533	482	427	337	374	420	466	346	362	437	452	448	445	341	391	389	385	382	379	376
125	537	485	430	339	376	422	468	348	364	439	454	450	447	343	392	390	386	383	380	377
126	541	488	433	341	378	424	470	350	366	441	456	452	449	345	393	391	387	384	381	378
127	544	491	436	343	380	426	472	352	368	443	458	454	451	347	394	392	388	385	382	379
128	548	494	439	345	382	428	474	354	370	445	460	456	453	349	395	393	389	386	383	380

Tabla II (Continúa)

Instituto Americano del Petróleo (API)

Temperatura  
Gravidad Específica 60F/60F  
( ° F )

Gravidad Específica 60F/60F

	0.910	0.911	0.912	0.913	0.914	0.915	0.916	0.917	0.918	0.919	0.920	0.921	0.922	0.923	0.924	0.925	0.926	0.927	0.928	0.929	0.930
20	242	239	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219	217	215	213	211	209	207	205	203	201
21	243	240	238	235	234	232	230	228	226	224	222	220	218	216	213	211	209	207	205	203	201
22	244	242	239	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219	217	214	212	210	208	206	204	202
23	246	243	241	238	236	234	232	230	228	226	224	222	220	218	215	213	211	209	207	205	203
24	247	245	242	240	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219	216	214	212	210	208	206	204
25	248	246	244	241	239	236	234	233	231	228	226	224	222	220	217	215	213	211	209	207	205
26	249	247	245	242	240	237	236	234	232	230	227	225	223	221	218	216	214	212	210	208	206
27	251	248	246	244	241	239	237	235	233	231	229	227	224	222	220	217	215	213	211	209	207
28	252	249	247	245	243	240	238	236	234	232	230	228	225	223	221	218	216	214	212	210	208
29	253	251	249	246	244	242	239	237	235	233	231	229	227	225	222	220	217	215	213	211	209
30	255	252	250	247	245	243	240	238	236	234	232	230	228	226	223	221	218	216	214	212	210
31	255	253	251	249	247	244	242	239	237	235	233	231	229	227	225	222	220	217	215	213	211
32	257	255	252	250	248	245	243	241	238	236	234	232	230	228	226	223	221	218	216	214	212
33	258	256	253	251	249	247	244	242	239	237	235	233	231	229	227	225	222	220	217	215	213
34	259	257	255	253	250	248	246	243	241	239	236	234	232	230	228	226	223	221	218	216	214
35	261	258	256	254	251	249	247	245	242	240	237	235	233	231	229	227	225	222	220	217	215
36	262	259	257	255	253	250	248	246	244	241	239	237	235	233	231	228	226	223	221	218	216
37	263	261	259	256	254	252	249	247	245	243	240	238	236	234	232	230	227	225	222	220	218
38	265	262	260	258	255	253	251	248	246	244	241	239	237	235	233	231	229	226	224	221	219
39	266	264	261	259	256	254	252	249	248	245	243	240	238	236	234	232	230	228	225	222	220
40	267	265	262	260	258	255	253	251	248	246	244	242	240	237	235	233	231	229	226	224	222
41	269	266	264	261	259	257	254	252	250	247	245	243	241	238	236	234	232	230	227	225	223
42	270	268	265	263	260	258	255	253	251	249	247	244	242	240	237	235	233	231	229	226	224
43	271	269	266	264	262	259	257	255	252	250	248	246	244	241	239	237	235	233	230	228	226
44	273	270	268	265	263	260	258	256	253	251	249	247	244	242	240	238	236	234	231	229	227
45	274	272	269	267	264	262	259	257	255	252	250	248	246	243	241	239	237	235	232	230	228
46	275	273	270	268	265	263	260	258	256	254	252	249	247	245	243	240	238	236	233	231	229
47	277	274	272	269	267	264	262	259	257	255	253	251	248	246	244	241	239	237	235	233	231
48	278	275	273	271	268	265	263	261	258	256	254	252	249	247	245	243	240	238	236	234	232
49	279	277	274	272	269	267	264	262	260	257	255	253	251	248	246	244	242	239	237	235	233
50	281	278	276	273	271	268	266	263	261	259	256	254	252	250	247	245	243	240	238	236	234
51	282	280	277	275	272	269	267	265	262	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239	237	235
52	283	281	279	276	274	271	268	266	264	261	259	257	254	252	250	248	245	243	240	238	236
53	285	282	280	277	275	272	270	267	265	263	260	258	255	253	251	249	246	244	242	240	238
54	287	284	281	279	276	274	271	268	266	264	261	259	257	254	252	250	248	245	243	242	240
55	288	285	283	280	277	275	272	270	268	265	263	260	258	255	253	251	249	247	245	243	242
56	289	287	284	281	279	277	274	271	269	266	264	261	259	257	255	253	250	248	246	244	242
57	290	288	285	283	280	278	275	273	270	268	265	263	260	258	256	254	251	249	247	245	243
58	292	289	287	284	282	279	277	274	272	269	267	264	262	259	257	255	253	250	249	246	244
59	293	291	288	286	283	281	278	276	273	271	268	265	263	261	258	256	254	251	249	247	245
60	295	292	290	287	285	282	279	277	275	272	269	267	264	262	260	257	255	253	251	249	247
61	296	294	291	289	286	284	281	279	276	274	271	269	266	264	261	259	257	255	252	250	248
62	298	295	293	290	288	285	283	280	278	275	273	270	268	265	262	260	258	256	254	251	249
63	300	297	294	292	289	287	284	282	279	277	274	271	269	266	264	261	259	257	255	252	250
64	302	299	296	294	291	288	286	283	281	278	275	273	270	268	265	263	261	258	256	254	251
65	304	301	298	295	292	290	287	285	282	280	277	275	272	270	267	265	262	260	257	255	253
66	306	303	300	297	294	291	289	286	284	281	279	276	274	271	269	266	264	261	259	257	255
67	307	305	302	299	295	293	290	288	285	283	280	278	275	273	270	269	266	264	261	259	257
68	309	306	303	300	297	294	292	289	287	285	282	280	277	275	272	270	267	264	262	260	258
69	311	308	305	302	299	296	293	291	288	286	284	281	278	276	274	271	269	266	264	262	260
70	312	310	307	304	301	298	295	292	290	287	285	283	280	278	275	273	270	268	265	263	261
71	314	311	308	305	302	299	297	294	291	289	287	284	282	280	277	275	272	269	267	264	262
72	316	313	310	307	304	301	299	295	293	291	288	286	283	281	279	276	274	271	269	266	264
73	318	314	312	308	306	303	300	297	295	292	289	287	285	282	280	277	275	273	270	268	266
74	319	316	313	310	308	305	302	299	296	293	291	289	286	284	281	279	277	274	272	270	268

Tabla II (Continúa)

Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura.  
(°F.)

Gravedad Especifica 60°/60°

Temperatura (°F.)	62.00	62.10	62.20	62.30	62.40	62.50	62.60	62.70	62.80	62.90	63.00	63.10	63.20	63.30	63.40	63.50	63.60	63.70	63.80	63.90
75	321	318	315	312	309	307	304	301	298	295	291	287	283	279	275	271	267	263	259	254
76	323	320	317	314	311	308	305	303	300	297	294	291	287	284	280	277	273	269	265	261
77	325	322	319	316	313	310	307	305	302	299	296	293	289	286	282	279	275	271	267	263
78	327	323	320	318	315	312	309	306	303	300	298	295	292	289	285	281	278	274	270	266
79	328	325	323	320	317	314	311	308	305	302	300	296	294	291	287	283	280	276	272	268
80	330	327	324	321	319	316	313	310	307	304	301	298	296	293	289	286	282	278	274	270
81	332	329	326	323	320	318	315	312	309	306	303	300	297	294	290	287	283	279	275	271
82	335	331	328	325	322	319	317	314	311	308	305	302	299	296	293	289	286	282	278	274
83	337	334	330	327	324	321	319	316	313	310	307	304	301	298	295	291	287	283	279	275
84	339	336	332	329	326	323	320	318	315	312	309	306	303	300	297	293	289	285	281	277
85	341	338	334	331	328	325	322	319	317	313	311	308	305	302	299	295	291	287	283	279
86	343	340	336	333	330	327	324	321	318	315	313	310	307	304	301	297	293	289	285	281
87	345	342	338	335	332	329	326	323	320	317	315	312	309	306	303	299	295	291	287	283
88	347	344	340	337	334	331	328	325	322	319	317	314	311	308	305	301	297	293	289	285
89	349	346	342	339	336	333	330	327	324	321	318	315	312	309	306	302	298	294	290	286
90	352	348	345	341	338	335	332	329	326	323	321	318	315	312	308	304	300	296	292	288
91	345	350	347	344	340	337	334	332	328	325	323	320	317	314	311	307	303	299	295	291
92	356	353	349	346	342	339	336	333	330	327	325	322	319	316	313	309	305	301	297	293
93	358	355	352	348	345	341	338	335	331	328	327	324	321	318	315	311	307	303	299	295
94	360	357	354	350	347	343	340	337	333	332	329	326	323	320	317	313	309	305	301	297
95	363	359	356	353	349	346	343	339	337	334	331	328	325	321	317	313	309	305	301	297
96	365	362	358	355	352	348	345	342	339	336	333	330	327	325	322	319	314	311	307	303
97	368	364	360	357	354	350	347	344	341	338	335	331	328	324	322	318	315	311	307	303
98	370	366	362	359	355	351	349	347	343	340	337	333	332	328	325	324	321	317	313	309
99	372	369	365	361	358	355	352	349	346	342	339	337	334	331	328	325	321	317	313	309
100	375	372	368	364	361	357	355	352	348	345	342	339	335	333	329	325	322	318	314	310
101	377	374	370	366	363	360	357	354	350	347	345	341	338	335	331	327	323	319	315	311
102	379	376	373	369	365	362	359	356	353	349	347	343	340	336	332	328	324	320	316	312
103	382	378	375	372	368	364	361	358	355	352	349	346	343	339	335	332	328	324	320	316
104	383	381	377	374	371	367	363	360	357	354	351	348	345	342	339	335	331	327	323	319
105	387	383	380	376	373	370	366	363	359	357	354	351	347	345	341	337	334	330	326	322
106	390	386	382	378	375	372	369	366	362	359	356	353	350	347	344	341	337	334	330	326
107	391	388	385	381	378	375	371	368	365	361	358	355	352	349	345	342	338	334	330	326
108	393	391	387	383	380	377	373	370	367	364	360	357	354	351	348	344	340	336	332	328
109	397	394	390	386	382	379	376	373	369	366	363	359	357	353	350	346	342	338	334	330
110	400	396	392	388	385	381	378	375	372	369	366	362	359	356	353	349	345	341	337	333
111	402	398	395	391	387	384	380	377	374	371	368	365	362	358	355	351	347	343	339	335
112	404	400	397	393	390	386	382	379	377	373	370	367	363	360	357	353	349	345	341	337
113	407	403	399	395	392	388	385	381	377	376	372	369	365	362	358	354	350	346	342	338
114	409	406	402	398	395	392	388	384	381	377	375	371	367	364	360	356	352	348	344	340
115	411	408	404	400	397	394	390	386	383	379	377	374	371	368	364	360	356	352	348	344
116	414	410	407	403	399	396	392	389	385	381	379	376	373	369	365	361	357	353	349	345
117	416	413	409	405	402	399	395	391	388	384	381	378	375	372	369	365	361	357	353	349
118	419	415	412	408	404	401	398	394	390	386	383	380	377	374	371	367	363	359	355	351
119	422	418	414	410	407	404	400	396	393	389	386	382	379	377	373	369	365	361	357	353
120	424	420	416	412	409	406	402	398	395	392	388	384	381	378	375	371	367	363	359	355
121	427	422	418	415	412	409	404	401	397	394	390	387	383	380	377	373	369	365	361	357
122	430	425	421	417	414	411	407	403	399	396	392	389	385	382	379	375	371	367	363	359
123	433	428	424	419	416	413	409	405	401	398	394	391	387	384	380	376	372	368	364	360
124	436	431	427	422	418	415	412	408	404	401	397	394	390	387	383	379	375	371	367	363
125	439	434	430	425	421	417	414	411	407	403	400	396	393	389	386	382	378	374	370	366
126	442	437	433	428	424	420	416	413	409	405	402	398	395	391	388	384	380	376	372	368
127	444	439	435	431	426	422	419	415	412	408	405	401	398	394	391	387	383	379	375	371
128	447	443	439	434	430	425	421	418	415	411	408	404	401	397	393	390	386	382	378	374

Tabla II (Continúa)

Instituto Americano del Petróleo (API)

Temperatura.  
(° F)

Gravedad Específica 60°/60°

	0.999	0.991	0.982	0.973	0.964	0.955	0.946	0.937	0.928	0.919	0.910	0.901	0.892	0.883	0.874	0.865	0.856	0.847	0.838	0.829	0.820	0.811	0.802	0.793	0.784	0.775	0.766	0.757	0.748	0.739	0.730	0.721	0.712	0.703	0.694	0.685	0.676	0.667	0.658	0.649	0.640	0.631	0.622	0.613	0.604	0.595	0.586	0.577	0.568	0.559	0.550	0.541	0.532	0.523	0.514	0.505	0.496	0.487	0.478	0.469	0.460	0.451	0.442	0.433	0.424	0.415	0.406	0.397	0.388	0.379	0.370	0.361	0.352	0.343	0.334	0.325	0.316	0.307	0.298	0.289	0.280	0.271	0.262	0.253	0.244	0.235	0.226	0.217	0.208	0.199	0.190	0.181	0.172	0.163	0.154	0.145	0.136	0.127	0.118	0.109	0.100	0.091	0.082	0.073	0.064	0.055	0.046	0.037	0.028	0.019	0.010	0.001																																																																																																																																						
20	201	192	187	184	182	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35	-36	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45	-46	-47	-48	-49	-50	-51	-52	-53	-54	-55	-56	-57	-58	-59	-60

Tabla II (Continúa)

Medición de Petróleo líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo.

Temperatura  
C/F.

Gravedad Específica 60°F/60°F

	64.88	64.91	64.94	64.97	65.00	65.03	65.06	65.09	65.12	65.15	65.18	65.21	65.24	65.27	65.30	65.33	65.36	65.39	65.42	65.45	65.48	65.51	65.54	65.57	65.60	65.63	65.66	65.69	65.72	65.75	65.78	65.81	65.84	65.87	65.90	65.93	65.96	65.99	66.02	66.05	66.08	66.11	66.14	66.17	66.20	66.23	66.26	66.29	66.32	66.35	66.38	66.41	66.44	66.47	66.50	66.53	66.56	66.59	66.62	66.65	66.68	66.71	66.74	66.77	66.80	66.83	66.86	66.89	66.92	66.95	66.98	67.01	67.04	67.07	67.10	67.13	67.16	67.19	67.22	67.25	67.28	67.31	67.34	67.37	67.40	67.43	67.46	67.49	67.52	67.55	67.58	67.61	67.64	67.67	67.70	67.73	67.76	67.79	67.82	67.85	67.88	67.91	67.94	67.97	68.00	68.03	68.06	68.09	68.12	68.15	68.18	68.21	68.24	68.27	68.30	68.33	68.36	68.39	68.42	68.45	68.48	68.51	68.54	68.57	68.60	68.63	68.66	68.69	68.72	68.75	68.78	68.81	68.84	68.87	68.90	68.93	68.96	68.99	69.02	69.05	69.08	69.11	69.14	69.17	69.20	69.23	69.26	69.29	69.32	69.35	69.38	69.41	69.44	69.47	69.50	69.53	69.56	69.59	69.62	69.65	69.68	69.71	69.74	69.77	69.80	69.83	69.86	69.89	69.92	69.95	69.98	70.01	70.04	70.07	70.10	70.13	70.16	70.19	70.22	70.25	70.28	70.31	70.34	70.37	70.40	70.43	70.46	70.49	70.52	70.55	70.58	70.61	70.64	70.67	70.70	70.73	70.76	70.79	70.82	70.85	70.88	70.91	70.94	70.97	71.00	71.03	71.06	71.09	71.12	71.15	71.18	71.21	71.24	71.27	71.30	71.33	71.36	71.39	71.42	71.45	71.48	71.51	71.54	71.57	71.60	71.63	71.66	71.69	71.72	71.75	71.78	71.81	71.84	71.87	71.90	71.93	71.96	71.99	72.02	72.05	72.08	72.11	72.14	72.17	72.20	72.23	72.26	72.29	72.32	72.35	72.38	72.41	72.44	72.47	72.50	72.53	72.56	72.59	72.62	72.65	72.68	72.71	72.74	72.77	72.80	72.83	72.86	72.89	72.92	72.95	72.98	73.01	73.04	73.07	73.10	73.13	73.16	73.19	73.22	73.25	73.28	73.31	73.34	73.37	73.40	73.43	73.46	73.49	73.52	73.55	73.58	73.61	73.64	73.67	73.70	73.73	73.76	73.79	73.82	73.85	73.88	73.91	73.94	73.97	74.00	74.03	74.06	74.09	74.12	74.15	74.18	74.21	74.24	74.27	74.30	74.33	74.36	74.39	74.42	74.45	74.48	74.51	74.54	74.57	74.60	74.63	74.66	74.69	74.72	74.75	74.78	74.81	74.84	74.87	74.90	74.93	74.96	74.99	75.02	75.05	75.08	75.11	75.14	75.17	75.20	75.23	75.26	75.29	75.32	75.35	75.38	75.41	75.44	75.47	75.50	75.53	75.56	75.59	75.62	75.65	75.68	75.71	75.74	75.77	75.80	75.83	75.86	75.89	75.92	75.95	75.98	76.01	76.04	76.07	76.10	76.13	76.16	76.19	76.22	76.25	76.28	76.31	76.34	76.37	76.40	76.43	76.46	76.49	76.52	76.55	76.58	76.61	76.64	76.67	76.70	76.73	76.76	76.79	76.82	76.85	76.88	76.91	76.94	76.97	77.00	77.03	77.06	77.09	77.12	77.15	77.18	77.21	77.24	77.27	77.30	77.33	77.36	77.39	77.42	77.45	77.48	77.51	77.54	77.57	77.60	77.63	77.66	77.69	77.72	77.75	77.78	77.81	77.84	77.87	77.90	77.93	77.96	77.99	78.02	78.05	78.08	78.11	78.14	78.17	78.20	78.23	78.26	78.29	78.32	78.35	78.38	78.41	78.44	78.47	78.50	78.53	78.56	78.59	78.62	78.65	78.68	78.71	78.74	78.77	78.80	78.83	78.86	78.89	78.92	78.95	78.98	79.01	79.04	79.07	79.10	79.13	79.16	79.19	79.22	79.25	79.28	79.31	79.34	79.37	79.40	79.43	79.46	79.49	79.52	79.55	79.58	79.61	79.64	79.67	79.70	79.73	79.76	79.79	79.82	79.85	79.88	79.91	79.94	79.97	80.00
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Medición de Petróleo Líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura.  
(° F)

Gravedad Específica 60°F/60°F

	1.000	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130	1.140	1.150	1.160	1.170	1.180	1.190	1.200
75	124	123	121	119	118	116	114	112	111	109	107	105	103	101	99	97	95	93	91	89	87
76	126	124	122	120	119	117	115	114	112	110	108	107	105	103	101	99	97	95	93	91	89
77	127	125	123	121	120	118	117	115	113	111	109	108	106	104	102	100	98	96	94	92	90
78	128	126	125	123	121	119	118	116	114	113	111	109	107	105	103	101	99	97	95	93	91
79	130	128	126	124	122	121	119	117	115	114	112	110	108	106	104	102	100	98	96	94	92
80	131	129	127	125	124	122	120	118	116	114	112	110	108	106	104	102	100	98	96	94	92
81	133	131	129	127	125	123	121	120	118	116	114	112	110	108	106	104	102	100	98	96	94
82	134	132	130	128	126	125	123	121	119	117	116	114	112	110	108	106	104	102	100	98	96
83	135	134	132	130	128	126	124	122	120	119	117	115	114	112	110	108	106	104	102	100	98
84	137	135	133	131	129	127	126	124	122	120	118	117	115	113	112	110	108	106	104	102	100
85	138	136	135	133	131	129	127	125	123	121	119	118	116	114	112	110	108	106	104	102	100
86	140	138	136	134	132	130	128	126	125	123	121	119	118	116	114	112	110	108	106	104	102
87	141	139	137	135	134	132	130	128	126	124	122	121	119	117	116	114	112	110	108	106	104
88	143	141	139	137	135	133	131	129	127	126	124	122	121	119	117	115	114	112	110	108	106
89	144	142	140	138	136	135	133	131	129	127	126	124	122	120	118	117	115	114	112	110	108
90	146	144	142	140	138	136	135	133	131	129	127	126	124	122	120	118	117	115	114	112	110
91	148	146	144	142	140	138	136	135	133	131	129	127	126	124	122	120	118	117	115	114	112
92	149	147	145	143	141	139	137	135	134	132	130	128	126	125	123	121	119	118	116	114	112
93	151	149	147	144	142	140	139	137	135	133	131	129	128	126	124	122	120	118	116	114	112
94	152	150	148	146	144	142	140	138	136	135	133	131	129	127	126	124	122	120	118	116	114
95	154	152	150	148	146	145	143	141	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122	120	118	116
96	156	154	152	149	147	145	143	141	139	137	136	134	132	130	128	126	124	122	120	118	116
97	157	155	153	151	149	147	145	142	141	139	137	136	134	132	130	128	126	124	122	120	118
98	159	157	155	152	150	148	146	144	142	140	139	137	135	133	131	129	127	126	124	122	120
99	161	159	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122	120
100	163	160	158	156	154	152	150	147	145	143	142	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122
101	165	162	160	158	156	154	152	150	148	146	144	143	141	139	137	135	133	131	129	127	125
102	167	164	162	160	158	155	153	151	148	146	145	143	141	139	137	135	133	131	129	127	125
103	169	166	164	162	160	157	155	152	150	148	146	144	143	141	139	137	135	133	131	129	127
104	171	169	166	164	162	159	157	154	152	150	148	146	144	142	141	139	137	135	133	131	129
105	173	171	168	166	164	161	159	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136	134	132	130
106	175	172	170	168	166	164	161	158	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136	134	132
107	177	175	172	170	168	166	163	161	158	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136	134
108	179	177	174	172	170	168	165	163	161	158	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136
109	181	179	177	174	172	170	168	165	163	160	158	156	154	152	150	148	146	144	142	140	138
110	183	181	179	176	174	172	170	168	165	163	160	158	156	154	152	150	148	146	144	142	140
111	185	183	181	177	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156	154	152	150	148	146	144	142
112	188	186	184	181	178	176	174	172	169	167	165	163	160	158	156	154	152	150	148	146	144
113	190	188	186	183	181	178	176	174	172	169	167	165	163	160	158	156	154	152	150	148	146
114	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156	154	152	150	148
115	195	193	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156	154	152	150
116	197	195	192	190	187	185	183	180	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156	154	152
117	200	197	194	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156	154
118	202	199	197	195	192	190	187	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158	156
119	205	202	199	197	195	192	190	187	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160	158
120	207	204	202	199	197	194	192	189	187	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163	160
121	209	206	204	202	199	196	194	192	189	187	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165	163
122	211	208	206	204	202	199	197	194	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170	167	165
123	214	211	208	206	204	201	199	196	194	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170	167
124	216	214	211	208	206	204	202	199	197	194	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172	170
125	218	216	213	210	208	206	204	202	199	197	194	192	190	188	185	183	181	178	176	174	172
126	220	218	216	212	210	208	206	204	202	199	197	195	192	190	188	185	183	181	178	176	174
127	223	220	218	214	213	210	208	206	204	202	199	197	195	192	190	188	185	183	181	178	176
128	226	223	220	218	215	213	210	208	206	204	202	199	197	195	192	190	188	185	183	181	178

Tabla 11 (Continúa)

Instituto Americano del Petróleo (API)

Temperatura  
(° F)

Gravedad Específica 60°/60°

	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
20	145	144	143	142	141	140	140	139	138	138	137										
21	145	144	143	142	141	141	140	140	139	139	138	138									
22	146	145	144	143	142	141	141	140	140	139	139	138									
23	147	146	144	144	143	142	141	141	140	140	139	139									
24	147	146	145	144	143	142	142	141	141	140	140	139									
25	148	147	146	145	144	143	142	142	141	141	140	140									
26	149	147	146	145	145	144	143	142	142	141	141	140									
27	149	148	147	146	145	145	144	143	142	142	141	141									
28	150	149	148	147	146	145	144	144	143	142	142	141									
29	151	150	148	147	146	145	144	144	143	142	142	141									
30	151	150	149	148	147	146	145	145	144	144	143	143									
31	152	151	150	149	148	147	146	145	145	144	144	143									
32	153	151	150	150	148	147	147	146	145	145	144	144									
33	153	152	151	150	149	148	147	146	146	145	145	144									
34	154	153	151	151	150	149	148	147	146	145	145	145									
35	155	153	152	151	150	149	148	148	147	146	145	145									
36	155	154	153	152	151	150	149	148	148	147	146	146									
37	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	147	146									
38	157	155	154	153	152	151	150	149	148	147	147	146									
39	157	156	155	154	153	152	151	150	149	149	148	147									
40	158	157	156	155	153	152	151	151	150	149	149	148									
41	159	157	156	155	154	153	152	151	151	150	149	149									
42	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	150	149									
43	160	159	158	157	156	154	153	153	152	151	150	150									
44	161	160	158	157	156	155	154	153	152	152	151	150									
45	162	160	159	158	157	156	155	154	153	152	152	151									
46	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	152									
47	163	162	161	160	158	157	156	155	154	153	153	152									
48	164	163	162	160	159	158	157	156	155	154	154	153									
49	165	164	162	161	160	159	158	157	156	155	155	154									
50	166	165	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154									
51	167	166	164	163	162	161	160	159	158	157	156	155									
52	168	167	165	164	163	162	160	159	158	157	156	155									
53	169	167	166	165	164	163	161	160	159	158	157	157									
54	170	168	167	166	165	164	162	161	160	159	158	157									
55	171	169	168	167	166	165	163	162	161	160	159	158									
56	172	170	169	168	167	166	164	163	162	161	160	159									
57	173	172	170	169	168	167	165	164	163	162	161	160									
58	174	173	171	170	169	168	166	165	164	163	162	161									
59	175	174	172	171	170	169	167	166	165	164	163	162									
60	176	175	173	172	171	170	168	167	166	165	164	163									
61	177	176	174	173	172	171	170	169	168	167	166	164									
62	178	177	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166									
63	179	178	177	175	174	173	172	171	170	169	168	167									
64	180	179	178	176	175	174	173	172	171	170	169	168									
65	181	180	179	177	176	175	174	173	172	171	170	169									
66	182	181	180	178	177	176	175	174	173	172	171	170									
67	183	182	181	179	178	177	176	175	174	173	172	171									
68	184	183	182	180	179	178	177	176	174	174	173	172									
69	185	184	183	181	180	179	178	177	175	175	174	173									
70	186	185	184	182	181	180	179	177	176	175	174	174									
71	187	186	185	183	182	181	180	178	177	176	175	174									
72	188	187	186	184	183	182	181	179	178	177	176	175									
73	189	188	187	185	184	183	182	180	179	178	177	176									
74	190	189	188	186	185	184	183	181	180	179	178	177									

Tabla II (Continua)

Medición de petróleo líquido por Medidores de Desplazamiento Positivo

Temperatura	Gravedad Especifica 60°F/60°F															
°F	67.3	67.8	68.3	68.8	69.3	69.8	70.3	70.8	71.3	71.8	72.3	72.8	73.3	73.8	74.3	74.8
75	191	190	189	187	186	185	184	182	181	180	179	178				
76	192	191	190	188	187	186	185	183	182	181	180	179				
77	193	192	191	189	188	187	186	184	183	182	181	180	179			
78	194	193	192	190	189	188	187	185	184	183	182	181				
79	196	194	193	192	190	189	188	186	185	184	183	182				
80	197	196	194	193	191	190	189	187	186	185	184	182				
81	199	197	195	194	193	191	190	188	187	186	185	183				
82	200	198	197	195	194	192	191	190	188	187	186	184				
83	201	199	198	196	195	194	192	191	189	188	187	185				
84	203	201	199	198	196	195	193	192	191	189	188	186				
85	204	202	201	199	198	196	195	193	192	191	189	188				
86	205	204	202	200	199	197	196	195	193	192	190	189				
87	207	205	203	202	200	199	197	196	194	193	192	190				
88	208	206	205	203	202	200	199	197	196	194	193	192				
89	209	208	206	205	203	201	200	199	197	196	194	193				
90	211	209	207	206	204	203	201	200	198	197	195	194				
91	212	210	209	207	206	204	203	201	200	198	197	195				
92	213	212	210	209	207	205	204	202	201	200	198	197				
93	215	213	212	210	208	207	205	204	202	201	199	198				
94	216	215	213	211	210	208	207	205	203	202	201	199				
95	218	216	215	213	211	210	208	207	205	203	202	200				
96	219	217	216	214	213	211	209	208	206	205	203	202				
97	221	219	217	216	214	212	211	209	208	206	205	203				
98	222	221	219	217	216	214	212	211	209	208	206	205				
99	224	222	221	219	217	215	214	212	211	209	207	206				
100	225	224	222	220	219	217	215	214	212	210	209	207				
101	227	225	223	222	220	218	217	215	213	212	210	209				
102	228	226	225	223	222	220	218	217	215	213	212	210				
103	230	228	227	225	223	222	220	218	216	215	213	212				
104	231	229	228	226	225	223	222	220	218	216	215	213				
105	232	231	229	228	226	224	223	221	220	218	216	215				
106	234	232	231	229	228	226	224	223	221	220	218	216				
107	235	234	232	230	229	228	226	224	223	221	219	218				
108	236	235	234	232	230	229	227	226	224	223	221	220				
109	238	236	235	233	232	230	229	227	226	224	223	221				
110	240	238	236	235	233	232	230	229	227	226	224	223				
111	242	240	238	236	234	233	231	230	228	227	225	224				
112	244	242	240	238	236	234	233	231	230	228	227	225				
113	246	244	242	239	237	235	234	233	231	230	228	227				
114	248	246	244	242	239	237	235	234	233	231	230	228				
115	250	248	246	244	242	239	237	235	234	232	231	229				
116	253	250	248	246	244	242	239	237	235	234	232	231				
117	255	253	250	248	246	244	241	239	237	235	234	232				
118	258	255	253	250	248	246	244	241	239	237	235	233				
119	260	258	255	253	251	248	246	244	241	239	237	235				
120	263	260	258	256	253	251	248	246	244	241	239	236				
121	265	263	261	259	256	254	251	248	246	244	241	239				
122	268	266	264	262	259	257	254	251	248	247	245	241				
123	270	268	266	264	262	260	257	254	251	249	246	244				
124	272	270	269	267	265	263	260	257	254	252	249	246				
125	274	272	271	269	267	265	263	261	258	255	252	249				
126	276	275	273	271	269	268	266	264	261	258	256	253				
127	279	277	275	273	271	270	268	267	264	262	259	256				
128	281	279	277	275	273	272	270	269	267	266	263	260				

## II.6.- PROBADORES VOLUMETRICOS CERRADOS. (Figuras II.12 y II.13).

El método es aplicable sólo a probadores cerrados con cuello graduado superior e inferior y con líquido inmiscibles de diferente gravedad específica, el uso de accesorios y tuberías son diseñadas de acuerdo para los siguientes métodos:

A) Método de doble tanque.

B) Método de un solo tanque, en el cual el agua descarga hacia un tanque auxiliar o presa.

El procedimiento básico de prueba para cada uno de los métodos es igual, la diferencia es la reutilización de agua.

El método de doble tanque comienza con el llenado completo del segundo probador hasta la válvula de purga, el agua de éste modo desplaza el aire a través de la salida del segundo probador y antes de que la válvula de purga sea completamente cerrada, el líquido de prueba es admitido hacia el segundo probador hasta la parte superior, expulsando el aire, o vapor de la tubería del probador, hasta que la línea se encuentre completamente llena de líquido.

En ese momento las líneas de agua están interconectadas con el primer probador y son abiertas, el líquido de prueba del medidor es utilizada para impulsar el agua del segundo probador hacia el fondo del primer probador.

El flujo continúa hasta que el agua comience a pasar a través de la válvula de purga superior del primer probador, ventando el aire, o vapor a través de la válvula y en ese tiempo el flujo para. El líquido de prueba del medidor es admitido hasta la parte superior del primer probador ventando al aire, o vapor hasta que la línea esté completamente llena. En ese instante la válvula de purga del primer probador es cerrada y

el sistema se encuentra completamente lleno, el líquido de prueba adicional es admitido hacia el primer probador, desplazando el agua hacia el segundo probador, hasta que el menisco de agua coincida con la marca cero superior del primer probador y el nivel de agua del segundo probador se encuentre cercano al centro del cuello inferior. Los probadores se encuentran ahora en condiciones de iniciar una prueba normal al medidor.

Al realizar la prueba del primer probador, todas las válvulas excepto la válvula G (de arranque y paro) y válvula C son abiertas (ver figura). Registrando la presión y lectura inicial del cuello superior del primer probador.

El medidor se para cerrando la válvula D, la lectura inicial del medidor es registrada, el flujo se inicia abriendo la válvula G y el gasto de flujo se establece por el control en la válvula F, el agua es desplazada hacia el segundo probador que está en turno desplazando el líquido de prueba arriba del agua en el segundo probador regresando a través de la válvula A a un punto corriente abajo de la válvula D.

El flujo continúa al gasto deseado hasta que el menisco agua - líquido aparezca en el fondo del vidrio del instrumento indicador del primer probador, tiempo en el cual la válvula de arranque y paro G es cerrada. Registrando las lecturas de la parte baja del instrumento indicador del primer probador y observando al mismo tiempo la temperatura y presión del líquido de prueba y la lectura de cierre del medidor.

Durante el llenado del primer probador con el líquido de prueba, si el medidor no tiene compensador de temperatura, la temperatura del flujo medido debe determinarse y registrarse con frecuencia para asegurar la exactitud de la medición, el volumen medido es entonces comparado con el volumen del probador lo que constituye la primera prueba.

Al realizar la segunda prueba, las lecturas iniciales son registradas

y el menisco agua - líquido en la parte superior del cuello del segundo probador es observado, la lectura inicial de apertura puede ser la lectura de cierre de la primera prueba.

El flujo de líquido de prueba comienza a introducirse hacia el segundo probador cerrando primeramente la válvula A, abriendo la válvula C, cerrando la válvula E y abriendo la válvula D; entonces se abre la válvula de arranque y paro G. Manteniendo el gasto deseado por medio de la válvula F, el flujo continúa hasta que el menisco agua - líquido aparezca en el cuello inferior del segundo tanque. La válvula G es entonces cerrada registrando todas las lecturas y realizando los cálculos como en la primera prueba, si se hacen subsecuentes pruebas se repite el procedimiento anterior.

La prueba de medidores de un solo tanque por el método de desplazamiento de agua en principio y de la misma manera es igual al método de doble tanque, la diferencia esencial es que el desplazamiento de agua del probador se realiza por una bomba regresándolo hacia el probador de una fuente de abastecimiento.

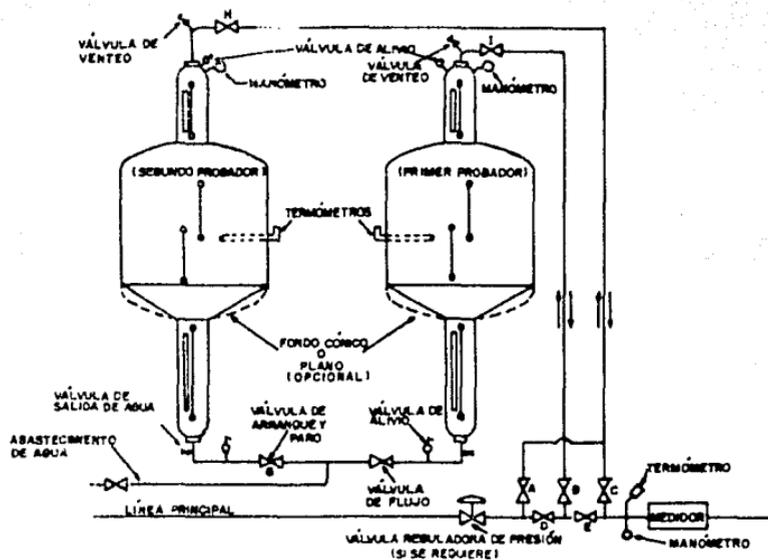
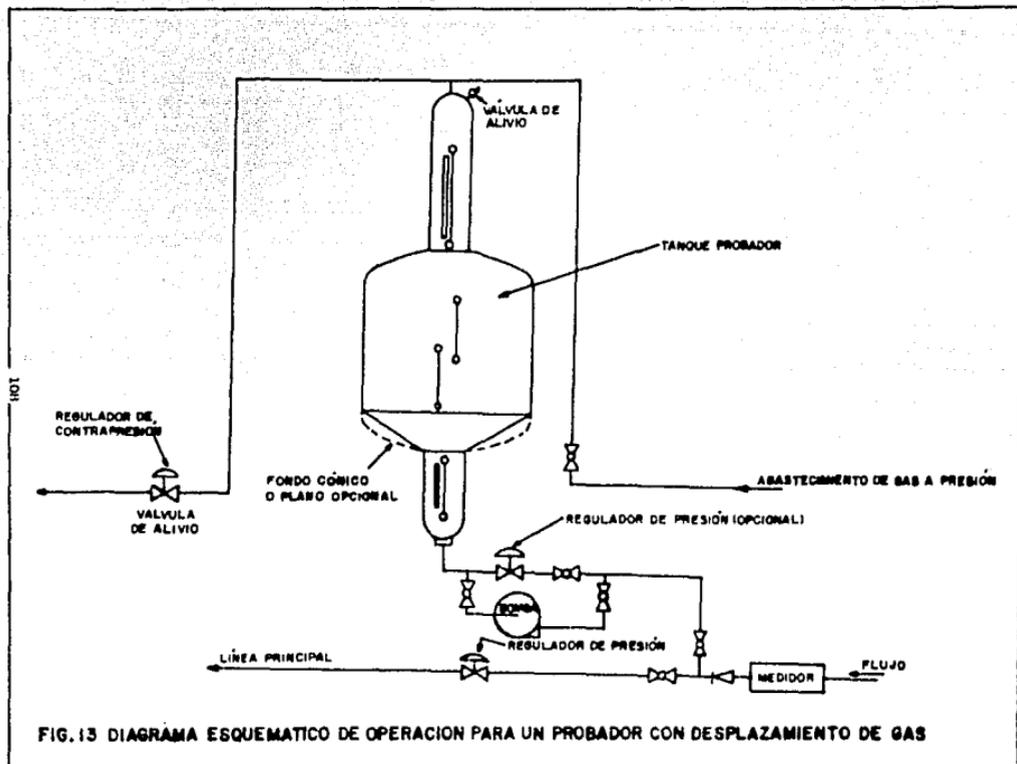


FIG.12 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OPERACION PARA UN PROBADOR DE DOBLE TANQUE Y DESPLAZAMIENTO CON AGUA



## II.6.1.- METODO DE DESPLAZAMIENTO DE GAS. (Figura II.14).

El método de desplazamiento de gas para pruebas en medidores incluye el efecto de la presión de gas en el interior del probador para minimizar pérdidas por evaporación del líquido de prueba. El método de prueba es aplicable para el cuello graduado superior e inferior, con cuello graduado en la parte superior de una sola presa, y probadores cerrados de doble presa. La determinación del nivel del líquido bajo cero y el nivel del líquido final puede ser similar al esquema para el probador cuando se utiliza probadores volumétricos abiertos. Un regulador de presión del gas debe ser utilizado para mantener la presión deseada (necesariamente arriba de la presión de vapor del líquido de prueba) en el probador cuando se sigue este método.

En la prueba de un medidor con ese método, la presión de vapor, o de gas es aplicada al probador, por lo que al purgar el aire, entonces la presión se eleva hasta el punto deseado.

El flujo medido es entonces devuelto hacia el probador a iguales temperaturas purgando los vapores de las líneas de prueba y asegurando que las paredes estén totalmente mojadas dentro del probador. Durante el llenado, la contrapresión del gas debe ser ajustada para mantener la presión requerida en el probador.

Después de que el probador ha sido llenado, el líquido es retirado hasta que el nivel del líquido esté en la marca cero. Como el líquido de prueba es retirado, el probador es llenado con gas a presión, preferentemente saturado. El probador puede ser equipado con una boquilla pulverizadora para rociar completamente el interior con el líquido de prueba hasta saturar el espacio de vapor.

El sistema de rocío debe ser hecho durante el retiro del líquido del probador.

Cuando el nivel del líquido se aproxima a la marca del fondo (cero), el rocío debe suspenderse y las paredes del probador deben permitir el drenaje antes de que comience la prueba.

La prueba es corrida comenzando directamente con el líquido a través del medidor hacia el probador, después registrar las lecturas del medidor, leyendo la lectura más baja del líquido y las presiones y temperaturas necesarias. Cuando el líquido aparece como el nivel de líquido final, el flujo hacia el probador es detenido y las lecturas requeridas son registradas. Subsecuentes pruebas pueden ser corridas básicamente de la misma manera.

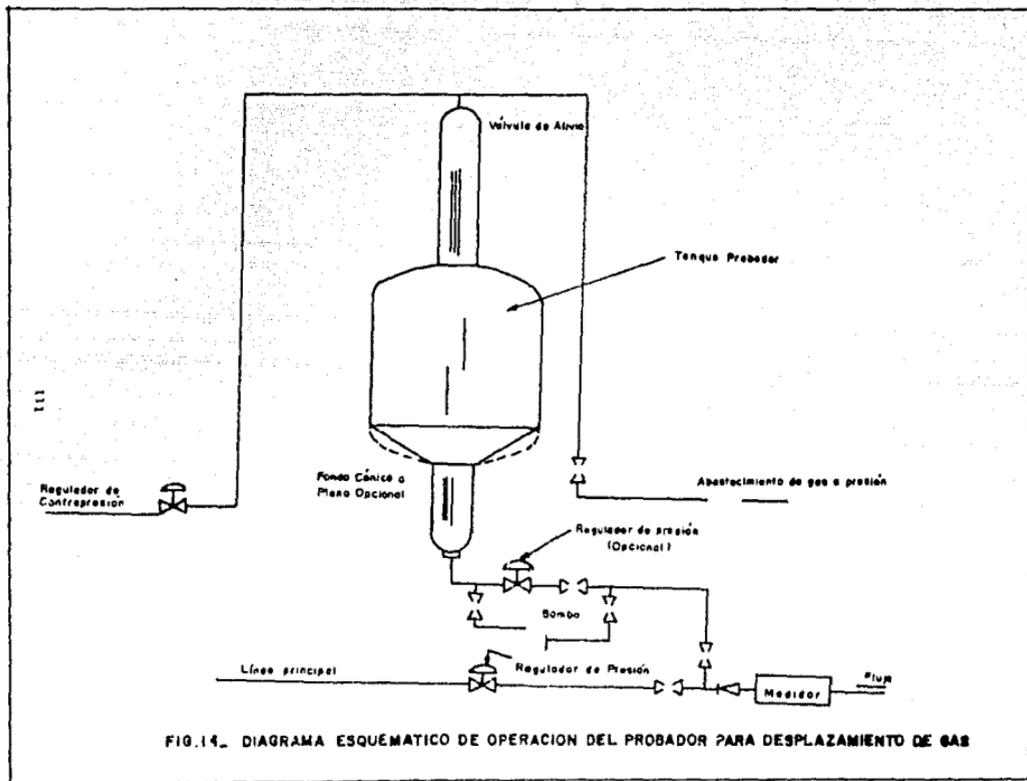


FIG.14. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE OPERACION DEL PROBADOR PARA DESPLAZAMIENTO DE GAS

## II.6.2.- METODO DE DESPLAZAMIENTO POR VAPOR.

Este método es usado en medidores que delimitan líquidos con alta presión de vapor, semejantes al LPG, un recipiente adicional, implica el uso de una igualdad de presión entre el espacio de vapor del probador y el recipiente adicional. La línea de vapores admite que el líquido de prueba pase libremente entre el probador y el recipiente adicional, causando presiones en los dos recipientes siendo iguales para cualquier tiempo. Este método de prueba es generalmente limitado para una presión tipo, en probadores con cuello graduado superior e inferior. La determinación del nivel del líquido más bajo (cero) y el nivel del líquido final puede ser similar al delineado por los probadores volumétricos abiertos.

En la preparación del sistema para la prueba del medidor, el vapor del tanque adicional permite llenar e igualar la línea del probador.

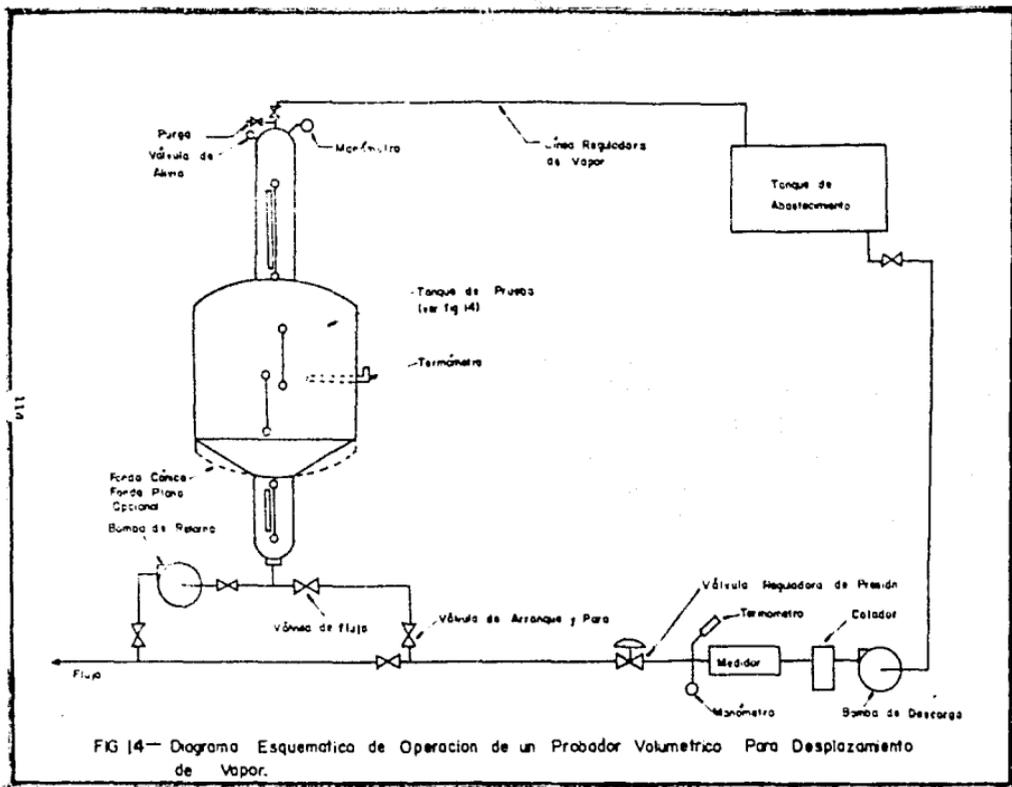
El líquido de prueba es entonces utilizado para llenar el probador, venteadando el aire del probador a través de la apertura superior.

La igualación de vapor en la línea puede ser entonces abierta al probador, con lo cual las condiciones de equilibrio entre el probador y el recipiente adicional se establecen.

El líquido de prueba es entonces bombeado hasta que el nivel del líquido aparezca en el fondo del vidrio del instrumento como al comienzo del nivel; entonces la bomba es parada y en la línea de bombeo la válvula es cerrada y se comienza a observar el nivel del líquido y se registra. La liberación de la bomba da principio y en la entrada de la tubería del probador la válvula es presurizada. La lectura de apertura del medidor y temperaturas y presiones necesarias son observadas y registradas, después de que la válvula (arranque y paro) se abra, el flujo comienza a pasar a través del medidor y hacia el probador la válvula de gasto se ajusta para

el gasto de flujo deseado. Como el probador se llena, el vapor que se encuentra arriba del líquido en el probador es desplazado hacia el espacio de vapor del tanque suplente a través de la línea de igualación. Cuando el líquido en el probador aparece al final del nivel del líquido en la parte superior del cuello, el flujo se para y se lee la lectura final del nivel del líquido. La temperatura y presión del probador y la lectura de cierre del medidor se observa y se registra. Si una temperatura no compensada es utilizada, la temperatura de la corriente medida debe de ser determinada y registrada frecuentemente, durante todo el llenado del probador para asegurar una exactitud de la temperatura promedio del líquido cuando pasó a través del medidor. Subsecuentes corridas son hechas de la misma manera.

Hay que hacer notar el hecho de que cualquier incremento de la presión en el espacio de vapor dentro del probador mientras se llena el tanque de suministro, esto puede causar condensación de vapor en el probador y dar lugar a errores. Los errores también pueden ser causados por la adición de calor proveniente de bombas, radiación solar, y otras fuentes externas de calor.



### II.6.3.- METODO DE CONDENSACION DE VAPOR.

El método de condensación de vapor se usa para la prueba LPG y consiste en llenar completamente un probador sin el uso de una línea de retorno de vapor. Este método de prueba es aplicable sólo al probador de condensación de vapor, el cual se ilustró en la figura de probadores abiertos. Con este método se debe conocer el volumen total dentro del probador para determinarlo.

Se debe equipar el probador con un dispositivo atomizador en la parte alta de éste, el cual proveerá máximo contacto entre el rocío y los vapores del probador durante el llenado para asegurar que éste se llene de líquido. En este tipo de probador se usan válvulas de escape en la parte más alta y más baja, en vez de vidrios de seguridad, considerando que se debe checar el probador para determinar si está vacío o lleno. Antes de iniciar la prueba, se debe llenar y vaciar el probador una, o más veces para igualar la temperatura y purgar las líneas de vapor. Después de que el probador ha sido vaciado de líquido, se saca a la atmósfera una porción de los vapores para reducir la presión dentro del probador a un predeterminado nivel. Entonces se checa la válvula de escape de la parte baja para asegurar que el probador está vacío de líquido y se deberá presurizar la tubería de válvula de admisión. La lectura inicial del medidor y la temperatura y presión del vapor en el probador deberán ser anotados y registrados. Se inicia entonces la prueba dejando fluir el líquido a través del medidor dentro del probador al gasto de fluido deseado. Si se usa un compensador de temperatura, la temperatura de la corriente medida deberá ser determinada y registrada frecuentemente, durante el llenado del probador para asegurar una temperatura promedio exacta del líquido mientras pasa a través del medidor.

El fluido dentro del probador deberá continuar hasta que el medidor pare. Cuando el medidor pare, la válvula de admisión al probador deberá cerrarse, y la lectura final del medidor, la temperatura y la presión del probador, deberán ser anotadas y registradas. La válvula de escape de la parte alta se usa para determinar si el probador está completamente lleno. Si no está lleno de líquido la prueba deberá ser deshechada. El volumen real dentro del probador será el volumen del probador menos el volumen del vapor condensado por la diferencia en la temperatura de la corriente medida y la temperatura del líquido en el probador al final de la prueba. La prueba del medidor por este método, se puede facilitar usando tablas especiales en las cuales se pueden leer directamente las correcciones.

#### II.6.4.- METODO DE DESPLAZAMIENTO MECANICO.

El procedimiento para probar medidores dentro de probadores de desplazamiento de pistón depende del tipo de probador que se use. Estos procedimientos se describen en los siguientes párrafos para el probador de pistón de desplazamiento bidireccional y el probador de pistón de desplazamiento unidireccional.

##### Método de pistón bidireccional.

El probador de desplazamiento bidireccional consta de un cilindro ajustado, con un pistón sellado, el probador debe ser desplazado con líquido un número suficiente de veces para asegurar que está lleno y libre de vapor, así como para igualar las temperaturas del probador, estos desplazamientos son efectuados al cambiar alternamente las dos posiciones, válvula de cuatro terminales, válvula de cuatro aberturas de una posición a otra. Los vapores, si se presentan, pueden ser librados del cilindro a través de las válvulas de salida de vapor en la parte más alta del cilindro, la válvula de presión diferencial si se requiere, deberá ser ajustada para asegurar que el líquido que entra y sale del probador no está quemando al vapor.

La prueba se inicia al mover el pistón a su stop en cualquier terminal del cilindro, anotando la lectura inicial del medidor y entonces se cambia la válvula de cuatro terminales a su posición alterna para empezar a fluir dentro del probador.

Cuando el pistón embale por completo, el líquido que fluye a través del medidor se detendrá automáticamente cuando el volumen del líquido conocido y precalibrado haya sido desplazado del cilindro. La lectura final del medidor se registra junto con las presiones y temperaturas necesarias observadas durante la prueba.

#### Método de pistón unidireccional.

El método de prueba de pistón unidireccional está constituido de una sección de la línea como probador, en la cual está instalado un medidor o medidores, con un pistón empleado para desplazar líquido entre dos puntos de referencia en los extremos de la sección.

Este pistón puede constar de una flecha de acero equipada con discos raspadores convencionales de goma, o dispositivos de engrase montados en cada terminal, y otros dispositivos convenientes.

Se inserta un pistón en el barril de lanzamiento y el barril se llena con líquido. Las válvulas en el barril de recepción se arreglan para permitir recorrer un pistón dentro del barril receptor. Se hace la lectura inicial del medidor en el contador o contadores de prueba, el pistón se lanza dentro de la sección de probador. El contador de prueba será insertado cuando el contador entre en contacto con el primer indicador mecánico y se liberará cuando entre en contacto con el segundo indicador. La temperatura medida debe ser registrada conforme avanza la prueba a menos que se use un medidor de temperatura condensada. Cuando la sección, del probador esté por debajo del nivel del agua del medidor, la temperatura y la presión en el indicador deberán ser observadas y registradas, cuando el pistón alcance al indicador N° 2 y cuando la sección del probador esté por encima del nivel del agua, del medidor, la temperatura y la presión deberán ser observadas y registradas cuando el pistón alcance al indicador N° 1. Tales lecturas se promedian para encontrar la temperatura representativa y la presión del volumen del líquido desplazado. El pistón desplazará o permitirá reemplazar un volumen de líquido conocido de la sección del probador que será

comprobable al registro indicado en los medidores. Después de que el pistón haya hecho contacto con el indicador N° 2, se obtiene la lectura final del medidor para el registro de prueba, es necesario conocer el tiempo transcurrido entre los indicadores N° 1 y del N° 2, para determinar el gasto del fluido. El volumen real desplazado de la sección del probador se obtiene aplicando correcciones apropiadas al volumen base (calibrado) del probador.

#### II.6.5.- METODO DE MEDIDOR MAESTRO.

El método de prueba de medidor maestro requiere el uso de un medidor maestro de ejecución aceptable, para checar el medidor que se va a probar. El medidor maestro puede ser cualquiera que tenga batería paralela, un medidor portátil o un medidor en una estación de prueba usado específicamente para probar medidores. El método de medidor maestro deberá ser seguro, consistente en su ejecución y mantenido en las mejores condiciones de operación.

Si se usa uno portátil, el medidor maestro deberá ser protegido adecuadamente contra daños de transportación, manejo e instalación. El medidor deberá ser probado frecuentemente con un sistema de prueba aceptable al gasto de flujo como sea necesario y bajo condiciones que simulen aquellas bajo las cuales operará. Se establece su exactitud y se debe mantener dentro de las tolerancias deseadas, compatible con la calidad de exactitud de medición deseada.

Al probar el medidor maestro, se deberá capturar un registro completo de todos los datos de manera que puedan ser aplicadas las correcciones necesarias cuando se use el medidor maestro para probar medidores bajo diferentes condiciones de presión y temperatura de aquellas existentes durante la prueba del medidor maestro.

El medidor maestro se conecta en serie al medidor que se va a probar, si se operan los dos medidores al gasto de flujo deseado, por un período de tiempo suficiente para purgar el sistema e igualar, arrancar y detener la operación.

Se detiene el fluido a través de los medidores y se registran las lecturas iniciales. Para iniciar la prueba de funcionamiento se inicia el fluido a través de dos medidores simultáneamente, abriendo una válvula en el lado que esté bajo el nivel del agua de los medidores para obtener el gasto de fluido deseado. Cuando ha transcurrido el tiempo suficiente para estipular una prueba satisfactoria del medidor, los dos medidores se detienen cerrando la misma válvula. Se recomienda una prueba de funcionamiento de un mínimo de cinco minutos. Las lecturas finales y las presiones y temperaturas necesarias deberán ser observadas y registradas.

#### II.7.- PROBADORES GRAVIMÉTRICOS ABIERTOS. (Figura II.15).

Se hace un ensayo preliminar y se llena el probador con el líquido de prueba para purgar el sistema de aire o vapor y para igualar temperaturas. Cuando el probador está lleno, se debe revisar que no haya fugas en las válvulas y conexiones, así como la escala de medición para asegurar que la operación tenga un rango de exactitud, entonces se drena el probador dejando suficiente líquido para eliminar la línea de admisión. Al empezar la prueba se registra la lectura inicial del probador; entonces se lee en la escala el incremento cercano a la primer mitad de la división de la escala, la cual se considera como un promedio representativo el fluido a través del medidor se registrarán también las presiones y temperaturas

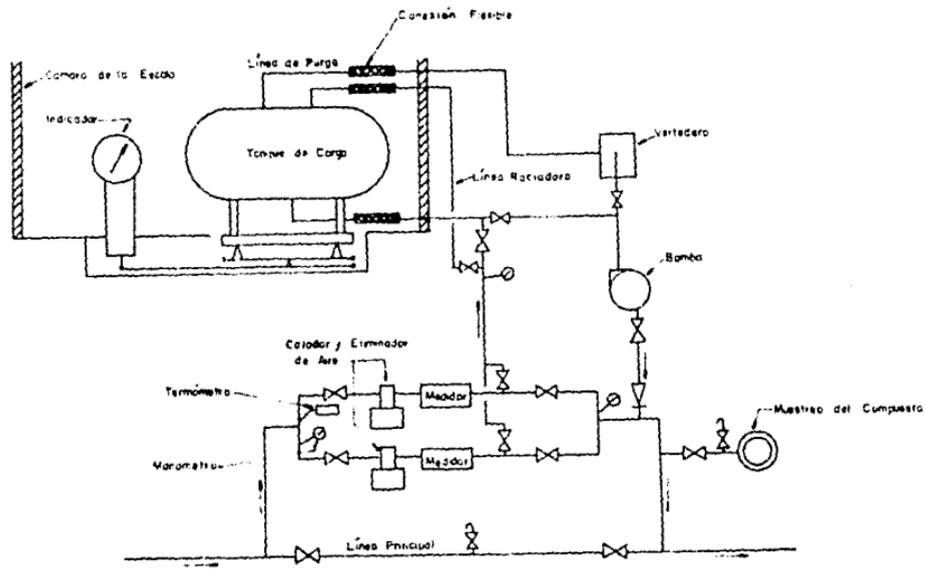


FIG.115 Diagrama Esquemático de Operación Para un Sistema Gravimétrico Abierto.

necesarias con el tiempo mientras el probador se llena cuando el nivel del líquido en el probador se acerca a su máxima capacidad el fluido se detiene anotando la lectura final del medidor, el peso bruto en la escala, se obtiene del peso neto del líquido en el probador restando el peso promedio del peso bruto. El volumen correspondiente a este peso neto se calcula de la densidad del líquido medido y comparado con el volumen para determinar la ejecución del medidor. El peso neto del líquido en el probador se puede comparar también con el peso neto calculado correspondiente al volumen registrado en el medidor.

#### II.7.1.- PROBADORES GRAVIMÉTRICOS CERRADOS. (Figura II.16).

Los métodos de desplazamiento de gas, de vapor y condensación de vapor señalados para probadores cerrados volumétricos son métodos aceptables para controlar la vaporización, en probadores gravimétricos cerrados. Método de desplazamiento de gas. La presión en un probador de desplazamiento cerrado de gas se debe mantener suficientemente por arriba de la presión de vapor del líquido para prevenir la vaporización es decir, que se establezca un 10% por encima de la presión de vapor.

El método de prueba de desplazamiento de gas dentro de un probador gravimétrico cerrado consiste en aplicar presión de vapor o gas al probador, elevando la presión a un punto deseado. Se deberá usar un regulador de gas de presión sostenida para mantener la presión deseada en el probador durante la prueba de operación, se debe de hacer un apropiado cuantico del peso del vapor desplazado durante el llenado.

Método de condensación de vapor, el método de prueba de condensación de vapor dentro de un probador gravimétrico cerrado consiste en llenar el probador sin el uso de una línea de retorno de vapor condensado mientras

se llene el tanque y por tal motivo no exista escape de vapor al probador con este método. A continuación se anexa el reporte de prueba por el método gravimétrico.

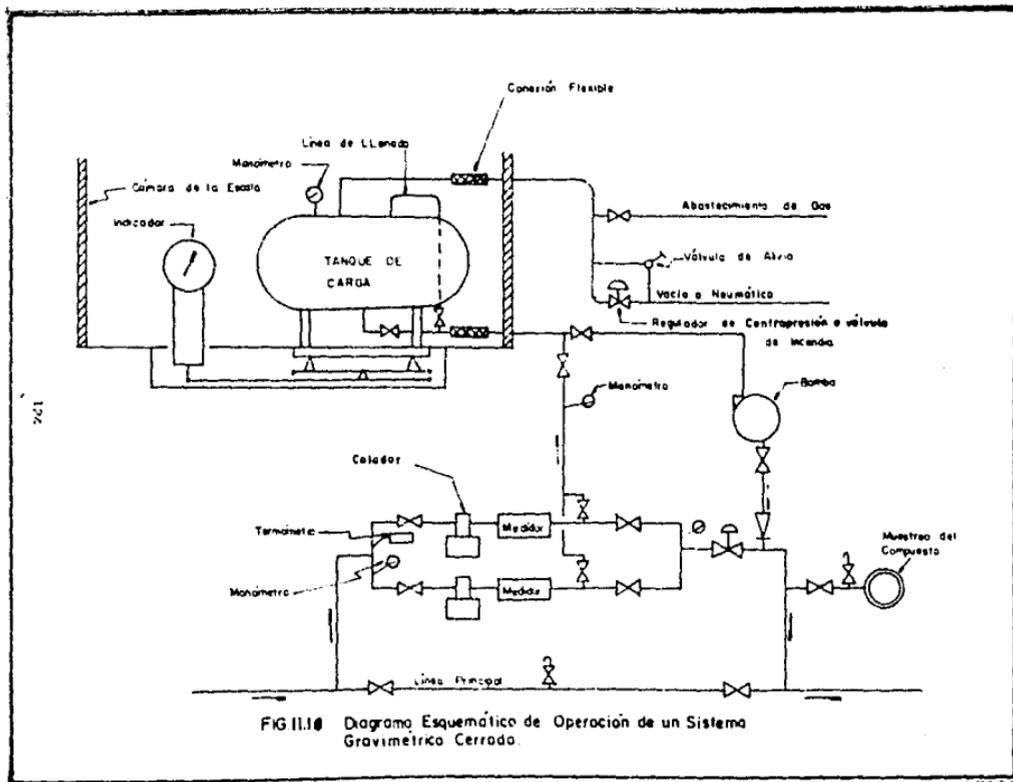


FIG. 11.10 Diagrama Esquemático de Operación de un Sistema Gravimétrico Cerrado.

## II.7.2.- DETERMINACION REAL EN LA MEDICION DEL VOLUMEN POR PROBADORES GRAVIMÉTRICOS.

En los métodos de prueba gravimétricos, la gravedad específica (\*API) del líquido tratado debe de ser determinada exactamente para calcular el volumen correspondiente al peso neto del líquido, el cual se mide dentro del probador. El volumen determinado por el método gravimétrico será a la presión de referencia, y a la temperatura a la que la gravedad específica (\*API) determinada.

En este método de prueba el efecto de flotación del aire es también una consideración importante.

El volumen real medido en un probador gravimétrico abierto o cerrado puede ser expresado como sigue:

$$V_t 60^{\circ}\text{F} = \frac{W_g + W_v - W_t}{W_{uv} 60^{\circ}\text{F}}$$

Donde:

$V_t 60^{\circ}\text{F}$  = Volumen medido en el probador a  $60^{\circ}\text{F}$ .

$W_g$  = Peso bruto en el probador y líquido tratado en libras.

$W_v$  = Peso del aire, gas o vapor desplazado del probador en libras.

$W_t$  = Peso promedio del probador y líquido tratado a  $60^{\circ}\text{F}$  corregido si es necesario por flotación del aire, en libras.

$W_{uv}$  = Peso por unidad de volumen del líquido de prueba a  $60^{\circ}\text{F}$ , si es necesario es corregido por fluctuación de aire, libras.

El volumen medido del probador se puede calcular a cualquier temperatura, el peso por unidad de volumen debe de estar a la misma temperatura de referencia.

#### Peso del vapor.

En la prueba gravimétrica puede ser necesario explicar el peso de aire, o del vapor (Wv) desplazado del probador durante el llenado. Una explicación apropiada del aire o vapor transferido requiere del análisis exacto del vapor para determinar sus propiedades físicas.

#### Peso por unidad del volumen.

El peso por unidad del volumen (Wuv) se determina por medio de tablas proporcionadas por ASTM o NGAA usando la gravedad específica de una muestra representativa del líquido tratado.

#### Procedimiento del muestreo.

Una muestra que es representativa del líquido medido que fluye dentro del tanque se debe obtener antes de la medición y durante el ensayo de la prueba.

Esta muestra se usa para determinar la gravedad específica del líquido. La determinación de la gravedad específica se determina por medio del hidrómetro, que es el instrumento más frecuente usado para determinar la gravedad específica.

Los hidrómetros son fabricados en Estados Unidos y están calibrados para indicar gravedades corregidas por el efecto de flotación de aire o gravedad real.

El picnómetro, o método de botella se utiliza para determinar la gravedad específica, existen varios tipos de picnómetros. En este método se debe de tener mucho cuidado al limpiar el picnómetro evitando burbujas de aire en la muestra y al pesar, para determinar exactamente la gravedad específica. Este método no corrige el efecto de flotación en el aire y los resultados obtenidos son vapores "aparentes".

El método de botella de galón es una variación del picnómetro que consiste en determinar el peso promedio de una botella cerrada de cualquier capacidad con un volumen ya conocido exactamente. La botella se llena completamente hidrostáticamente comparando el valor conocido de la muestra y determinando exactamente el peso bruto. El peso neto de la muestra del líquido es el peso bruto menos el peso promedio, donde la densidad de la muestra está en lb/galón y la cual se determina dividiendo el peso neto entre el volumen de la muestra en la botella los resultados obtenidos por este método son aparentemente a menos que se corrijan por el efecto de flotación del aire.

La balanza Westphal es un instrumento diseñado para la medición de la densidad específica por medio del método de peso hidrostático. Esta consiste de una sensitiva y analítica balanza para determinar el efecto de flotación del líquido siendo examinado con una plomada (nivel) de un predeterminado volumen y totalmente inmersa. El resultado es la aparente gravedad específica a menos que se corrija por el efecto de flotación del aire, o a menos que el instrumento sea calibrado para compensar una densidad promedio del aire, para dar una gravedad específica real.

La balanza Westphal deberá ser chequeada periódicamente en un laboratorio para asegurar que no se dañen los mecanismos de la balanza.

#### CALCULO DEL PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN EN PROBADORES ABIERTOS.

En el caso de probar dentro de un tanque gravimétrico abierto, el peso aparente de la corriente de aire examinada se lee de la escala y la cantidad pesada es afectada por el efecto de flotación de aire. Las tablas ASTM D 1250 dan el peso aparente de líquidos de petróleo correspondiendo a la gravedad específica API "real".

El peso por unidad de volumen (Wuv) como se usa en el cálculo del volumen medido en el probador se lee directamente en estas tablas.

#### PROBADORES CERRADOS.

En el caso de probar dentro de los tanques gravitacionales cerrados, el peso real de la corriente de aire examinada es la diferencia entre el peso bruto y el peso promedio indicado, considerando que los efectos de flotación de aire en el probador del líquido al inicio y al final de la prueba son iguales. Como las tablas ASTM D 1250 muestran el peso aparente del líquido, es necesario corregir este peso al peso real, tomando en cuenta el efecto de flotación del aire. El peso por unidad de volumen (Wuv) se utiliza en el cálculo del volumen medido en el probador y se reporta como sigue:

Wuv = Peso aparente por unidad de volumen, de las tablas.

ASTM D 1250 + factor de flotación de aire por unidad de volumen.

#### DETERMINACION DEL EFECTO DE FLOTACION DE AIRE.

La corrección por el efecto de flotación de aire aplicado a cualquier peso aparente es necesaria para convertirla en peso real y se calcula multiplicando la densidad del aire por la diferencia entre el volumen del objeto pesado y el volumen de los pesos requeridos para balancear en el brazo de la balanza. La corrección por flotación es adicionada

al peso aparente del líquido para obtener su peso real, se puede observar que para propósitos prácticos de campo, la corrección por flotación puede ser expresada como sigue:

$$B = (0.9) (d_a) (V)$$

Donde:

B = Flotación de aire, en libras por pie cúbico.

$d_a$  = Densidad del aire en libras por pie cúbico.

V = Volumen del líquido en peso en pies cúbicos.

Por lo tanto la corrección de flotación por galón es:

$$B \text{ (Galón)} = \frac{(0.9) (d_a)}{7.4805} \quad (0.12030) (d_a)$$

Y la corrección por barril es:

$$B \text{ (Barril)} = (0.9) (d_a) (5.6146) = (5.05314) (d_a)$$

Estos resultados se pueden computarizar por medio de un programa de computación y el máximo error esperado utilizando esta fórmula no es más del 0.005% de error al utilizar el método gravimétrico de prueba dentro de un probador cerrado y obteniendo una tabla de pesos reales de líquido.

Para determinar el efecto de flotación del aire, es necesario conocer la densidad del aire. Para una mayor presión posible en la determinación de la densidad del aire en el lugar y a la hora de la prueba, se debe usar un Psicrómetro de banda para determinar las temperaturas, seca y húmeda del aire y un barómetro aceptable para corregir la elevación local y medir la presión atmosférica a la hora de la prueba, la densidad del aire, se determina de la manera siguiente:

$$d_a = \frac{P_a - 0.38 p}{0.754 T_a}$$

Donde:

Da = Densidad del aire atmosférico, en libras por pie cúbico.

Ta = Temperatura absoluta del aire atmosférico, en °F + 460.

Pa = Presión barométrica, en pulgadas de mercurio a 32°F.

Pv = Presión parcial de vapor de agua en la atmósfera en pulgadas de mercurio.

$$Pv = Pg - \frac{Pa (Ta - Tw)}{2.800 - 1.3 Tw}$$

Pg = Presión saturada de vapor de agua a la temperatura de humedad de los bulbos en pulgadas de mercurio (de las tablas de vapor con su correspondiente T).

Ta = Temperatura de bulbo seco, en grados °F.

Tw = Temperatura de bulbo húmedo, en grados °F.

De acuerdo con las partes incluidas y para propósitos prácticos se puede usar una densidad promedio del aire standard de 0.001217 g/cm<sup>3</sup> como en las tablas ASTM D 1250 la densidad promedio en unidades del sistema inglés es de 0.0759752 lb/ft<sup>3</sup> a 60°F, o 0.4265 lb / barril a 60°F. El funcionamiento de un medidor se puede obtener probando éste, su exactitud depende de los resultados relativos para cualquier grupo de condiciones operantes como por ejemplo presión, gasto de flujo, viscosidad, gravedad, condiciones mecánicas del medidor y la temperatura; su funcionamiento cambiará siempre que no cambie alguna de las condiciones significativas bajo las cuales opera. Por esta razón un medidor se debe probar bajo condiciones que simulen aquellas existentes en su operación normal.

El funcionamiento apropiado del medidor para las condiciones operantes y la aplicación matemática adecuada a la cantidad indicada por el medidor dará la cantidad real.

Las condiciones que pueden afectar las variaciones del medidor son:

- A.- La viscosidad del líquido medido.
- B.- Las purificaciones en el elemento medido a través del cual el líquido puede pasar.
- C.- La pérdida de presión hidráulica (pérdida de presión dentro del medidor).
- D.- Las cualidades lubricantes del líquido.
- E.- La temperatura del líquido (que fluye) a través del medidor.
- F.- La presión del líquido que fluye a través del medidor.

#### II.7.2.1.- EFECTO DE LA TEMPERATURA AL FUNCIONAR EL MEDIDOR.

Es vital considerar los efectos de temperatura en las operaciones reales de la prueba. El cambio de temperatura de la corriente medida puede influir en la variación del medidor en el volumen real medido y puede causar vaporización del líquido. Se puede usar un compensador de temperatura automático, o factores de corrección de temperatura para corregir el resultado indicado a 60°F, o a alguna temperatura base deseada.

#### II.7.2.2.- EFECTO DE LA PRESION AL FUNCIONAR EL MEDIDOR.

La presión que se mantiene con un probador volumétrico al tiempo en que se observa el volumen, o la presión a la que la gravedad es determinada por un probador gravimétrico, es la presión a la cual el medidor es probado, y medirá el líquido que pasa a través de él y este volumen observado en el probador se debe corregir a su volumen equivalente en cuanto a la presión y temperatura para obtener el factor del medidor correcto. Ejemplo:

Suponga un medidor probado a 80°F, 61°API con gasolina a 60°F y 1000 lb/pg<sup>2</sup> - de presión en el probador y factor del medidor de 1.0062. La presión de vapor es de 10 lb/pg<sup>2</sup> abs, la cual es menor que la atmosférica. Posteriormente la presión de operación dentro del medidor se reduce

a 750 lb/pg<sup>2</sup> y las otras condiciones permanecen constantes.

El medidor está hecho de acero fundido y se supone que tiene un esfuerzo insignificante como resultado de la presión.

F se determina directamente de la gráfica A, o de la tabla II. Entonces el factor del medidor a la presión más baja es igual al factor del medidor a la presión más alta al tiempo que el volumen a la presión más alta es mayor que el volumen de la presión más baja.

$$\begin{aligned}
 FM \text{ a } P_1 &= (FM \text{ a } P_h) \left[ \frac{V_e (1 - (P_h - P_e)F)}{V_a (1 - (P_1 - P_e)F)} \right] \\
 &= (FM \text{ a } P_h) \left[ \frac{1 - (p_h - p_e)F}{1 - (p_1 - p_e)F} \right] \\
 &= 1.0062 \left[ \frac{1 - (1.000 - 0) 0.0000091}{1 - (750 - 0) 0.0000091} \right] \\
 &= 1.0062 \left[ \frac{1 - 0.0091}{1 - 0.0068} \right] \\
 &= 1.0062 \left[ \frac{0.9909}{0.9932} \right] = 1.0039
 \end{aligned}$$

Cuando los líquidos que están siendo medidos tienen presión de vapor por arriba de la presión atmosférica los volúmenes medidos durante la prueba (ambos volúmenes, del probador y medidor) deben ser corregidos de la presión a la presión de vapor del líquido y a la temperatura correspondiente.

El siguiente es un ejemplo basado en el uso de un medidor de temperatura no compensado, los pasos siguientes deben ser omitidos cuando surge el medidor de temperatura compensada.

A).- Medidor de líquido con gravedad específica de 0.58 medido a 60°F

B).- Se opera el medidor a 40 lb/pg<sup>2</sup> man. y 85°F durante la prueba, registrando 16.5 bl.

C.- El volumen observado en un probador volumétrico es de 16.6 bl. a la temperatura de 90°F y a una presión sobre 300 lb/pg<sup>2</sup> man.

D.- La presión de vapor de líquido es:

41 lb/pg <sup>2</sup> man.	a 20°F
92 "	" " a 60°F
138 "	" " a 85°F
149 "	" " a 90°F
172 "	" " a 100°F

Para encontrar el factor del medidor deben seguirse los siguientes pasos

A.- Corregir el volumen observado en el probador a condiciones standard.

1.- Corregir el volumen observado en el probador de 90°F y 300 lb/pg<sup>2</sup> man. a 90°F y 149 lb/pg<sup>2</sup> man.

$$\text{Volumen a } 90^{\circ}\text{F y } 149 \text{ lb/pg}^2 \text{ man. (V}_e\text{)} = \frac{\text{Volumen a } 90^{\circ}\text{F y } 300 \text{ lb/pg}^2 \text{ man. (V}_h\text{)}}{1 - (\text{P}_h - \text{P}_e) \text{ F}}$$

Donde la fórmula para el volumen del líquido a una presión más alta de la presión de equilibrio a cualquier temperatura es la siguiente:

$$V_h = V_e((1 - P_h - P_e) F)$$

El factor de comprensibilidad de la tabla II para un líquido de 0.568 gravedad específica a 90°F es 0.0000486; así

Volumen a 90°F y 149 lb/pg<sup>2</sup> man.

$$\begin{aligned} &= 16.6 + (1 - (300-149)0.0000486) \\ &= 16.7227 \text{ bbl.} \end{aligned}$$

2.- Corregir a 90°F y 149 lb/pg<sup>2</sup> man. a 60°F y 92 lb/pg<sup>2</sup> man.

$$(\text{Volumen a } 90^{\circ}\text{F}) (\text{Factor de corrección}) = \text{Volumen a } 60^{\circ}\text{F.}$$

El factor de corrección de la tabla ASTM D 1250 tabla 24, para corregir el volumen de un líquido de 0.508 gravedad específica de 90°F a 60°F es 0.9486, así:

(16.7227) (0.9486) = 15.8632 bl.

El cual es el volumen observado en el probador corregido a 60°F y 92 lb/pg2 man.

B.- Corregir el volumen del probador de condiciones standard al volumen a condiciones medidas.

1.- Corregir el volumen de 60°F y 92 lb/pg2 man. a 85°F y 138 lb/pg2 man. de la tabla ASTM D 1250 tabla 25, el factor es 0.9576; así

$$15.8632 \times 0.9576 = 16.5656 \text{ bl}$$

2.- Corregir el volumen de 85°F y 138 lb/pg2 man.

(Ve) a 85°F y 500 lb/pg2 man. El factor de compresibilidad de la tabla II apéndice II B es 0.0000470.

$$\begin{aligned} V_b &= V_e (1 - (P_h - P_e) F) \\ &= 16.5656 (1 - (500 - 138) 0.0000470) \\ &= 16.5656 (1 - (362) 0.0000470) \\ &= 16.2838 \text{ bl} \end{aligned}$$

C.- Obtener el factor de medida que es usado para corregir al registro del medidor a la medida real del volumen. El volumen observado en el probador, corregido a las condiciones de temperatura y presión en el medidor, dividido entre el registro iguala el factor de medida:

$$16.2838 \div 16.5 = 0.9869$$

Se notará que los pasos A.2) y B.1) pueden haber sido combinados. Sin embargo, para el propósito de ilustración se sigue el procedimiento para corrección a las condiciones base. También éste es el procedimiento usado para corregir el registro del medidor al volumen a condiciones base en operación normal.

Como ejemplo, suponga que el mismo medidor es operado a 500 lb/pg2 man. y 100°F en el mismo líquido usado en la prueba y que el registro del medidor es en 10000 bl. Para obtener los volúmenes a 60°F y 92 lb/pg2

se deben seguir los siguientes pasos:

A.- Obtener el volumen real a las condiciones medidas (500 lb/pg<sup>2</sup> man. y 100°F).

$$\begin{aligned}(\text{reg. de medidor}) (\text{factor de medidor}) &= \text{volumen real} \\(10000) (0.9869) &= 9.869 \text{ bl.}\end{aligned}$$

B.- Corregir el volumen de 100°F a 500 lb/pg<sup>2</sup> man. (Vh) a 100°F y 172 lb/pg<sup>2</sup> man. (Ve):

$$9869 \div (1 - (500 - 172) 0.0000517) = 10039 \text{ bl}$$

C.- Corregir el volumen de 100°F y 172 lb/pg<sup>2</sup> man. a 60°F y 92 lb/pg<sup>2</sup> man.

$$(10039) (0.9308) = 9344 \text{ bl}$$

Suponga las mismas condiciones a las anteriores, excepto que el medidor está operando a 20°F; así

A.- El volumen real en condiciones medidas (500 lb/pg<sup>2</sup> man. y 20°F) se obtiene como en el anterior y es igual a 0.9869 bl.

B.- Volumen corregido de 20°F y 500 lb/pg<sup>2</sup> (Vh) a 20°F y 41 lb/pg<sup>2</sup> man. (Ve) es como sigue:

$$9869 \frac{1}{9} (1 - (500 - 41) 0.0000328) = 10020 \text{ bl}$$

C.- Volumen corregido de 20°F y 41 lb/pg<sup>2</sup> man. a 60°F y 92 lb/pg<sup>2</sup>, es como sigue:

$$(10020) (1.0618) = 10639 \text{ bl}$$

### II.7.3.- OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE MEDICION.

El propósito de este párrafo consiste en las recomendaciones para el mantenimiento de operación en medidores de desplazamiento, las cuales dependerán de las condiciones del medidor, del sistema de prueba, de la frecuencia de la prueba, de las correcciones hechas a la prueba, del gauto del flujo y de las variaciones que existan entre las condiciones normales de operación y de prueba, de la selección del equipo de prueba, obtendremos el rango de aproximación deseada y de exactitud, la cual puede ser

establecida de acuerdo al rango de exactitud que se desee, y se deben checar periódicamente las instalaciones por personal capacitado para asegurar que el equipo haya sido propiamente instalado, operado, con el adecuado mantenimiento como se prescribe en este patrón:

A.- Medidores, válvulas y tuberías adecuadas a la presión de trabajo y otras características físicas.

B.- Facilidad de la prueba.

C.- Equipo de eliminación de aire, coladores, filtros y equipos de remoción de agua.

D.- Dispositivos protectores tales como válvulas de protección, válvulas de limitación de fluido, válvulas de sostenimiento de presión y alarmas.

E.- Seguros de presión, termómetros, probadores y gravitómetros.

F.- Equipo auxiliar tal como registradores de medidor, impresores de etiquetas, dispositivos de registro combinado, selectores de gravedad, compensadores de temperatura y dispositivos de telémetros remotos.

A.- Un método paso a paso para pruebas de medidor en una situación particular.

B.- Disposición para chequeo periódico de la exactitud del probador.

C.- Frecuencia específica para pruebas de medidor para reunir cambios operacionales en el tipo de fluido, presión, temperatura y características del líquido.

D.- Testimonio de operaciones de prueba de medidores y reposiciones.

E.- Uso específico de factores de corrección de temperatura y presión aplicables.

F.- Cuento y reporte de los volúmenes medidos y otros datos observados.

G.- Válvula de lubricación si se requiere.

H.- Operación de medidores confiable o disponibles.

I.- Condiciones mínimas y máximas del fluido en el medidor y otras operaciones tales como, presión y temperatura.

J.- Sellado de medidores y válvulas de paso.

K.- Procedimiento para ajuste de volumen en caso de falla, o error de medición del medidor.

L.- Toma de muestras.

M.- Procedimiento por pasos no incluidos en el anterior, pero que pueden ser importantes para una situación específica.

La frecuencia con la que cualquier tipo de medidor deberá ser probado, es difícil establecer debido a la cronología de resultados. Por lo tanto el servicio para el cual opera un medidor deberá ser estudiado a través de la experiencia para establecer una frecuencia de prueba que mantendrá la exactitud del medidor dentro de los límites de tolerancia.

Los reportes de las pruebas del medidor deben indicar lo siguiente:

1.- Intervalo de mantenimiento.

2.- Intervalo de prueba.

3.- Constancia del funcionamiento.

Los medidores deberán ser siempre probados después del servicio y almacenados si así lo requiere por un período de tiempo, manteniéndolos cubiertos y sus partes de trabajo aceítadas para minimizar la corrosión.

REPORTE DEL MEDIDOR DE PRUEBA Nº \_\_\_\_\_

Método Gravimétrico

Fecha \_\_\_\_\_, 19 \_\_\_\_ Localización \_\_\_\_\_ Medida Nº \_\_\_\_\_

Materia \_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_ Coeficiente por temperatura? \_\_\_\_\_

Tipo de aceite crudo o producto \_\_\_\_\_

Datos de medición en el proceso de taraje.	Medido Nº 1	Medido Nº 2	Medido Nº 3	Medido Nº 4
1.- Canto, barriles/tara.				
2.- Gravedad del líquido (observado y temperatura).				
3.- Gravedad corregida a 60 °F.				
4.- Lectura de cierre en la escala, libras.				
5.- Lectura de apertura en la escala, libras.				
6.- Peso neto medido en el proceso, libras.				
7.- Factor de conversión, libras/barril.				
8.- Barriles corregidos medidos en el proceso.				
DATOS DEL VOLUMEN MEDIDO				
9.- Presión en la línea, libras/pulgada.				
10.- Presión de calibración, libras/pulgada.				
11.- Temperatura en la línea, ° F.				
12.- Lectura de cierre del medidor.				
13.- Lectura de apertura del medidor.				

14.- Barriles registrados.				
15.- Factor de corrección por temperatura.				
16.- Factor de corrección por presión (por la presión del producto).				
17.- Barriles netos medidos: 14 x 15 x 16.				
18.- Factor del medidor (presión cero en la línea). 8 x 17				

DESARROLLOS

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Desarrollado por:

\_\_\_\_\_

Para:

\_\_\_\_\_

19.- Factor promedio del  
medidor \_\_\_\_\_

20.- Factor promedio de corrección por  
presión. \_\_\_\_\_

21.- Factor del medidor usado:  
19 x 20. \_\_\_\_\_

Desarrollado por:

\_\_\_\_\_

Para:

\_\_\_\_\_

Foja N° \_\_\_\_\_

CAPITULO III.- CALCULO DE VOLUMENES DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS CON MEDIDORES  
DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

III.1.- INTRODUCCION.

Antes de la recopilación posterior de las diversas publicaciones que fueron incorporadas a las normas de medición de petróleo que son parte del Instituto Americano del Petróleo (API), los procedimientos de cálculo y ejemplos, se basaban en las Normas API anteriores, relacionadas con probadores, medidores, tanques indicadores, etc.

Las reglas de las normas anteriores se consultaron durante un período de 25 años o más y cada norma fue escrita por un grupo de personas diferentes los cuales enfrentaron diferentes necesidades. Como resultado, los procedimientos de cálculo carecían de coherencia y de interpretación de palabras, además de tener distintas acepciones.

Por otra parte, para la mayoría de las normas iniciales escritas, sus cálculos estaban desarrollados en calculadoras simples principalmente para los registros de medición, y por lo tanto, los valores tabulados eran usados más ampliamente que en la actualidad.

Las reglas de redondeo y la selección de algunas cifras significativas utilizadas en cada cálculo fueron muchas veces determinadas al mismo tiempo. Con el advenimiento de las computadoras y calculadoras científicas, el obtener resultados idénticos para los mismos datos, reglas de secuencia, redondeo de cifras significativas, debe de ser explicado detalladamente. En este capítulo se intenta entre otras cosas explicar detalladamente un grupo mínimo de reglas para la industria en general, no excluyendo el uso de determinaciones más precisas para temperatura, presión y densidad (gravedad), o el empleo de más dígitos significativos, de común acuerdo entre las partes implicadas.

Además se consolida y normaliza los cálculos pertenecientes a la medición de líquidos petroleros, usando Medidores de desplazamiento; así como los términos y expresiones empleadas para eliminar confusiones de términos. La recopilación que se realiza en este capítulo ha sido posible, debido a que los métodos y equipos usados en mediciones dinámicas de líquidos petroleros, han avanzado ampliamente en la actualidad; por lo tanto es oportuno. Pero esto no es una negación de los primeros métodos es por lo contrario un refinamiento y claridad de ellos. El objetivo de la normalización de cálculo es para producir las mismas respuestas de los mismos datos, sin tomar en cuenta de quien, o que haga el cálculo.

### III.2.- ALCANCE.

Este capítulo define varios términos (palabras o símbolos) empleados en el cálculo de la medición de volúmenes de petróleo.

Donde dos o más términos se acostumbre emplearlos en la industria petrolera, con el mismo fin, se selecciona el significado de los nuevos términos por ejemplo: "Registros de recorrido", "Registros de entrega y descarga", ambos se engloban simplemente como "Registros de medición".

También se incluyen las ecuaciones, las cuales permiten que los valores de los factores de corrección sean calculados. Las reglas de secuencia, redondeo de cifras significativas, empleadas en un cálculo, son especificadas.

Además, algunas tablas convenientes para esta tesis son proporcionadas.

### III.3.- CAMPO DE APLICACION.

El campo de aplicación está limitado para hidrocarburos líquidos teniendo una densidad relativa mayor que 0.500, medido con medidores de desplazamiento y probador, incluyendo aquellos hidrocarburos que por un ajuste

adecuado de temperatura y presión sean líquidos durante la medición.

Los fluidos en dos fases no están incluidos (aun cuando estos pueden ser útiles en condiciones semejantes) excepto en cuanto a sedimentos y agua que puedan estar mezclados con aceite crudo.

#### III.4.- RANGO DE PRECISION.

De los niveles de la tabla 1: Calibración del probador, Medidor de prueba y Registro de Medición, hacia abajo cualquier incertidumbre mayor se ve reflejada en todos los niveles inferiores como un efecto negativo, el cual es llamado error sistemático. Si tal efecto es positivo o negativo éste será desconocido; por lo tanto, las incertidumbres tendrán dos posibilidades:

Esperar una incertidumbre igual o menor al nivel más bajo del rango de precisión que existe con respecto al nivel más alto es irreal.

La única forma de disminuir el efecto de incertidumbre es incrementando el número de determinaciones y entonces encontrar su valor medio.

El número de dígitos en cálculos intermedios de un valor pueden ser mayores en los niveles altos del rango de precisión que en los niveles inferiores; el deseo de acercarse a resultados imaginarios debe de ser moderado, o congruente con respecto a lo real.

El rango de precisión está estructurado, en general, como lo muestra la tabla 1.

Las reglas de redondeo, truncamiento y de reporte de valores finales son proporcionados para cada rango, consultar capítulo III inciso 6, 7 y 8.

TABLA 1 RANGO DE PRECISION  
 .....  
 .....

INCISO	NIVEL	FACTORES DE CORRECCION Y CALCULOS INTERMEDIOS PARA:	DIGITOS SIGNIFICATIVOS EN VOLUMENES	DISTINCION DE LA ULTIMA TEMPERATURA °F
III.6	CALIBRACION DEL PROBADOR	6 CIFRAS DECIMALES *	5	0.1
III.7	MEDIDOR DE PRUEBA	4 CIFRAS DECIMALES	5	0.5
III.8	REGISTRO DE MEDICION	4 CIFRAS DECIMALES	5	1.0

\* Los valores no son válidos después de cuatro cifras decimales para propósitos de corrección de volúmenes a 60°F. Sin embargo, para corregir pequeñas diferencias de temperatura entre un medidor y un probador, una interpolación lineal para más cifras decimales es aceptable.

### III.5.- PRINCIPALES FACTORES DE CORRECCION.

Es recomendable designar a los factores de corrección por símbolos antes que por palabras, primero porque las expresiones son abreviadas; segundo, las expresiones algebraicas se facilitan; tercero, las expresiones similares se señalan únicamente para indicar si es líquido o tipo de metal implicado; y cuarto, la confusión es reducida a, por ejemplo, la diferencia entre la compresibilidad (F) de un líquido y el factor de corrección (Cpl), el cual está en función de F.

Existen seis factores de corrección empleados principalmente en los cálculos de las cantidades de líquido, además estos factores son multiplicados entre si siguiendo un orden.

El primer factor de corrección llamado comúnmente factor del medidor, está definido como:

$F_M$  = Es un valor adimensional el cual corrige el volumen indicado por un medidor a un volumen "REAL" (Consultar Inciso III.7).

Los siguientes cuatro factores de corrección se emplean en los cálculos de las cantidades de líquido. Estos factores son necesarios porque los cambios en volumen según los efectos de temperatura y presión, sobre el recipiente que los contiene y sobre el líquido involucrado deben de ser relacionados. Estos cuatro factores de corrección son:

Cts o (Cts) = Factor de corrección por efecto de temperatura sobre el acero. (III.5.1).

Cps o (Cps) = Factor de corrección por efecto de presión sobre el acero. (III.5.2)

Ctl o (Ctl) = Factor de corrección por efecto de temperatura sobre un líquido. (III.5.3)

Cpl o (Cpl) = Factor de corrección por efecto de presión sobre un líquido. (III.5.4)

Finalmente, existe un factor de corrección Csw (el cual nunca es mayor que 1,000) que se emplea para contabilizar, o determinar la presencia de sedimentos y agua en el petróleo crudo (inciso III.8.4).

Para los ejemplos dados en esta tesis y para el procedimiento de cálculo estándar se recomiendan los seis factores de corrección arriba escritos que son aplicados de acuerdo con el siguiente orden establecido:

NF, Cts, Cps, Ctl, Cpl y Csw

Toda multiplicación dentro de secuencias de operaciones sencillas debe de ser completada antes de dividir.

#### III.5.1.- EFECTO DE TEMPERATURA SOBRE EL ACERO, Cts.

Cualquier caja de metal, así sea para un probador de tubería, probador de tanque, o para una prueba de medición portátil, está sujeta a un cambio en la temperatura, por lo consiguiente variará su volumen. La variación de volumen, a pesar de la forma del probador, es proporcional a el coeficiente cúbico de expansión termal del material del cual la caja está hecha. El factor de corrección por efecto de temperatura sobre el acero es llamado Cts y éste puede ser calculado por:

$$Cts = 1 + (T - 60) \alpha \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

T = Temperatura en °F de las paredes de la caja.

$\alpha$  = Coeficiente cúbico de expansión por °F del material del cual la caja está hecha.

Así Cts será mayor a 1, cuando la temperatura T es mayor a 60°F y menor que 1 cuando la temperatura T, es menor a 60°F.

El valor de  $\gamma$  (Gamma) por  $^{\circ}\text{F}$  es  $1.86 \times 10^{-5}$  o (0.0000186 por  $^{\circ}\text{F}$ ) para acero suave o carbonoso bajo y para acero inoxidable serie 300 los valores están dentro del siguiente rango  $2.40$  a  $2.90 \times 10^{-5}$  por  $^{\circ}\text{F}$ .

El valor que se usa en el cálculo es aquel establecido en el reporte según la agencia de calibración para una medición de prueba, o según el fabricante del probador.

Las tablas de valores de Cts contra la temperatura observada son presentadas en el apéndice A, estas tablas son desarrolladas por medio de la ecuación 1.

Los valores para la serie 300 de acero inoxidable estarán basados sobre el valor medio de  $2.65 \times 10^{-5}$  para  $\gamma$  (Gamma).

Cuando el volumen de la caja a temperatura estándar ( $60^{\circ}\text{F}$ ) se conoce, el volumen (V) a cualquier otra temperatura (T) puede ser calculado por:

$$V_t = V_{60} \times Cts \dots\dots\dots (2)$$

Contrariamente, cuando el volumen de la caja a cualquier temperatura (T) sea conocido, el volumen a temperatura estándar ( $60^{\circ}\text{F}$ ) puede ser calculado por:

$$V_{60} = V_t / Cts \dots\dots\dots (3)$$

### III.5.2.- CORRECCION POR EFECTO DE PRESION SOBRE EL ACERO, Cps.

Una caja de metal para un probador de tanque, probador de tubería, o una prueba de medición; si se somete a una presión interna las paredes de la caja se expanden elásticamente; por lo consiguiente, el volumen de la caja variará.

Mientras se reconoce esta simplificación, supongamos un valor en la ecuación siguiente, para propósitos prácticos el factor de corrección por efecto de presión interna sobre el volumen de un recipiente cilíndrico, llamado

Cps, puede ser calculado por:

$$Cps = 1 + (PD / Et) \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

P = Presión interna, en Lb/pg<sup>2</sup> man.

D = Diámetro interno, en pulgadas (diámetro exterior menos dos veces el espesor de Pared).

E = Módulo de elasticidad para el material que lo contiene  $3.0 \times 10^7$  Lb/pg<sup>2</sup> man. para acero suave o  $2.8$  a  $2.9 \times 10^7$  Lb/pg<sup>2</sup> man. para acero inoxidable.

t = Espesor de pared de la caja, en pulgadas.

Una tabla de valores de Cps para diámetros y espesores de pared específicos en probadores de tuberías de acero suave y presiones se presenta en el Apéndice A.

Cuando el volumen de la caja a presión atmosférica se conoce, el volumen a cualquier otra presión (P) puede ser calculado por:

$$V_p = V_{atmos} \times Cps \dots\dots\dots (5)$$

Y cuando el volumen a cualquier presión (P) sea conocido, el volumen equivalente a presión atmosférica puede ser calculado por:

$$V_{atmos} = V_p / Cps \dots\dots\dots (6)$$

### III.5.3.- CORRECCION POR EFECTO DE TEMPERATURA SOBRE EL LIQUIDO, Ctl.

Si una cantidad de petróleo líquido se somete a un cambio de temperatura, su volumen se expande al aumentar la temperatura, o se contrae con decrementos de temperatura. Por lo consiguiente, la variación de volumen es proporcional al coeficiente de expansión térmico del líquido; el cual varía con la densidad (Gravedad °API) y temperatura, a este cambio de volumen debido a la temperatura se le llama: Factor de corrección por efecto de temperatura sobre un volumen de líquido y se representa por Ctl.

Los valores de este factor están dados en las tablas 6A, 6B y 6C estas tablas se usan cuando la gravedad \*API es conocida y sus valores de ésta se encuentran dentro de un rango de: 0 a 100\*API, 100\*API corresponde a una densidad relativa de 0.6112.

Si la densidad relativa no se conoce la podemos calcular con la ecuación:

$$\rho_r = \frac{141.5}{^{\circ}\text{API} + 131.5}$$

Para que posteriormente se utilicen las tablas anteriores.

Cuando un volumen de petróleo líquido se conoce a cualquier temperatura (T) el volumen equivalente a temperatura estándar (60°F) puede ser calculado por:

$$V_{60} = V_t \times C_{t1} \dots\dots\dots (7)$$

Cuando el volumen de petróleo líquido se conoce a 60°F, el volumen equivalente a cualquier temperatura (T) puede ser calculado por:

$$V_t = V_{60} / C_{t1} \dots\dots\dots (8)$$

#### III.5.4.- CORRECCION POR EFECTO DE PRESION SOBRE EL LIQUIDO, Cpl.

Si un volumen de petróleo líquido es sujeto a un cambio de presión, este volumen disminuirá con el incremento de presión y aumentará con decremento de presión, la variación de volumen es proporcional al factor de compresibilidad del líquido F, el cual depende de su densidad relativa (Gravedad \*API) y la temperatura, o de ambos. Los valores del factor de compresibilidad F para hidrocarburos se proporcionan en el capítulo II, Tabla II y Fig.A. El factor de corrección por efecto de presión sobre un volumen de petróleo líquido es llamado Cpl y puede ser calculado por:

$$C_{pl} = \frac{1}{1 - (P - P_c) F} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

P = Presión, en Lb/pg<sup>2</sup> man.

$P_c$  = Presión de vapor de equilibrio a la temperatura de medición del líquido que está siendo medido, en Lb/pg<sup>2</sup> man.

$P_c$  es considerada cero (0) para líquidos, los cuales tengan una presión de vapor de equilibrio menor que la presión atmosférica (14.73 Lb/pg<sup>2</sup> absolutas) a temperatura de medición.

F = Factor de compresibilidad para hidrocarburos, valores de la Tabla II, Fig A  
El valor de F para agua es  $3.2 \times 10^{-6}$  Lb/pg<sup>2</sup>.

Cuando  $P_c$  es 0, la ecuación (9) se reduce a:

$$Cpl = \frac{1}{(1 - PF)} \dots\dots\dots (10)$$

Cuando  $P_c$  es mayor que 0, la ecuación 9 debe ser usada.

Los valores de  $P_c$  para densidades relativas entre 0.500 y 0.512 se proporcionan en el capítulo 11.2 del Manual de Mediciones Estándar de Petróleo o por la Nota 1.

Cuando un volumen de líquido de baja presión de vapor se conoce a cualquier presión P, el volumen equivalente a presión estándar (0 Lb/pg<sup>2</sup> man.) se calcula por:

$$V_o = V_p \times Cpl \dots\dots\dots (11)$$

Cuando el volumen de un líquido de baja presión de vapor se conoce a 0 Lb/pg<sup>2</sup> man., el volumen equivalente a cualquier presión (P) se calcula por:

$$V_p = V_o / Cpl \dots\dots\dots (12)$$

Cuando el volumen de un líquido a presión de vapor alta, es conocido a cualquier temperatura de medición (T) y presión (P), la corrección por presión se realiza en dos pasos. El volumen equivalente para líquidos a presión de equilibrio a temperatura de medición puede ser calculado por:

$$V_{pe}(T) = V_p \times Cpl \dots\dots\dots (13)$$

En esta ecuación  $C_{pl}$  se calcula de la ecuación 9. Cuando este volumen empleado es corregido por temperatura a 60°F usando la ecuación 7, el valor de  $C_{tl}$  tomado de la tabla apropiada también corrige el volumen para un cambio de presión  $P_c$  a temperatura de medición, a presión de equilibrio a temperatura estándar de 60°F. Debe notarse que mientras  $P_c$  a temperatura de medición  $T$  puede ser más alta que la presión atmosférica estándar (14.73 libras por pulgada cuadrada absoluta), la presión de equilibrio a 60°F puede tener un decremento hasta la presión atmosférica o menor. La ecuación 9 se conoce por la diferencia entre un líquido de baja presión de vapor y un líquido de alta presión de vapor dependiendo si la presión de equilibrio es menor o mayor que la presión atmosférica a temperatura de medición.

NOTA I: Una manera conveniente de determinar  $P_c$  mientras se esté probando un medidor contra un probador de tubería se procederá como sigue:

- 1.- Resumiendo, para el último recorrido de prueba, el flujo se detiene a través del probador de tubería y se aísla de las líneas de flujo cerrando las válvulas apropiadas.
- 2.- Se reduce la presión en el probador de tubería purgando el líquido hasta que el decremento en el manómetro de presión esté en el límite. Esto implica que un espacio de vapor ha sido creado y que el líquido ha llegado a su presión de equilibrio. Cerrar la válvula de purga y leer  $P_c$  del manómetro, haciendo un registro de la temperatura al mismo tiempo. Este procedimiento puede ser usado para determinar  $P_c$  para una mezcla de líquido que no esté de acuerdo con las cartas publicadas donde se muestran los valores de  $P_c$  graficados contra la temperatura, o como un procedimiento de rutina.

### III.5.5.- FACTOR DE CORRECCION COMBINADO, (CCF).

El método recomendado para corrección de volúmenes por dos, o más factores de corrección es primero obtener CCF (Factor de corrección combinado), multiplicando los factores de corrección individuales entre si, de acuerdo con la secuencia establecida redondeando en cada paso, y entonces multiplicar el volumen por el CCF. Esta secuencia es Fm, Cts, Cps, Ctl, Cpl y Caw, omitiendo cualquiera de los factores no acostumbrados.

### III.6.- CALCULO DE VOLUMEN EN PROBADORES.

#### III.6.1.- OBJEKTIVO E IMPLICACIONES.

El objetivo de calibración de un probador es para determinar su volumen a condiciones base. Los procedimientos usados son descritos en el Capítulo 4, Incisos 2 y 3 del Manual de Mediciones Standard de Petróleo.

Por lo consiguiente, el volumen a condiciones base se expresa en barriles o galones. Considerando que este volumen no varía con la presión o temperatura, el volumen de un probador de metal variará. Por lo tanto, la relación del volumen a condiciones base de un probador, o de una norma volumétrica ha sido para especificar las condiciones estándar, 60°F y presión atmosférica.

#### III.6.2.- NORMAS DE CAMPO.

Las normas de campo de referencia, son descritas y discutidas en el capítulo 4, Inciso 1, usualmente son calibradas por la Asociación Nacional de Normas, o por un laboratorio aprobado.

Los volúmenes reportados se expresan de la forma acostumbrada, o en unidades métricas (SI) a condiciones estándar

Por último para detalles de construcción, calibración etc., puede consul-

tarse la última edición del Manual 105-3 de la Asociación Nacional de Normas.

#### III.6.3.- REGLAS DE REDONDEO EN PROBADORES.

En el cálculo del volumen del probador, se determinan de manera individual los factores de corrección hasta seis cifras decimales, usando la fórmula apropiada. Para determinar Ctl se empleará una interpolación si ésta es requerida.

El factor de corrección combinado (CCF) también es registrado hasta seis cifras decimales.

Otra regla de redondeo es: Multiplicar la suma de los volúmenes medidos, cada uno de los cuales ha sido redondeado individualmente a la temperatura de inicio, para CCF, después se registra el volumen a condiciones base así determinado hasta cinco dígitos significativos.

Por último redondear los volúmenes de producción individuales corregidos al mismo número de dígitos significativos, así como; los volúmenes no corregidos.

#### III.6.4.- CALCULO DE VOLUMENES A CONDICIONES BASE.

Para calcular nuestro volumen a condiciones base, debemos primero calibrar el probador de tubería, el procedimiento de calibración de estos está basado en el capítulo 4, inciso 2. del manual de Mediciones estándar de petróleo. Los siguientes tres incisos, especifican el cálculo del volumen a condiciones base de un probador de tubería calibrado por el método de desplazamiento de agua.

a) Paso Inicial.- Durante la calibración de un probador de tubería, la temperatura y presión del agua en el probador al inicio de la calibración son observadas y anotadas. Asimismo, las temperaturas de las Producciones

Individuales dentro de las normas de campo, también son observadas y anotadas.

NOTA: Con respecto a este punto el desplazamiento es una práctica detallada, establecida en el API estándar 1101, párrafos 2123 hasta 2125, donde  $C_{tsm}$  no necesita corrección cuando se aplica en el cálculo del volumen a condiciones base para el método de desplazamiento de agua.

Esta práctica es válida únicamente cuando el probador y la norma de campo para la prueba de medición se refiere al mismo material y además, si la temperatura en el probador es menor a  $3^{\circ}F$  que la temperatura de la prueba de medición.

El apéndice B de esta tesis detalla las correcciones necesarias por efecto de temperatura sobre la cubierta de metal y muestra un ejemplo para ilustrar el tipo de error, el cual puede resultar si esas correcciones son descuidadas.

b) Aplicación de correcciones a volúmenes medidos.- En el procedimiento de calibración de desplazamiento de agua, el volumen observado de las normas de campo debe de estar sujeto a ciertas correcciones en orden; para determinar el volumen a condiciones base del probador (Ver ecuación B1, Apéndice B) se deben de tomar en cuenta los siguientes pasos:

1.- El volumen de agua de una norma de campo debe de ser corregido por el efecto de temperatura y presión sobre el líquido. Para determinar qué volumen de agua se tiene en el probador se multiplica el volumen por  $C_{tdw}^*$  (este valor se proporciona en la tabla 7 de esta tesis, y se emplea cuando la diferencia de temperaturas entre el probador y la medición no es mayor que  $3^{\circ}C$ ) y después se divide entre  $C_{plp}$ , este valor puede ser calculado según la ecuación (10) empleando  $F$  para agua.

2.- El volumen así determinado debe entonces ser corregido por expansión termal según la norma de campo empleada para la medición de la temperatura,

multiplicando el volumen certificado por  $C_{tsm}$  (ecuación 3).

3.- Finalmente, el volumen medido en el probador calculado así, debe de ser corregido por ambos efectos, temperatura y presión sobre el probador de tubería, para así obtener el volumen a condiciones base, el cual es el volumen equivalente a condiciones estándar

Estas correcciones requieren dividirse entre  $C_{psp}$  y  $C_{tsp}$ , respectivamente.

En el cálculo de los valores  $C_{tsp}$  y  $C_{psp}$  las características físicas del probador de metal deben de ser conocidas. Porque debemos de tener una precisión de aproximadamente un diez milésimo (1/10000), lo cual es requerido en los volúmenes a condiciones base en el probador.

Todos los valores de los factores de corrección deben de ser reportados hasta seis cifras decimales. En la práctica, cuando varias mediciones de prueba sean terminadas, el cálculo es realizado de acuerdo con la ecuación B6 del Apéndice B ejemplo IV.1.

\*  $C_{td}$  es definido como la corrección por diferencia de temperaturas del agua tanto en la medición de prueba y probador, este no es el mismo que  $C_{tl}$  el cual corrige a 60°F, es decir a temperatura del probador.

c) Redondeo de valores reportados.- El volumen a condiciones base de un probador no puede ser calculado con más exactitud que los volúmenes de las normas de campo empleadas en su calibración, a causa de la incertidumbre experimental acumulada se tendrá una precisión un poco menor en el proceso de calibración.

La experiencia muestra que cinco cifras significativas son las necesarias para los valores obtenidos del cálculo de volúmenes a condiciones base (ver ejemplo de cálculo para probador de tubería) ejemplos : 4.17353 como 4.1735 barriles; 175.2882 como 175.29 galones, o 40,491.50 como 40,492 pulgadas cúbicas.

### III.7.- CALCULO DEL FACTOR DEL MEDIDOR.

#### III.7.1.- OBJETIVO.

Algunas reglas preven que el petróleo líquido medido por un medidor sea lo suficientemente pequeño en volumen o valor, o sean desarrolladas esencialmente en condiciones uniformes, de modo que el medidor pueda ser ajustado mecánicamente para leerse dentro de un margen de precisión predeterminada. Se suponen ejemplos para mediciones repetidas y para la capacidad de alguna planta de medición (capítulo II) dentro y/o fuera del carro tanque. Sin embargo, en mayor escala las reglas se transfieren cuando un medidor sencillo es usado para algunas mediciones y diferentes líquidos, o para varias mediciones a gastos diferentes de flujo; por lo que el ajuste del medidor para cada uno de los cambios no es práctico.

Para un problema en particular, la exactitud se logra cuando los residuos en el calibrador tienen un asentamiento suave y está sellado; por otra parte, simulando un calibrador, o retirando completamente éste, se determina dentro de los límites permitidos un factor del medidor para cada una de las condiciones de operación. El propósito de determinar un factor del medidor es para asegurar la exactitud en la medición, sin considerar como las condiciones de operación cambian respecto a la densidad (gravedad), viscosidad, gasto, temperatura, presión, o propiedades de lubricación; probando siempre el medidor bajo ciertas condiciones de operación específicas y favorables.

Si alguna de las condiciones de operación específicas varían significativamente, un nuevo factor del medidor será obtenido volviendo a probar el medidor.

La definición del factor del medidor está dada como:

Factor del medidor: Es el número que se obtiene dividiendo el volumen

real de líquido que pasa a través de un medidor durante la prueba entre el volumen registrado por el medidor.

Según la definición está claro que:

La productividad o rendimiento real del Medidor a condiciones de operación es = Volumen indicado x  $F_m$  .....(14)

Durante la prueba, la temperatura y presión existentes en el probador y en el medidor son significativas en el cálculo del factor del medidor. Esto es porque el volumen real del líquido que pasa a través del medidor durante la prueba debe de ser determinado indirectamente teniendo conocimiento del volumen exacto medido en el probador. Este cálculo implica diferencias de presión y temperatura entre el probador y el medidor. Como resultado, una medición estándar práctica es, primero corregir el volumen del líquido en el probador a condiciones estándar (60°F y presión de equilibrio) y después corregir el volumen indicado durante la prueba el cual tendrá que ser si el medidor fue operado a condiciones estándar. Así en términos prácticos:

$$F_m = \frac{\text{Volumen de líquido en el probador}}{\text{Cambio en la Lectura del Medidor}} \times \frac{\text{Corregida a condiciones estándar}}{\text{Corregido a condiciones estándar}} \dots\dots\dots (15)$$

Esto debe recalcar, ya que el factor del medidor calculado es válido sobre un rango de operación de temperaturas y presiones, limitadas únicamente para la consideración de que tanto la temperatura y la presión durante la medición no difieran de la temperatura y presión durante la prueba o que esta diferencia sea lo suficiente para causar un cambio significativo en las dimensiones mecánicas del medidor, o en la viscosidad del líquido medido.

Si por ejemplo las diferencias son significativas para una aplicación específica se debe volver a realizar la prueba para obtener otro factor.

En la aplicación de los factores del medidor a registros de medición, el concepto de "volumen a condiciones estándar" aparecerá únicamente porque las reglas de reporte son aplicadas a volúmenes, los cuales deben de ser convertidos a una cantidad representada por un volumen equivalente a condiciones estándar.

Así:

$$\text{VOLUMEN MEDIDO REAL} = \text{Volumen indicado} \times \text{FM} \dots\dots\dots (16) \text{ y}$$

$$\text{CANTIDAD MEDIDA REAL} = \text{Volumen indicado} \times (\text{FM} \times \text{Ct1m} \times \text{Cplm}) \dots\dots(17)$$

Ct1m y Cplm son los factores de corrección apropiados para determinar el volumen equivalente a condiciones estándar según su volumen medido a condiciones de medición.

En algunas aplicaciones de medición, las variables FM y Cplm de la ecuación 17 son combinadas dentro de un "Factor del Medidor Compuesto". Cuando cada factor del medidor compuesto es aplicado al volumen indicado en un medidor compensado por temperatura (el cual aplica automáticamente Ct1m), la cantidad medida en barriles a condiciones estándar puede ser obtenida multiplicando el volumen indicado por el FM compuesto únicamente.

Es importante no confundir un factor del medidor estándar (Ecuación 15) con un factor del medidor compuesto, no son intercambiables.

### III.7.2.- RANGO DE PRECISION.

Se deben de ajustar los factores del medidor dentro de un rango de precisión entre los volúmenes del probador calibrados y el cálculo de los registros de medición. Así las lecturas de temperatura para prueba son promediadas y después redondeadas al 0.5 °F más próximo. Con respecto a las lecturas de presión para prueba también son promediadas y redondeadas posteriormente

a la división de la escala más próxima, seleccionando previamente una presión manométrica con su rango adecuado.

### III.7.3.- REGLAS PARA REDONDEAR LOS FACTORES DEL MEDIDOR.

1.- Al calcular el factor del medidor, se deben determinar los valores del numerador y denominador separadamente, cada uno redondeado hasta los últimos cinco dígitos significativos.

2.- En cálculos intermedios determinar los factores de corrección individuales hasta cuatro cifras decimales.

3.- Multiplicar los factores de corrección individuales en conjunto, redondeándolos a cuatro cifras decimales en cada paso (Para cada numerador y denominador), y anotar el factor de corrección combinado (CCF) redondeado hasta cuatro cifras decimales.

4.- Dividir el volumen del probador corregido entre el volumen del medidor corregido y redondear el factor del medidor resultante hasta cuatro cifras decimales.

### III.7.4.- CALCULO DEL FACTOR DEL MEDIDOR USANDO UN PROBADOR DE TANQUE Y UN MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO.

En el cálculo del factor del medidor estándar se usa la ecuación 15.

1º Se determina el numerador por medio de la lectura superior del manómetro de cristal del tanque; el volumen indicado debe ser anotado hasta el milésimo más próximo de un barril.

Si la lectura inferior del tubo de cristal no estuvo en cero antes de ser iniciado el recorrido de prueba, su lectura debe de ser sumada o restada de la lectura superior del tubo de cristal (como pueda ser el caso), esta suma algebraica representa el volumen indicado.

Para calcular el factor del medidor, ambos volúmenes en el probador y medidor deben estar en las mismas unidades.

Si el registro del medidor es en barriles, se anota hasta 0.001 barriles, o si es en galones se aproxima hasta 0.01 galón, o a cinco dígitos.

Se leen todas las lecturas del termómetro del probador hasta 0.1 °F, se promedian y redondean, y se anotan hasta 0.5 °F.

Se calculan los factores de corrección Cts y Ctl para el probador redondeándolos hasta cuatro cifras decimales.

Multiplicar Cts por Ctl para obtener CCF y redondear hasta cuatro cifras decimales.

Por último multiplicar el volumen indicado por el CCF para el probador para obtener el volumen del probador corregido hasta 0.001 barriles.

2°.- Determinar el denominador restando la lectura inicial, o de apertura de la lectura de cierre del medidor, ambas lecturas son leídas, o estimadas hasta 0.001 barril o 0.01 de un galón. Se anotan estas lecturas y representan el volumen indicado del medidor.

3°.- Calcular los factores de corrección Ctl y Cpl para el medidor y anotarlos hasta cuatro cifras decimales.

4°.- Multiplicar el volumen indicado del medidor por CCF del medidor para obtener la lectura del medidor corregido a 0.001 barril.

5°.- Calcular el factor del medidor dividiendo el numerador entre el denominador y redondear el factor del medidor a cuatro cifras decimales.

La finalidad de las convenciones anteriores es para establecer los procedimientos estándar, los cuales asegurarán los mismos resultados con los mismos datos sin hacer caso de quién, o qué pueda calcularlos.

Los procedimientos estándar y convencionales están basados en el uso de una calculadora sencilla las que han sido tradicionalmente empleadas en

el campo, así como para quien personalmente desee comprobar los cálculos del factor del medidor.

Por consiguiente, si los reportes de prueba del medidor calculados en el campo son verificados en una computadora, la computadora debe de ser programada de tal modo que las convenciones descritas estén contempladas. Los residuos pueden no ser almacenados en la memoria; aunque pueden redondearse de acuerdo con lo descrito anteriormente.

#### III.7.5.- CALCULO DEL FACTOR DEL MEDIDOR USANDO PROBADORES DE TUBERIA.

En general los medidores de turbina y probadores de tubería fueron desarrollados después de los medidores de desplazamiento y probadores de tanque; por lo tanto, el procedimiento para calcular un factor del medidor para un medidor de turbina probado contra un probador de tubería, fue modelado sobre un procedimiento antiguo, pero considerando algunos cambios en su diseño. Debido a que un probador de tubería está sujeto a ambos efectos como lo son la temperatura y presión sobre el acero, su volumen a Condiciones Base (Condiciones estándar) tiene que ser corregido para obtener su volumen a condiciones de prueba. El volumen del líquido desplazado debe entonces ser corregido a volumen equivalente a Temperatura y Presión estándar

Este segundo valor es conveniente ponerlo en la ecuación 15 en el numerador y el volumen del medidor corregido en el denominador. Como en la práctica este procedimiento es aplicado, el medidor de desplazamiento debe tener una alta resolución eléctrica de salida, la cual es un número grande de pulsos por barril de modo que los últimos 10,000 pulsos, o sus equivalentes sean obtenidos.

Las reglas y convenciones discutidas en el inciso anterior son aplicadas al cálculo de un factor del medidor usando un probador de tubería y un

medidor de turbina.

NOTA: El objetivo de usar los pulsos por unidad de volumen en el ejemplo N°5, capítulo IV es para efectuar los cálculos de la prueba. Es muy importante tener presente que cuando se prueba un medidor de turbina, o un medidor de desplazamiento equipado con un contador eléctrico de alta precisión, la variación de la lectura del medidor rara vez se determina del registro totalizador.

En cambio los pulsos de alta velocidad generados por el medidor durante el recorrido de prueba son usualmente contados y registrados por un contador de prueba electrónico por separado.

En algunos casos los pulsos generados por el medidor son multiplicados por un factor indicado por el registro total del medidor y/o un factor compensado por temperatura antes de que sean registrados por el contador de prueba. En ambos casos, "es muy importante que el cambio en la lectura del medidor" requiera el cálculo del factor del medidor, determinado dividiendo el número de conteos del contador entre el número exacto de conteos de prueba requeridos por el registro totalizador de los medidores en una unidad de volumen.

Para un medidor de desplazamiento se determina por el número de pulsos por revolución del pulsador eléctrico y por el mecanismo del equipo del registro mecánico. Para un totalizador electrónico, el número de pulsos en el medidor requeridos para registrarlos en una unidad de volumen son generalmente el inverso del producto del factor indicado por el registro total del medidor y su factor divisor. Así el factor del medidor se multiplica por 0.2500 y su divisor será dividido entre 100 (o multiplicado por 0.01) teniendo conteos por unidad de volumen de:

$$\frac{1}{0.2500 \times 0.01} = 400$$

Si los pulsos del medidor son pasados a través de una lámina antes de que sean dirigidos al contador del probador, entonces los conteos adecuados, o pulsos por unidad de volumen serán 100, así como únicamente 100 conteos serán requeridos en ese punto para registrarlos en una unidad de volumen. En cualquier caso, donde los pulsos indicados en el contador del probador en donde sea conectado, estos tienen que ser corregidos por un compensador por temperatura mecánico o electrónico y el factor del medidor se calculará con respecto a un medidor compensado por temperatura; y no se requerirá aplicar un factor adicional Ctl en el denominador.

Cuando se pruebe un medidor de turbina equipado con un totalizador compensado por temperatura; el factor del medidor se calcula con respecto a un medidor no compensado si el contador del probador está conectado directamente al medidor. En tal caso Ctl es aplicado en el denominador porque los pulsos de prueba no son compensados por temperatura.

La diferencia radica en que los pulsos o conteos por unidad de volumen usados en el inciso IV.5 según el reporte de prueba del cálculo son determinados por la colocación y el arreglo del totalizador empleado con el medidor, antes de que por la característica particular de los pulsos por unidad de volumen del mismo medidor.

### III.8.- CALCULO DEL REGISTRO DE MEDICION.

#### III.8.1.- OBJETIVO E IMPLICACIONES.

El objetivo de normalización de los términos y procedimientos aritméticos empleados en el cálculo de las cantidades de petróleo líquido de un registro de medición es para evitar diferencias entre las partes involucradas.

Los procedimientos para propósitos de cálculo sirven para obtener la misma

respuesta, o explicación de los mismos datos de medición, sin hacer caso de quién, o qué puede calcularlos.

Un registro de medición es una certificación escrita para la distribución de aceite crudo, o productos petroleros. Si un cambio en la propiedad o en las reglas ocurriera durante el traslado, el registro de medición proporciona un convenio entre los representantes autorizados de las partes concernientes, así como cantidades medidas y calidades probadas de los líquidos transportados.

Debe de asegurarse que todas las copias de un registro de medición sean legibles. Por otro lado, los procedimientos estándar prohíben hacer correcciones o enmendaduras sobre un registro de medición a menos que las partes interesadas están de acuerdo en hacerlo y modificar el registro inicial para tal efecto.

Puede ser un error anular un registro y preparar un nuevo. Si el registro marcado como nulo tiene números impresos mecánicamente sobre los cuales no se pueda corregir, se realiza uno nuevo y el registro nulo deberá ser retirado y el nuevo de validez a los números impresos.

### III.8.2.- Términos.

Las condiciones estándar medias 60°F y presión atmosférica (0 libras por pulgada cuadrada manométricas); son para líquidos que tienen una presión de equilibrio arriba de cero manométrica a 60°F, las condiciones estándar son 60°F y presión de equilibrio del líquido a 60°F.

Un barril es una unidad de volumen igual a 9702.0 pulgadas cúbicas, y un galón es una unidad de volumen igual a 231.0 pulgadas cúbicas.

Los volúmenes son expresados en barriles, o galones con varias expresiones incorporadas a la palabra volumen teniendo los siguientes significados:

Volumen indicado.- Es el cambio en la lectura del medidor que ocurre durante una entrega o descarga.

Volumen total.- Es el volumen indicado multiplicado por el factor del medidor para el líquido en particular y gasto de flujo bajo el cual el medidor fue probado. Este es el volumen de medición.

Volumen total a temperatura estándar.- Es el volumen total multiplicado por Ctl, estos valores son presentados en las tablas 6A, 6B y 6C.

Si un medidor está equipado con un compensador por temperatura, la variación en la lectura del medidor durante la entrega, o descarga representa un volumen indicado a temperatura estándar, el cual cuando es multiplicado por el factor del medidor convierte al volumen total a temperatura estándar.

Volumen estándar total.- Es el volumen total a temperatura estándar, corregido también a presión estándar, y es por lo tanto una cantidad de medición. El factor para corregir un volumen a presión estándar es llamado Cpl.

En resumen (para un medidor no compensado por temperatura).

$$\begin{array}{l} \text{Volumen} \\ \text{estándar} \\ \text{Total} \end{array} = \left[ \begin{array}{cc} \text{Lectura de} & \text{Lectura de} \\ \text{cierres del} & \text{Apertura} \\ \text{medidor.} & \text{del medidor.} \end{array} \right] \times \left[ \text{FM} \times \text{Ctl} \times \text{Cpl} \right]$$

Volumen estándar neto: Es el mismo que el volumen estándar total para productos refinados. Cuando se refiera al aceite crudo, el porcentaje determinado de sedimentos y agua tiene que ser deducido. Esto algunas veces es llamado "Barriles estándar de aceite limpio neto".

El factor de corrección para sedimentos y agua (S & W) es:

$$C_{sw} = 1 - \left[ (\% \text{ S\&W}) / 100 \right]$$

Por lo consiguiente:

$$\text{Volumen estándar Neto} = \left[ \begin{array}{l} \text{Lectura de} \\ \text{cierre del} \\ \text{Medidor.} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Lectura de} \\ \text{Apertura del} \\ \text{Medidor.} \end{array} \right] \times \left[ \text{FM} \times \text{Ctl} \times \text{Cpl} \times \text{Csw} \right]$$

Lectura del medidor: Es la mostrada instantaneamente en la cara del medidor. Cuando la diferencia entre las dos lecturas de cierre y apertura estén siendo observadas, tal diferencia puede ser llamada volumen indicado.

Registro de Medición.- Es el término general empleado en esta tesis para comprender y reemplazar expresiones antiguas tales como "Registro de recorrido", "Registro de entrega y descarga" u otros términos.

También es usado como un medio en todo lo que esté soportado por -- papeles, o en interpretaciones ocurridas en la estación del medidor, ya sea automatizada, a control remoto y/o computarizada.

### III.8.3.- REGLAS DE REDONDEO EN REGISTROS DE MEDICION.

1°.- Al calcular un volumen estándar neto, registrar las temperaturas hasta el entero más próximo en grados Fahrenheit, y las presiones a la línea de lectura más próxima de la escala. Las tablas de factores de corrección son usadas, con valores expresados a cuatro cifras decimales.

2°.- Multiplicar el factor del medidor por los factores de corrección, redondeándolos a cuatro cifras decimales en cada paso en estos cálculos intermedios.

3°.- Redondear el factor de corrección combinado (CCF, el cual incluye un valor del factor del medidor y de Cnw) hasta cuatro cifras decimales.

4°.- Por último redondear el volumen estándar neto resultante al entero más próximo para barriles, o al entero para galones, como pueda ser el caso.

#### III.8.4.- FACTORES DE CORRECCION.

Los factores de corrección que se aplican a los registros de medición y su notación, son explicadas en el inciso III.5. En registros de medición para aceite crudo otro factor de corrección es introducido, el cual permite conocer los volúmenes de sedimentos y agua (S & W).

El valor de este factor de corrección (Csw) es  $1 - \left[ \frac{\% S \& W}{100} \right]$ .

Del mismo modo las correcciones por temperatura y presión, también pueden combinarse dentro del CCF cuando calculemos los registros de medición.

#### III.8.5.- RANGO DE PRECISION.

El rango de precisión asignado a los valores del registro de medición son inferiores a los cálculos del factor del medidor, debido a las incertidumbres acumuladas al ingresar la calibración de los probadores, y además al contemplar el cálculo de los factores del medidor; esto hace imposible asignar un mayor rango en los valores. Así, únicamente cuatro cifras decimales en los factores de corrección son aceptadas y las convenciones de redondeo y recorte son necesariamente dentro de un orden para obtener el mismo valor de los mismos datos sin hacer caso de quién o qué puede calcularlos.

#### III.8.6.- PROCEDIMIENTOS ESTANDAR.

Las lecturas del medidor serán truncadas de modo que las fracciones de una unidad estándar (Barriles o galones) sean eliminadas (no redondeadas) y el volumen indicado determinado así, empleará en el cálculo el volumen estándar neto. (Puede haber un acuerdo entre las partes interesadas para emplear una unidad mayor a un barril, semejante a una unidad de 10 barriles, entonces el truncamiento eliminaría todo cuanto sea menor a tal unidad).

Por ejemplo:

	<u>VALOR PRESENTADO</u>	<u>VALOR TRUNCADO</u>
Lectura de cierre ,bl	3'867,455.2	3'867,455
Lectura de apertura ,bl	3'814,326.9	3'814,326
Diferencia de volumen ,bl	53,128.3	53,129

Los contadores sin - reducción pueden ser empleados cuando:

La temperatura sea leída y redondeada al entero más próximo al grado Fahrenheit.

Las presiones sean leídas y redondeadas a la lectura de la escala más próxima.

### III.8.7.- CONVENCIONES.

A fin de evitar multiplicar un número grande por un número pequeño (volumen indicado por un factor de corrección) repetidas veces y tener posiblemente pérdidas significativas dentro del proceso, obtenemos el factor de corrección combinado (CCF) primero y sólo entonces, multiplicar el volumen indicado por el CCF.

Multiplicar cada uno de los factores de corrección por el siguiente y redondearlo hasta cuatro cifras decimales en cada paso.

Por último presentar todos los factores de corrección hasta cuatro cifras decimales, incluyendo el CCF.

## CAPITULO IV. EJEMPLOS DE APLICACION.

### IV.1.- EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TUBERIA.

El registro que se usa para una calibración por desplazamiento de agua en un probador de tubería, debe de asegurar por lo menos la siguiente información (ver el siguiente ejemplo).

Los valores siguientes son para este ejemplo, únicamente, y debido a que la diferencia entre la temperatura inicial en el probador y la temperatura de las normas de campo es pequeña (menor a 3 °F), es recomendable usar el método simplificado (Consultar inciso III.6.4).

Las correcciones de Cts pueden ser omitidas, pero éstas se incluyen en el ejemplo para propósitos de ilustración.

El siguiente ejemplo está limitado a una sola determinación, aunque al menos dos de ellas sean requeridas.

EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TUBERIA.

A.- Información general.

Reporte de calibración N° \_\_\_\_\_ N° de serie del probador \_\_\_\_\_  
 Dimensiones del probador Tubería de 10" 0.365 de pared Tipo de probador Unidireccional  
 Metal Acero suave (dulce) Localización del probador \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Nombre de los calibradores \_\_\_\_\_

B.- Normas de campo (mediciones de prueba).

1.- Unidades nominales, galones .....		25		50	
2.- Volumen, pulgadas cúbicas .....		5775.81		11551.80	
3.- Número de serie .....		M		N	
C.- Valores Observados.					
4.- Presión promedio inicial en .....		41			
el probador, psig.					
5.- Temperatura promedio inicial.....		82.0			
en probador, °F					
N° Progresivo .....	1	2	3	4	
Norma de campo usada .....	M	N	N	N	
6.- Volumen reportado .....	5775.81	11551.80	11551.80	11551.80	
7.- Lectura de la escala .....					

Arriba de cero	.....	—	+ 37.5	+ 32.5	+ 3.0
Abajo de cero	.....	-1.0	-----	-----	-----
8.- Volúmenes medidos ( renglón 6+7 )	.....	5774.81	11589.30	11584.30	11554.80
9.- Temperatura de producción, *F	.....	82.0	82.0	82.8	84.0
10.- Cambio de la temperatura (inicial).....		0	0	+0.8	+2.0
( Renglón 9 - renglón 5)					
11.- Volumen ajustado por diferencia	.....	1.000000	1.000000	0.999864	0.999670
de temperaturas del agua.					
12.- Volumen ajustado a temperatura.....		5774.81	11589.30	11582.72	11550.99
Inicial ( renglón 8 x renglón 11 )					
13.- Suma de volúmenes ajustados, .....			40987.82		
en pulgadas cúbicas.					
D.- Correcciones Necesarias para Calcular el Volumen a Condiciones Base.					
14.- C <sub>tas</sub> para mediciones de prueba a temperatura media de 82.2 *F	.....				1.000424
15.- C <sub>tap</sub> para el probador a 82 *F	.....				1.000409
16.- C <sub>psp</sub> para probador de metal a 41 psig	.....				1.000038
17.- C <sub>pip</sub> para agua dentro del probador a 41 Psig	.....				1.000131
E. Volumen a condiciones base.					

Si el cambio de la temperatura inicial media (renglón 10) para todos los recorridos es de 3°F o mayor, o si el metal del probador y las mediciones de prueba no son las mismas, incluir C<sub>ts</sub> para las dos mediciones de prueba ( C<sub>tas</sub> ) y para el probador ( C<sub>tap</sub> ).

$$\text{Volumen a condiciones base} = \text{suma de volúmenes ajustados ( renglón 13 )} \times \left[ \frac{Ctsm (14)}{Ctsp (15) \times Cpsp(16) \times Cplp(17)} \right]$$

= 40491.58 pulgadas cúbicas a 60°F y 0 Lb/Pg2 Min. = 175.2882 galones

= 4.17353 barriles

Si el cambio de la temperatura inicial media ( Renglón 10 ) para todos los recorridos es de 3°F, o menor y el metal de las medición (s) de prueba es el mismo, así como el del probador se usa la ecuación siguiente:

$$\text{Volumen a condiciones base} = \text{Suma de volúmenes ajustados ( renglón 13 )} \times \left[ \frac{1}{Cpsp(16) \times Cplp(17)} \right]$$

NOTA: En este ejemplo aunque la temperatura de producción promedio ( 82.8°F ) es menor de 3°F que la temperatura al inicio ( 82.0°F ), las correcciones para Cts en ambas mediciones de prueba y probador, tienen que ser hechas en orden como indican los factores para que sean aplicados al calcular el volumen a condiciones base, sin hacer caso de qué temperatura inicial y de producción pudieron haber tenido.

En este ejemplo, corrigiendo para Cts se alterarán los resultados en una cien milésima parte.

#### IV.2.- EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TANQUE.

La forma o registro usado para una calibración por desplazamiento de agua en un probador de tanque debe de asegurar por lo menos la siguiente información (ver el siguiente ejemplo). Supongamos que ésta es una recalibración de campo; aquellas partes que no necesitan recalibración son la parte alta o parte baja del aparato; cualquier ajuste pequeño con respecto a la marca cero en la cima, o en el fondo serán hechos mediante el deslizamiento de las lecturas de la escala arriba o abajo como sea necesario, y ambas escalas entonces serán reselladas.

Además de suponer que la diferencia entre las temperaturas inicial y de producción se mantendrán menores de 3°F de modo que Cts para las mediciones y corrección del tanque puedan ser omitidas (consultar nota del inciso III.6.4).

Además como el probador de tanque está a presión atmosférica, no será requerida la corrección por presión para otro líquido, o cuerpo del probador de tanque.

El recorrido de calibración debe de ser repetido, y si los dos recorridos siguientes están corregidos por temperatura dentro del rango de 0.02% (en este ejemplo con un margen de 0.200 galones) el valor medio de los dos recorridos hace que el volumen calibrado en el probador esté a 60°F.

Los valores de la columna 6 del ejemplo siguiente es 1001.561 galones, el cual fue calculado a una temperatura de 80.7°F.

Cada producción tiene que ser corregida a 80.7°F por medio del factor de corrección mostrado en la columna 5. Puesto que, las normas de campo y el probador existente, son calibrados y hechos del mismo material (acero suave) y la diferencia de la temperatura media no es mayor a 3°F, no se necesita hacer ninguna corrección posterior para obtener el volumen calibrado del probador a 60°F, debido a que los volúmenes certificados

de las normas de campo están ajustadas a 60°F en el momento de su calibración.

Si la lectura de la parte alta de la escala del aparato fue; por ejemplo, 1001.000 galones al inicio de la calibración y el volumen real ahora conocido es de 1000.561 galones, la parte alta de la escala tiene que ser movida hacia abajo 0.561 galones.

Si los aparatos contienen 1 galón por pulgada (lo cual es el caso) la parte alta de la escala se moverá hacia abajo 9/16, o 0.563 pulgadas cúbicas (3). Una alternativa es mover la marca cero de la parte baja de la escala del aparato hacia arriba 9/16 de pulgada. Posteriormente ambas escalas son reselladas.

NOTA: (3) usando convencionalmente una escala graduada de un pie y conociendo que  $17/32$  de Pg = 0.5313 Pg y  $9/16$  de Pg = 0.5625 pg, el segundo valor es muy próximo al de la escala por lo tanto la lectura del menisco permitirá ser alcanzada.

#### EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TANQUE.

##### A.- Información General.

Reporte de calibración N° \_\_\_\_\_ N° de serie del probador \_\_\_\_\_

Tipo de probador: tanque estacionario abierto con menómetro de cristal en la parte alta y en el

fondo .

Localización del probador \_\_\_\_\_

Metal acero suave Capacidad nominal \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Nombre de los calibradores: \_\_\_\_\_

##### B.- Normas de Campo.

1.- Unidades nominales, galones	.....	50	1
2.- Volumen distribuido, galones	.....	49.985	0.997
3.- Número de serie	.....	n	n

C.- Valores Observados.

4.- Temperatura inicial del probador, parte alta, °F	.....	80.8
5.- Temperatura inicial del probador, parte media, °F	.....	80.6
6.- Temperatura inicial del probador, en el fondo, °F	.....	80.6
7.- Temperatura inicial del probador, promedio, °F	.....	80.7

## D.- Correcciones.

1	2	3	4	5	6
PRODUCCION	VOLUMEN	TEMPERATURA +F	T°	FACTOR DE CORRECCION VOLUMETRICO C.ldr.	VOLUMEN ESTANDAR DE CAMPO A TEMPERATURA DEL. PRBADOR.
1	49.985	80.6	-0.1	1.000015	49.986
2	"	80.6	-0.1	"	"
3	"	80.6	-0.1	"	"
4	"	80.7	"	1.000000	49.985
5	"	80.7	"	"	"
6	"	80.8	0.1	0.999984	49.984
7	"	81.0	0.3	0.999952	49.983
8	"	81.1	0.4	0.999936	49.982
9	"	81.1	0.4	"	"
10	"	81.2	0.5	0.999920	49.981
11	"	81.3	0.6	0.999904	49.980
12	"	81.4	0.7	0.999888	49.979
13	"	81.5	0.8	0.999872	"
14	"	81.7	1.0	0.999840	49.977
15	"	82.0	1.3	0.999793	49.975
16	"	82.4	1.7	0.999730	49.972
17	"	82.5	1.8	0.999714	49.971
18	"	83.0	2.3	0.999635	49.967

19	=	83.1	2.4	0.999619	49.966
20	=	83.5	2.8	0.999555	49.963
21	0.997	84.0	3.3	0.999473	0.996
22	0.997	84.0	3.3	0.999473	0.996

1001.561

- 8.- Suma de volúmenes estándar de campo ajustados por temperatura .....1001.561
- 9.- Lectura final inferior del manómetro..... 0
- 10.- Temperatura de producción media, °F..... 81.6
- 11.- Cambio de la temperatura inicial (renglón 10 - renglón 7)..... < 3.0 °F
- E.- Volumen Calibrado.
- 12.- Volumen calibrado = 1001.561 x 1
- 13.- La fórmula general para volumen calibrado es:

$$\text{volumen calibrado} = \text{suma de volúmenes ajustados} \times \left[ \frac{C_{Tsm}}{C_{Tsp} \times C_{pmp} \times C_{pip}} \right]$$

NOTA: Los cálculos para  $C_{Tsm}$  y  $C_{Tsp}$  son mostrados sin existir diferencias en el volumen calibrado hasta cinco dígitos significativos. Se puede demostrar a el usuario que debe hacer si hubo diferencias de temperatura mayores a 3°F, o metales diferentes.

#### IV.3.- EJEMPLO USANDO EL METODO DEL MEDIDOR MAESTRO.

El procedimiento de calibración de un probador de tubería usando el método del medidor maestro está basado en el capítulo 4 del manual de mediciones estandar de petróleo. El primer paso es probar el medidor maestro con el líquido seleccionado para la calibración del probador. En este ejemplo se usa un medidor de desplazamiento, probado contra un probador de tanque. Un medidor de turbina calibrado contra un probador de tubería puede emplearse igualmente, a condición de que no esté apartado del múltiple el cual es parte de la instalación al momento de la prueba.

El ritmo de flujo a través de un medidor maestro, mientras está siendo usado para calibrar un probador, puede mantenerse casi dentro del 2.5% del ritmo al tiempo de la prueba.

Una alternativa del método es desarrollar una curva precisa y una interpretación del factor del medidor para el ritmo observado durante la calibración.

El formato u hoja de trabajo empleada para registrar datos y cálculos debe de proporcionar por lo menos la información siguiente.

Únicamente el ejemplo muestra un recorrido de calibración del medidor maestro aunque lo ideal son cinco recorridos semejantes de calibración.

#### EJEMPLO USANDO EL METODO DEL MEDIDOR MAESTRO.

Paso 1 Prueba del medidor maestro.

##### A.- Información General.

Reporte de prueba N° \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Tiempo \_\_\_\_\_

Líquido: gasolina para motor a 60.8°API Gasto 215 barriles por hora

Nombre de los operadores \_\_\_\_\_ Ayudantes \_\_\_\_\_

B.- Información del Probador Maestro.

1.- Volumen calibrado, en barriles	.....	20.427
2.- Temperatura inicial del probador, parte alta, °F	.....	73.6
3.- Temperatura inicial del probador, parte media, °F	.....	73.6
4.- Temperatura inicial del probador, parte baja, °F	.....	73.4
5.- Temperatura inicial del probador, promedio, °F	.....	73.5

NOTA: Para una gravedad de 61°API (que es 60.8 °API redondeado) tabla 6B de esta tesis, los valores dados para 70°F y 80°F son de 0.9931 y 0.9862. Así el incremento promedio por °F para este intervalo es de 0.00069, por lo tanto para 73.5°F el valor con seis dígitos será de 0.990685 como es mostrado por el renglón 9 (ver nota 2).

6.- Presión, lb/pg <sup>2</sup> manométricas	.....	0
7.- Ctsp para el probador	.....	1.000251
8.- Cpsp para el probador	.....	1.000000
9.- Ctlp para el probador	.....	0.990685
10.- Cplp para el probador	.....	1.000000
11.- CCFp para probador maestro (renglón 7 x renglón 8 x renglón 9 x renglón 10)	.....	0.990934
12.- Volumen del probador maestro corregido, en barriles	.....	20.741809

C.- Información del Medidor Maestro.

13.- Lectura de cierre, en barriles	.....	14683.492
14.- Lectura de apertura, en barriles	.....	14663.155
15.- Volumen indicado por el medidor	.....	20.337
16.- Temperatura medida en la corriente, °F	.....	73.4

17.- Presión en el medidor, lb/pg <sup>2</sup>	..... 40.0
18.- Ctlm para el medidor	..... 0.990754
19.- Cplm para el medidor	..... 1.000328
20.- CCFm para medidor maestro (renglón 18 x renglón 19).....	0.991079
21.- Volumen del medidor maestro corregido, en barriles, (renglón 15 x renglón 20)	.....20.155574

D.- Factor del Medidor.

$$\begin{aligned} \text{Factor del medidor} &= \text{renglón 12} \div \text{renglón 21} \\ &= 1.004278 \text{ para este recorrido.} \end{aligned}$$

NOTAS:

2.- Como este ejemplo es para un probador de tanque abierto, la presión es cero lb/pg<sup>2</sup> manométricas, por lo consiguiente Cplp y Cpsp son la unidad. Si un probador de tubería es empleado, estos factores tendrán otros valores.

3.- Para un valor de Ctl con seis cifras decimales no es válido corregir un volumen a 60°F. Excepto que seis cifras decimales para los factores de corrección pueden ser usadas para correcciones dentro de un rango de temperatura pequeño, similar al existente entre un probador y un medidor. Las seis cifras decimales son determinadas por una interpolación lineal con un intervalo de 10°F, seleccionado de la tabla 6E, que incluye a ambos factores Ctlp y Ctlm.

4.- El factor del medidor a ser usado en la calibración debe ser el promedio de todos los recorridos efectuados.

Paso 2.- Calibrar el probador de tubería.

A.- Información General.

Volumen del probador nominal o supuesto, en barriles	..... 40
Diámetro de tubería, en pulgadas	..... 16
Espesor de pared, en pulgadas	..... 0.375
Gravedad del líquido empleado, °API	..... 60.8
Gasto de flujo cuando el medidor maestro fue probado, barriles/hora.	..... 715
Tolerancia = 2.5% en rangos de ritmo de flujo	..... 697 a 733

B.- Información del Probador de Tubería

Datos según cinco recorridos, que son promediados para los renglones 22 y 23, y el volumen a condiciones base dentro de la parte D.

22.- Temperatura, °F	..... 75.1
23.- Presión, lb/pg <sup>2</sup> manométricas	..... 100
24.- Ctsp para probador de tubería.	..... 1.000281
25.- Cpsp	..... 1.000136
26.- Ct1p	..... 0.989581
27.- Cp1p	..... 1.000281
28.- CCF para probador de tubería (renglón 24 x renglón 25 x renglón 26 x renglón 27)	..... 0.990807

C.- Información del Medidor Maestro.

29.- Gasto, barriles/hora	..... 705
30.- Temperatura, °F	..... 75.6
31.- Presión, lb/pg <sup>2</sup> manométricas	..... 75
32.- Lectura de cierre	..... 15226.727
33.- Lectura de apertura	..... 15186.254

34.- Volumen indicado por el medidor, en barriles (renglón 32 - renglón 33)	..... 40.473
35.- Factor del medidor maestro (nota 5)	..... 1.004284
36.- Ctm para el medidor	..... 0.989236
37.- Cplm para el medidor	..... 1.000623
38.- CCFm (renglón 35 x renglón 36 x renglón 37)	..... 0.994093
39.- Volumen del medidor maestro corregido, en barriles (renglón 34 x renglón 38)	.....40.233926
40.- Volumen en el probador, de este recorrido, en barriles (renglón 39 ÷ renglón 28)	.....40.607228

D.- Volumen a Condiciones Base.

Volumen a condiciones base del probador de tubería, barriles a condiciones estándar (nota 6) .....40.609

**NOTAS:**

5.- El factor del medidor maestro (renglón 35) no concuerda con el valor obtenido para un recorrido, paso 1 inciso D, debido a que el valor usado (renglón 35) es un promedio de más de un recorrido.

6.- El volumen a condiciones base del probador de tubería (D) no concuerda con el valor para un recorrido (renglón 36) porque suponemos que estos últimos cinco recorridos tuvieron que ser hechos y promediados. Además el volumen a condiciones base reportado es real; y es redondeado hasta cinco cifras significativas.

#### IV.4.- EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TANQUE Y MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO.

Una forma de reportar el factor del medidor usado por un medidor de desplazamiento no compensado por temperatura y probado contra un probador de tanque, permitirá por lo menos disponer de la información siguiente.

El ejemplo sólo muestra dos recorridos, para cada uno de estos recorridos el factor del medidor se calcula por separado; además los dos resultados obtenidos son promediados, algunas veces el resultado obtenido es llamado "factor del medidor a ser usado". Observamos que este procedimiento difiere del empleado para un probador de tubería en el cual los pulsos, la temperatura y la presión son promediadas, y el factor del medidor es calculado según los valores promedio de los pulsos, temperatura y presión.

#### EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TANQUE Y MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO.

##### A.- Información General.

Reporte de prueba N° \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_  
Gravedad °API \_\_\_\_\_ 60.8 \_\_\_\_\_ Gasto, B/H \_\_\_\_\_  
Medidor N° \_\_\_\_\_ Líquido Gasolina para motor  
Localización del probador \_\_\_\_\_ Estación \_\_\_\_\_  
Fecha y hora \_\_\_\_\_ Operador \_\_\_\_\_

(firma)

##### B.- Datos del Probador de Tanque.

	<u>RECORRIDO 1</u>	<u>RECORRIDO 2</u>
1.- Volumen indicado, en barriles .....	20.445	20.427
2.- Temperatura inicial del probador,		
parte alta, °F .....	73.6	73.6

	<u>RECORRIDO 1</u>	<u>RECORRIDO 2</u>
3.- Temperatura inicial del probador, parte media, °F .....	73.6	73.6
4.- Temperatura inicial del probador, parte baja, °F .....	73.4	73.4
5.- Temperatura inicial del probador, promedio (redondeada), °F .....	73.5	73.5
6.- Ctsp del probador (ver tabla A-1) .....	1.0003	1.0003
7.- CtIp del probador (ver 11.1, tabla 6) ....	0.9907	0.9907
8.- CCFp (renglón 6 x renglón 7) .....	0.9910	0.9910
9.- Volumen del probador corregido, en barriles (renglón 1 x renglón 8) .....	20.261	20.243
C.- Datos del Medidor.		
10.- Lectura de cierre, en barriles .....	14556.595	14683.494
11.- Lectura de apertura, en barriles .....	14536.214	14663.155
12.- Volumen indicado, en barriles .....	20.354	20.339
13.- Temperatura, °F .....	73.5	73.5
14.- Presión, lb/pg2 manométricas .....	40.0	40.0
15.- CtIm del medidor (ver 11.1, tabla 6 o usar 1.0000 si el medidor es compensa do por temperatura) .....	0.9907	0.9907
16.- Cplm del medidor .....	1.0003	1.0003
17.- CCFm del medidor (renglón 15 x renglón 16).	0.9910	0.9910
18.- Volumen del medidor corregido (renglón 12x renglón 17) .....	20.171	20.156

	<u>RECORRIDO 1</u>	<u>RECORRIDO 2</u>
19.- Factor del medidor (renglón 9 ÷ renglón 18).....	1.0045	1.0043

D.- Factor del Medidor.

El factor del medidor que usaremos es la  
 • media de los dos recorridos ..... 1.0044

IV.5.- EJEMPLO PARA UN PROBADOR DE TUBERIA, MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO Y LIQUIDO A BAJA PRESION DE VAPOR.

Los siguientes pasos corresponden aun ejemplo de cálculo para un probador de tubería con un medidor de turbina y líquido a baja presión de vapor.

A.- Información General

Reporte de prueba N° \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_  
 Gravedad \*API 63.7 Dimensiones del probador Tubería de 14", 0.312" de pared  
 Gasto, barriles/hora 1570 Líquido \_\_\_\_\_  
 Medidor N° \_\_\_\_\_ Estación \_\_\_\_\_  
 Totalizador de pulsos  
 por barril 1000  
 Fecha y Hora \_\_\_\_\_ Operador \_\_\_\_\_  
 (firma)

B.- Datos de los recorridos de prueba.

RECORRIDO N°	TEMPERATURA °F		PRESION, Lb/Pg2 MAN.		TOTAL DE PULSOS
	PROBADOR	MEDIDOR	PROBADOR	MEDIDOR	
1	63.0	64.5	80	62	17743
2	63.0	64.5	80	62	17744
3	63.5	64.5	80	62	17746
4	64.0	65.5	80	62	17746
5	64.0	65.5	80	62	17747
promedios	63.5	64.9	80	62	17745.2

1.- Promedios

(redondeados) 63.5 65.0 80 62 17745

2.- Volumen del medidor.

Volumen medido = 17745 ÷ 1000 = 17.745 barriles.

NOTAS:

1.- Las temperaturas promedio son ajustadas a la unidad más próxima en grados Fahrenheit.

2.- Las presiones son leídas a la división más próxima de la escala, la cual en este caso es asumida en incrementos de 2 libras por pulgada cuadrada.

3.- El total de pulsos es dividido entre el totalizador de pulsos por barril (en este caso 1000) y reportados en barriles, ajustados hasta tres cifras.

C.- Datos para el Probador.

3.- Volumen a condiciones base del probador, barriles .....	17.654
4.- Ctsp .....	1.0001
5.- Cpsp .....	1.0001
6.- Ct1p .....	0.9975
7.- Cplp .....	1.0007
8.- CCFp (renglones 4 x 5 x 6 x 7) (redondeados a cuatro cifras decimales en cada paso).....	0.9984
9.- Volumen del probador corregido, en barriles .....	17.626
(renglón 3 x renglón 8).	

D.- Datos para el Medidor.

10.- Ctlm .....	0.9965
11.- Cplm .....	1.0005

12.- CCFm (renglón 10 x renglón 11) ..... 0.9970

13.- Volumen del medidor corregido (renglón 9 x renglón 12) .... 17.692

E.- Factor del Medidor.

14.- Factor del medidor (renglón 9 ÷ renglón 13) ..... 0.9963

12.- CCFm (renglón 10 x renglón 11) .....	0.9970
13.- Volumen del medidor corregido (renglón 9 x renglón 12) ....	17.692

E.- Factor del Medidor.

14.- Factor del medidor (renglón 9 ÷ renglón 13) .....	0.9963
--	--------

**IV.6.- EJEMPLO PARA UN MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO, PROBADOR DE TUBERIA Y LIQUIDO A UNA PRESION DE VAPOR ARRIBA DE LA PRESION ATMOSFERICA.**

Supongamos para este ejemplo, que el líquido es una mezcla de porpano con una gravedad específica a 60° de 0.554 y que se usa un medidor de turbina no compensado por temperatura y un probador de tubería bidireccional. En este ejemplo, la presión de equilibrio  $P_c$  tiene un valor de 115 Lb/Pg2 man., determinada por el método explicado en la nota del inciso III.5.4. El valor de  $F$  para el medidor puede leerse de la tabla de compresibilidades vs densidad relativa figura A o Tabla II, en este caso el valor de  $F$  se obtiene entrando a la tabla con el valor de la temperatura 76.5 °F y leyendo contra la columna de gravedad específica de 0.554, con estos dos valores se lee un valor de 0.0000285.

El valor de  $C_{pl}$  (renglón 11) se calcula usando la ecuación 9 del capítulo III de la cual obtenemos un resultado de 1.0080 redondeado hasta cuatro cifras decimales.

El valor de  $F$  para el probador se calcula de la misma manera que para el medidor excepto que la presión  $P$  es de 385 Lb/Pg2 man. y la temperatura es de 77.0°F, dándonos un valor para  $C_{pl}$  (renglón 6) de 1.0078 redondeado.

Para los valores de  $C_{tl}$ ,  $C_{ts}$  y  $C_{ps}$  se consultan los incisos III.5.3, III.5.1 y III.5.2 de esta tesis respectivamente.

Para ambos, medidor y probador el factor de corrección combinado (CCF) se calcula con las indicaciones del inciso III.5.5 de esta tesis.

**EJEMPLO PARA UN MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO, PROBADOR DE TUBERIA Y LIQUIDO A UNA PRESION DE VAPOR ARRIBA DE LA PRESION ATMOSFERICA.**

A.- Información General.

Reporte de prueba N° \_\_\_\_\_ Tipo de probador \_\_\_\_\_  
 Presión de vapor \_\_\_\_\_  
 Grupo \_\_\_\_\_ (a temp. de operación) 115  
 Gravedad específica 0.554 Fabricante del medidor \_\_\_\_\_  
 Diámetro del medidor 1 1/2" Líquido Mezcla de Propano  
 Totalizador de pulsos Volumen a condiciones base del  
 por barril 13188 probador, en barriles 2.0734  
 Dimensiones del  
 probador: tubería de 12", 0.375" de pared Estación \_\_\_\_\_  
 Fecha y hora \_\_\_\_\_ Nombre del Operador \_\_\_\_\_  
 Compañía \_\_\_\_\_

(firma)

B.- Datos de los Recorridos de Prueba.

RECORRIDO N°	TEMPERATURA °F		PRESION, Lb/Pg2 MAN.		TOTAL DE PULSOS POR VIAJE COMPLETO
	PROBADOR	MEDIDOR	PROBADOR	MEDIDOR	
1	76.6	76.0	385	395	28629
2	76.8	76.8	385	395	28626
3	76.8	76.0	385	395	28635
4	77.6	77.0	385	395	28634
5	77.0	77.2	385	395	28633
6	77.0	76.6	385	395	28631
Promedio	77.0	76.6	385	395	28631.3
1.- Promedio (redondeado)					
	77.0	76.5	385	395	28631

NOTAS:

I.- Las temperaturas promedio son ajustadas a la unidad más próxima para el grado Fahrenheit.

II.- Las presiones son leídas a la división más próxima de la escala.

III.- El total de pulsos es redondeado al total de pulsos más próximo.

2.- Volumen a condiciones del probador, en barriles .....	2.0734
3.- Ctsp .....	1.0003
4.- Cpsp .....	1.0004
5.- Ctlp .....	0.9780
6.- Cplp .....	1.0078
7.- CCFp (renglones 3 x 4 x 5 x 6) .....	0.9863
8.- Volumen del probador corregido, en barriles .....	2.0450
(renglón 2 x renglón 8)	

C.- Datos para el Medidor.

9.- Volumen medido (renglón 2 ÷ pulsos/barril)

$$28631 \div 13188 = 2.1710$$

10.- Ctlm .....	0.9789
11.- Cplm .....	1.0080
12.- CCFm (renglón 10 x renglón 11) .....	0.9867
13.- Volumen medido corregido, en barriles .....	2.1421

D.- Factor del Medidor.

14.- Factor del medidor (renglón 8 ÷ renglón 13) .....

IV.7 EJEMPLO DE UN REGISTRO DE MEDICION PARA UN LIQUIDO DE BAJA PRESION DE VAPOR.

La forma del registro de medición permite mostrar la lectura de los últimos datos y los valores calculados. Para el ejemplo se aplica un medidor no compensado por temperatura.

Ejemplo de registro de Medición para un Líquido a Presión de Vapor Baja.

A.- Información General.

Registro N° \_\_\_\_\_ Mes/día/año \_\_\_\_\_

Tiempo inicial \_\_\_\_\_ Tiempo terminado \_\_\_\_\_

Estación de medición \_\_\_\_\_ Entregado a \_\_\_\_\_

Líquido aceite crudo Grupo \_\_\_\_\_

Sedimentos y agua 0.15% Gravedad \*API a 60°F (nota 1) 39.6\*API

Observaciones \_\_\_\_\_ Nombre del ayudante \_\_\_\_\_

(firma)

Nombre de los

Operadores \_\_\_\_\_

(firma)

B.- Informe de Medición.

- 1.- Lectura de cierre del medidor (truncada), en barriles ..... 3867.455
- 2.- Lectura de apertura del medidor (truncada), en barriles .... 3814.326
- 3.- Volumen indicado, en barriles ..... 53.129
- 4.- Factor del medidor 1.0016 según reporte N° .....
- 5.- Temperatura promedio en la corriente, °F ..... 88

6.- Ctlm .....	0.9860
7.- Presión promedio del medidor, Lb/Pg2 man. ....	370
8.- Cplm .....	1.0022
9.- Sedimento y agua, porcentaje .....	0.15
10.- Csw (para productos secos y limpios, usar 1,0000) .....	0.9985
11.- Factor de Corrección combinado, CCFm (renglones 4 x 6 x 8 x 10) .....	0.9883
12.- Volumen estándar neto, en barriles (renglón 3 x 11) .....	52.507
NOTA 1.- La gravedad supuesta es ajustada a 0.5 grados *API	

## CAPITULO V. OPERACION Y MANTENIMIENTO.

### V.1.- CONSIDERACIONES GENERALES DE OPERACION.

Los datos de operación relacionados con las mediciones, incluyendo el control de gráficas del factor del medidor, están disponibles para quien desee consultarlos en el Manual de Mediciones Estándar de Petróleo, capítulos 11, 12 y 13. La exactitud de las mediciones por medio de medidores de desplazamiento positivo depende de las condiciones del medidor, del sistema de prueba, de la frecuencia de la prueba y de las variaciones, si alguna, de entre las condiciones de operación y prueba, cambian, entonces el factor del medidor obtenido es aplicado a esas condiciones y únicamente se obtendrá otro cuando cambien esas condiciones. Además de las condiciones generales de operación, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

A.- Los medidores de desplazamiento pueden ser operados dentro de un rango de flujo especificado por el fabricante y con los accesorios de equipo recomendados.

Estos deben de ser operados únicamente con líquidos para cuyas propiedades fueron diseñados.

B.- Si un medidor de desplazamiento está diseñado para flujo reversible, los factores del medidor deben de ser obtenidos para cada una de las direcciones de flujo. Si el medidor no es así diseñado, una válvula de retención será instalada para prevenir el regreso del flujo.

C.- La falta de remover materia extraña corriente arriba en un medidor de desplazamiento puede dar como resultado malas mediciones y daños.

Los coladores, filtros y otros dispositivos protectores corriente arriba en el medidor instalados en serie son recomendados.

## V.2.- INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL DE OPERACION.

Las instrucciones de operación definidas, las formas para reportar y calcular los datos de prueba, y corrección de volúmenes son proporcionados en los Capítulos III y IV de esta tesis. Estos incluyen:

A.- Procedimiento de operación estándar y un método paso por paso en la prueba del medidor en cada lugar o estación del medidor.

B.- Formas para conservar, controlar e interpretar el sistema de medición de cartas.

C.- Gastos arriba o abajo en el cual un medidor adicional en los medidores en serie será colocado sobre la corriente o separado de ésta.

D.- Temperatura y presión máximas de operación del líquido a ser medido.

E.- Procedimiento para tomar muestras y corrección de la densidad observada (gravedad  $\rho_{API}$ ) a temperatura estándar.

F.- Como aplicar los factores de reducción de volumen por temperatura y, si se requiere, también por presión.

Para consultar datos de compresibilidad, estos aparecen en la tabla II capítulo II de esta tesis, o en la figura A de ese mismo capítulo; sin embargo, el capítulo III y IV pueden ser consultados para los procedimientos de cálculo estándar.

Cuando una gran cantidad de mediciones sean realizadas los procedimientos para determinar la densidad a condiciones de flujo deben de ser proporcionados.

G.- Indicaciones para reportar por el personal apropiado cuando los factores del medidor varían más allá de las tolerancias establecidas.

H.- Procedimientos para estimación de volúmenes pasados a través de un medidor fuera de operación.

I.- Instrucciones en cuanto a quien debe supervisar las calibraciones del probador, las pruebas del medidor y las reparaciones.

J.- La política general sobre la frecuencia de la prueba del medidor y la reprobación, sobre las variaciones en el gasto u otras variables las cuales afectan el valor del medidor.

K.- Instrucciones para contabilizar, reportar, distribución de registros de medición y corrección de volúmenes.

Para el mantenimiento, existirá distinción entre aquellas partes del sistema que puedan ser chequeadas por el personal de operación (explotación). Por ejemplo, indicadores de presión, lecturas directas de los termómetros, indicadores del probador de tanque y los sellos visuales de vidrio, etc; contra aquellas partes, las cuales requieren los servicios del personal técnico.

Los medidores almacenados por un largo período serán conservados bajo techo y tendrán sus partes aceítadas funcionando para minimizar la corrosión. Es difícil y a menudo no es aconsejable establecer un programa definido en el mantenimiento del medidor, es decir en términos de tiempo o productividad por la variedad de tamaños y diámetros; así como, servicios y líquidos medidos.

La determinación de cuando se repare o inspeccione un medidor de desplazamiento puede mejorarse basándose en la administración del control de tablas de sus valores para el factor del medidor para cada uno de los productos o calidad del crudo.

Pequeños cambios inesperados en el factor del medidor naturalmente ocurrirán dentro de la operación normal, excepto si el valor de tales cambios en el factor del medidor exceden tres desviaciones estándar ( $\pm 3\sigma$ ) sobre el control de las tablas, la causa del cambio puede ser buscada y mantenida proporcionalmente. El uso de  $3\sigma$  como límite determina una variación normal aceptable que influye en el equilibrio entre buscar la falla que no existe y no buscar la falla que puede existir.

### V.3.- PRUEBA DEL MEDIDOR Y FRECUENCIA DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR.

Es recomendable que en un probador o en una conexión permanente se utilice un probador portátil o un medidor maestro, para que sea instalado en un sistema de medición.

La frecuencia apropiada para una prueba depende de algunos aspectos y condiciones de operación las cuales son mal interpretadas al establecer un tiempo fijo, o un intervalo productivo para todas las condiciones. En Productos limpios en servicio, esencialmente en los gastos y temperaturas uniformes, los factores del medidor tienden a variar muy poco. En crudo y gas LP en servicio donde los gastos, densidades o viscosidades varían substancialmente, un programa de 30 días o menor para prueba es aconsejable, estableciendo un intervalo corto si fuese necesario.

Las pruebas del medidor deben ser hechas para cada tipo de producto medido usando un rango de densidad como guía. En temporadas de rápidos cambios de temperatura ambiente los factores del medidor varían; por consiguiente, la frecuencia de la prueba puede ser acortada.

Estudios sobre el control de tablas de los medidores, las cuales incluyen datos relacionados con la temperatura del líquido y gasto, ayudarán a formarnos un criterio acerca de la óptima frecuencia de prueba.

La prueba consistirá de un mínimo de dos recorridos de prueba, el factor usado será el valor medio de los recorridos. Dos recorridos son acostumbrados en un probador de tanque o un medidor maestro, debido a que la duración de un recorrido limita su número lo que es práctico. Para un probador de tubería tres a cinco recorridos son usuales, en cada caso el factor usado es el valor medio de todos los recorridos de prueba realizados.

En productos de gas LP algunas veces es necesario hacer unos cuantos recorridos simplemente para eliminar vapores residuales en el probador,

en los cuales el empleo de los valores de los recorridos de limpieza no serán usados para determinar el valor medio del factor. Cuando un recorrido produce un resultado que está seguramente fuera de concordancia éste puede ser desechado.

La presión ( $\sigma / \sqrt{n}$ ) de los recorridos de prueba del medidor establecen que el factor del medidor no debe ser confundido con la precisión de los recorridos de calibración para un probador, los cuales están usualmente dentro de un rango del 0.02%. La precisión de los resultados en los recorridos de prueba del medidor tienden a ser mayores que para los recorridos de calibración, porque el agua usada en la calibración del probador tiene una alta capacidad calorífica y un bajo coeficiente de expansión termal con respecto al petróleo. Si los valores del recorrido de prueba están dentro de los límites del control de tablas, estos valores son aceptables, siendo comúnmente prácticos al tener recorridos acordes de un rango del 0.05%.

Las pruebas pueden ser frecuentes en los primeros días de una instalación en particular. Si empleamos medidores de desplazamiento en serie, es posible manejar diferentes gastos en un medidor individual dentro de un rango recomendado por el fabricante, de modo que un cambio en el gasto dentro de esos límites no ocasione volver a realizar la prueba.

No se acostumbra desarrollar una curva del factor del medidor contra el gasto (la cual para propósitos prácticos es terminante) para lo cual un nuevo factor así llamado puede ser seleccionado. Con una nueva instalación, después de que el período de frecuencia de la prueba demuestre que los valores del factor del medidor en cualquier líquido dado estén siendo reproducidos dentro de un límite sin tolerancia, la frecuencia de volver a probar disminuye mientras que los factores estén bajo control y la repetibilidad total de la medición se considera satisfactoria para las partes

interesadas.

Por último un medidor de desplazamiento puede ser probado nuevamente después del mantenimiento y si éste cambia el valor del factor del medidor es conveniente repetir el período de frecuencia relativo a la prueba para fijar, o establecer un nuevo control de tablas y cuando los valores vuelvan a tener estabilidad, se irá disminuyendo la frecuencia de la prueba.

#### V.4.- TABLAS DE CONTROL PARA SISTEMAS DE MEDICION E INVESTIGACION DE FALLAS.

Una tabla de control para un sistema de medición es cualquier adaptación conveniente al método de tablas de control estadístico para mediciones de líquido (consultar capítulo 13, aplicación de métodos estadísticos). Las tablas de control para sistemas de medición son esencialmente gráficas sucesivas de los valores del factor del medidor, graficados a lo largo de la abscisa con su correspondiente valor en la ordenada, representando a la abscisa con  $\bar{x} \pm 1\sigma$ ,  $\bar{x} \pm 2\sigma$  y  $\bar{x} \pm 3\sigma$ , en el cual  $\bar{x}$  es la medida de los valores del factor y  $\sigma$  (sigma) es la desviación estándar, obtenida según la experiencia.

Se debe tener una tabla de control para cada producto, o calidad de crudo y medidor de desplazamiento.

Con respecto a la investigación de fallas, las tablas de control para sistemas de medición pueden ser utilizadas para proporcionar una señal de alarma para detectar fallas durante la medición; para mostrar cuándo y hasta qué punto las condiciones se han desviado de las normas aceptadas. Las tablas pueden ser empleadas para detectar fallas, pero no la naturaleza de éstas. Cuando la falla es encontrada, o se sospecha de ella, una verificación sistemática en el sistema de medición es recomendable.

Los siguientes puntos, o detalles deberán ser considerados, aunque no necesariamente dentro del orden citado:

A.- Si usamos un probador de tanque y durante la acción de abrir o cerrar indebidamente, tirando hacia afuera lentamente las diversas válvulas, se deberá tener mucho cuidado al realizar esta acción, la cual deberá ser rápida y pareja.

B.- Si una bolsa de aire está atrapada en alguna parte del múltiple ésta deberá eliminarse en el procedimiento de medición de prueba o calibración

o por el sistema de seguridad del equipo.

C.- Las partes móviles y la superficie de apoyo del medidor de desplazamiento, según su uso y la presencia de materia extraña pueden incrementar el resbalamiento.

D.- Cambios en las propiedades de lubricación (algunos líquidos tienen variación en las cantidades de sus compuestos, los cuales no lubrican y además causan variaciones de resbalamiento).

E.- Si un probador de tubería es usado para la prueba, sus detectores, el diámetro y las condiciones del desplazador pueden necesitar una revisión.

F.- Disponer de dispositivos sensibles a la presión, temperatura y densidad.

G.- Si un probador de tubería es usado para la prueba, el generador de pulsos de la prueba, los contadores, los rollos, los pre-amplificadores, sistemas de transmisión de señales, fuente de poder y todos los dispositivos de interpretación deberán ser chequeados.

H.- Todas las válvulas deben de ser aisladas y de asiento hermético.

A P E N D I C E "A"  
.....

FACTORES DE CORRECCION PARA ACERO  
.....

TABLA A-1 - FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA ACERO SUAVE, Cts.

TABLA A-2 - FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA ACERO INOXIDABLE, Cts.

TABLA A-3 - FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA ACERO, Cps.

**Tabla A-1— FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA ACERO SUAVE**

CTS. PARA ACERO SUAVE TENIENDO UN COEFICIENTE CUBICO DE EXPANSION DE  $1.86 \times 10^{-5}$  POR  $^{\circ}\text{F}$ .

TEMPERATURA OBSERVADA, $^{\circ}\text{F}$	VALOR DE CTS.	TEMPERATURA OBSERVADA, $^{\circ}\text{F}$	VALOR DE CTS.
-7.2- -1.0	0.9988	73.5- 78.8	1.0003
-1.8- 3.5	0.9989	78.5- 84.1	1.0004
3.6- 8.9	0.9990	84.2- 89.5	1.0005
9.0- 14.3	0.9991	89.6- 94.9	1.0006
14.4- 19.6	0.9992	95.0-100.3	1.0007
19.7- 25.0	0.9993	100.4-105.6	1.0008
25.1- 30.4	0.9994	105.7-111.0	1.0009
30.5- 35.8	0.9995	111.1-116.4	1.0010
35.9- 41.1	0.9996	116.5-121.8	1.0011
41.2- 46.5	0.9997	121.9-127.2	1.0012
46.6- 51.9	0.9998	127.3-132.5	1.0013
52.0- 57.3	0.9999	132.6-137.9	1.0014
57.4- 62.6	1.0000	138.0-143.3	1.0015
62.7- 68.0	1.0001	143-148.7	1.0016
68.1- 73.4	1.0002	148.8-154.0	1.0017

NOTE: ESTA TABLA ES APROPIADA PARA APLICARSE EN LA PRUEBA DEL MEDIDOR; EN LA CALIBRACION DEL PRONADOR SE USARAN FORMULAS. LA FORMULA USADA PARA DERIVAR LOS VALORES TABULADOS Y EL CALCULO DE ESTOS ES LA ECUACION - (1) INCISO III.5.1.

**Tabla A-2— FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA ACERO INOXIDABLE**

CTS. PARA ACERO INOXIDABLE TENIENDO UN COEFICIENTE CUBICO DE EXPANSION DE  $2.65 \times 10^{-5}$  POR  $^{\circ}\text{F}$ .

TEMPERATURA OBSERVADA, $^{\circ}\text{F}$	VALOR DE CTS.	TEMPERATURA OBSERVADA, $^{\circ}\text{F}$	VALOR DE CTS.
-9.8- -6.1	0.9982	73.5- 76.9	1.0004
-6.0- -2.3	0.9983	77.0- 80.7	1.0005
-2.2- 1.5	0.9984	80.8- 84.5	1.0006
1.6- 5.2	0.9985	84.6- 88.3	1.0007
5.3- 9.0	0.9986	88.4- 92.0	1.0008
9.1- 12.8	0.9987	92.1- 95.8	1.0009
12.9- 16.6	0.9988	95.9- 99.6	1.0010
16.7- 20.1	0.9989	99.7-103.3	1.0011
20.4- 24.1	0.9990	103.4-107.1	1.0012
24.2- 27.9	0.9991	107.2-110.9	1.0013
28.0- 31.6	0.9992	111.0-114.7	1.0014
31.7- 35.4	0.9993	114.8-118.4	1.0015
35.5- 39.2	0.9994	118.5-122.2	1.0016
39.3- 43.0	0.9995	122.3-126.0	1.0017
43.1- 46.7	0.9996	126.1-129.8	1.0018
46.8- 50.5	0.9997	129.9-133.5	1.0019
50.6- 54.3	0.9998	133.6-137.3	1.0020
54.4- 58.1	0.9999	137.4-141.1	1.0021
58.2- 61.8	1.0000	141.2-144.8	1.0022
61.9- 65.6	1.0001	145.0-148.6	1.0023
65.7- 69.4	1.0002	148.7-152.4	1.0024
69.5- 73.2	1.0003	152.5-156.2	1.0025

NOTE: ESTA TABLA ES APROPIADA PARA APLICARSE EN LA PRUEBA DEL MEDIDOR; EN LA CALIBRACION DEL PRONADOR SE USARAN FORMULAS. LA FORMULA USADA PARA DERIVAR LOS VALORES TABULADOS Y EL CALCULO DE ESTOS ES LA ECUACION - (1) INCISO III.5.1.

Tabla A-3- FACTORES DE CORRECCION POR PRESION PARA ACERO, CPS.  
(TODAS LAS MEDICIONES SON EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS)

FACTOR CPS.	DIMENSIONES DEL PROBADOR								FACTOR CPS.	
	TUBERIA 6" PARED 0.25"	TUBERIA 6" PARED 0.280	TUBERIA 8" PARED 0.322"	TUBERIA 8" PARED 0.375"	TUBERIA 10" PARED 0.365	TUBERIA 10" PARED 0.375	TUBERIA 12" PARED 0.375	TUBERIA 14" PARED 0.212"		TUBERIA 14" PARED 0.375
10000	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	10000
10001	62.163	70.262	81.181	92.214	98.163	97.168	87.181	95.164	85.127	10001
10002	100.000	106.506	122.502	135.557	143.273	142.281	122.254	135.178	124.212	10002
10003	141.818	152.888	173.879	188.899	194.882	192.891	165.876	185.784	171.829	10003
10004	187.553	199.573	224.581	243.622	248.593	245.596	204.571	235.518	218.562	10004
10005	237.673	251.561	281.563	304.585	307.603	302.618	247.585	285.581	263.606	10005
10006	291.775	307.581	342.585	368.628	369.701	362.731	285.672	335.658	312.551	10006
10007	349.916	367.635	412.641	442.671	440.819	432.883	335.785	395.626	372.616	10007
10008	412.100	431.821	488.828	522.848	518.928	508.996	385.786	455.684	432.629	10008
10009			550.828	590.858	584.858	571.868	425.801	505.684	482.606	10009
10010					645.944	627.944		605.731		10010
10011					985.1078			715.864	692.976	10011
10012								805.878	777.1763	10012
10013								875.944		10013
10014								945.1078		10014
10015										10015
10016										10016
10017										10017
10018										10018
10019										10019
10020										10020
10021										10021
10022										10022
10023										10023
10024										10024

Tabla A-3- FACTORES DE CORRECCION POR PRESION PARA ACERO, CPS.  
(TODAS LAS MEDICIONES SON EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS)

FACTOR CPS.	DIMENSIONES DEL PRUBADOR									FACTOR CPS.
	TUBERIA 8" PARED 0.25"	TUBERIA 8" PARED 0.280	TUBERIA 8" PARED 0.322"	TUBERIA 8" PARED 0.375"	TUBERIA 10" PARED 0.365	TUBERIA 10" PARED 0.375	TUBERIA 12" PARED 0.375	TUBERIA 14" PARED 0.312"	TUBERIA 14" PARED 0.375	
1.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0000
1.0001	62.193	39.263	63.184	32.233	55.184	57.168	43.249	35.104	45.127	1.0001
1.0002	124.386	78.526	126.368	64.467	110.367	114.336	86.498	70.208	90.254	1.0002
1.0003	186.579	117.789	189.552	96.700	165.552	171.504	129.747	105.312	135.381	1.0003
1.0004	248.772	157.049	253.408	128.933	210.704	218.672	171.990	140.416	180.502	1.0004
1.0005	310.965	196.310	317.536	161.166	272.896	283.344	218.232	175.520	225.636	1.0005
1.0006	373.158	235.570	381.648	193.399	335.088	348.576	271.464	215.616	270.752	1.0006
1.0007	435.351	274.831	444.864	225.632	397.280	413.760	318.600	250.720	315.864	1.0007
1.0008	497.544	314.091	507.648	257.865	459.472	478.032	365.736	285.760	360.992	1.0008
1.0009	559.737	353.351	570.336	290.098	521.664	542.112	412.872	325.840	405.120	1.0009
1.0010	621.930	392.611	633.120	322.331	583.856	606.288	460.008	360.880	450.240	1.0010
1.0011	684.123	431.871	696.384	354.564	646.048	670.320	507.144	395.920	495.280	1.0011
1.0012	746.316	471.131	759.168	386.797	708.240	734.176	554.288	435.960	540.320	1.0012
1.0013	808.509	510.391	822.432	419.030	770.432	808.352	601.432	475.960	585.280	1.0013
1.0014	870.702	549.651	885.648	451.263	832.624	872.288	648.576	515.960	630.240	1.0014
1.0015	932.895	588.911	948.864	483.496	894.816	946.208	695.720	555.960	665.200	1.0015
1.0016	995.088	628.171	1012.032	515.729	957.008	1014.048	742.864	595.960	705.120	1.0016
1.0017	1057.281	667.431	1076.176	547.962	1019.200	1075.936	789.008	635.960	750.080	1.0017
1.0018	1119.474	706.691	1135.320	580.195	1081.392	1137.872	835.152	675.960	795.040	1.0018
1.0019	1181.667	745.951	1200.576	612.428	1143.584	1201.808	881.296	715.960	840.000	1.0019
1.0020	1243.860	785.211	1265.832	644.661	1205.776	1263.744	927.440	755.960	890.000	1.0020
1.0021	1306.053	824.471	1331.088	676.894	1267.968	1325.680	973.584	795.960	940.000	1.0021
1.0022	1368.246	863.731	1396.344	709.127	1330.160	1387.616	1019.728	835.960	990.000	1.0022
1.0023	1430.439	902.991	1461.600	741.360	1392.352	1449.552	1065.872	875.960	1040.000	1.0023
1.0024	1492.632	942.251	1526.856	773.593	1454.544	1511.488	1112.016	915.960	1090.000	1.0024

Tabla A.3—FACTORES DE CORRECCION POR PRESION PARA ACERO, CPS.  
(LOS VALORES SON EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS).

FACTOR CPS.	DIMENSIONES DEL PROBADOR								FACTOR CPS.
	TUBERIA 10" PARED 0.375"	TUBERIA 12" PARED 0.375"	TUBERIA 20" PARED 0.375"	TUBERIA 24" PARED 0.375"	TUBERIA 20" PARED 0.375"	TUBERIA 20" PARED 0.500"	TUBERIA 30" PARED 0.500"	TUBERIA 30" PARED 0.500"	
1.0000	0.36	0.37	0.39	0.34	0.22	0.33	0.25	0.21	1.0000
1.0001	37.110	33.67	30.087	25.772	25.766	31.89	26.77	22.64	1.0001
1.0002	111.344	94.162	88.148	73.257	67.111	90.150	78.129	65.107	1.0002
1.0003	185.258	164.229	163.374	124.387	112.155	151.204	130.181	108.149	1.0003
1.0004	259.331	229.243	205.262	170.217	156.203	210.270	182.232	150.192	1.0004
1.0005	332.405	294.256	263.221	216.266	201.245	271.329	233.284	193.235	1.0005
1.0006	406.479	359.421	322.379	257.314	246.288	330.391	284.336	236.278	1.0006
1.0007	480.553	424.489	380.418	318.322	290.314	391.449	337.387	279.321	1.0007
1.0008	554.627	490.534	434.446	363.411	335.378	452.510	384.434	312.364	1.0008
1.0009	628.701	557.619	497.555	412.459	373.423	514.569	440.491	365.407	1.0009
1.0010	702.774	625.691	559.613	461.508	424.467	576.630	492.543	406.450	1.0010
1.0011	776.848	683.749	614.622	509.556	468.512	638.691	544.594	451.482	1.0011
1.0012	850.922	750.815	673.725	557.604	513.556	699.750	595.646	493.533	1.0012
1.0013	924.995	816.860	731.776	605.653	557.601	761.809	647.698	536.578	1.0013
1.0014	999.069	881.925	789.837	654.701	602.646	824.870	699.750	579.621	1.0014
1.0015		956.987	838.905	732.749	652.691	877.929	731.801	622.644	1.0015
1.0016			896.964	794.744	611.735	940.991	802.853	685.707	1.0016
1.0017			956.1022	849.836	736.777	991.1049	854.905	708.749	1.0017
1.0018				817.875	701.824		909.956	750.792	1.0018
1.0019				878.913	825.869		957.1018	793.835	1.0019
1.0020				939.951	864.913			836.878	1.0020
1.0021				999.9700	912.953			879.921	1.0021
1.0022					958.997			922.964	1.0022
1.0023								965.1017	1.0023
1.0024									1.0024

NOTA:  
1. ESTA TABLA ES BASADA EN LA SIGUIENTE ECUACION:  $CPS = 1 + \frac{P_p - P_o}{E t}$

DONDE

$CPS$ —FACTOR DE CORRECCION POR PRESION PARA ACERO CONSIDERANDO CAMBIO EN EL VOLUMEN CON LA VARIACION DE PRESION.

$P_p$ —PRESION DE OPERACION O PRESION OBSERVADA, EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS.

$P_o$ —PRESION, EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS, A LA CUAL EL VOLUMEN ACOMODACIONBASE DEL PROBADOR FUE DETERMINADA (USUALMENTE, 0 LIBRAS POR PULGADA CUADRADA BAROMETRICAS).

$D$ —DIAMETRO INTERNO DE LA TUBERIA EN LA SECCION DEL PROBADOR, EN PULGADAS.

$E$ —MODULO DE ELASTICIDAD PARA ACERO IGUAL A  $30 \times 10^4$ .

$t$ —ESPESOR DE PARED DE LA TUBERIA EN LA SECCION DEL PROBADOR, EN PULGADAS.

2. ESTA TABLA ES APROPIADA PARA APLICARLA EN LA PRUEBA DEL MEDIDOR; EN LA CALIBRACION DEL PROBADOR, SE USA LA ECUACION (INCISO 111.5.2).

APENDICE B  
\*\*\*\*\*

Este apéndice presenta las deducciones de las correcciones necesarias derivadas por efecto de temperatura sobre la cubierta de metal de cada una de las normas de campo empleadas para mediciones de prueba y probador las cuales son usadas para calibración. La ecuación general para determinar el volumen a condiciones base de un probador por el método de desplazamiento de agua de las normas de campo para mediciones de prueba es:

$$VSP = (V_m \times Ctdw) \times \left[ \frac{C_{tsm}}{C_{tsp} \times C_{p sp} \times C_{p lp}} \right] \quad \text{---} \quad * (B1)$$

Donde:

VSP.- Volumen a condiciones base en el probador a 60°F y 0 lb/pg<sup>2</sup> manométricas.

V<sub>m</sub>.- Volumen indicado en la medición de prueba.

C<sub>tsm</sub>.- Corrección por temperatura sobre la cubierta de acero en la medición de prueba.

C<sub>tdw</sub>.- Corrección por diferencia de temperaturas entre el agua de la medición de prueba individual y cuando el agua esté en el probador (factor utilizado fuera de la secuencia establecida).

C<sub>p lp</sub>.- Corrección por presión del agua del probador.

C<sub>tsp</sub>.- Corrección por temperatura de la cubierta de acero del probador

C<sub>p sp</sub>.- Corrección por presión sobre la cubierta de acero del probador.

Para el propósito de discusión, o aun de cálculo las dos correcciones por temperatura en la cubierta de acero pueden ser combinadas como sigue:

$$CCts = \left[ \frac{Ctam}{1 + (Tm-60)\gamma_m} \right] = \frac{1 + (Tm-60)\gamma_m}{1 + (Tp-60)\gamma_p} \quad \text{---(B2)}$$

Donde:

CCts.- Factor de corrección combinado por efecto de temperatura sobre el acero, en ambos, probador y medición.

Tm y Tp.- Temperatura en la cubierta del acero de la medición y el probador, respectivamente, generalmente se toman a la misma temperatura del agua contenida ahí.

$\gamma_m$  y  $\gamma_p$ .- Coeficientes de expansión cúbico de los materiales de la medición y el probador, respectivamente.

Multiplicando a la vez el numerador y denominador de la ecuación B2 por  $1 - (Tp - 60)\gamma_p$  y como el segundo término es muy pequeño se desprecia y obtenemos:

$$CCts = 1 + (Tm - 60)\gamma_m - (Tp - 60)\gamma_p \quad \text{--- (B3)}$$

Esta ecuación es el caso general.

Para el caso especial, cuando el probador y la medición de prueba sean hechas del mismo material, se tiene:

$$\gamma_m = \gamma_p = \gamma \quad \text{y}$$

$$CCts = 1 + (Tm - Tp)\gamma \quad \text{--- (B4)}$$

Otro caso especial es cuando el probador y la medición de prueba son a la misma temperatura, pero son hechas de diferentes materiales.

$$Tm = Tp = T \quad \text{y}$$

$$CCts = 1 + (T - 60) (\gamma_m - \gamma_p) \quad \text{--- (B5)}$$

El valor de la ecuación (B3) es para todas las combinaciones de temperatura y materiales, por lo consiguiente, está representada por la ecuación (B2) y es usado en la ecuación (B1).

Con respecto a la ecuación (B1) se nota que dentro de la práctica el valor de Ctdw está determinado para cada medición de prueba terminada y aplicado

al volumen en esa medición de prueba. Esos volúmenes corregidos son además sumados y las correcciones restantes son aplicadas en la suma. En ese caso  $V_m$  se toma como el volumen medio a temperatura media de todas las mediciones realizadas.

Esta práctica es aceptable para un rango normal de temperaturas experimentadas porque el coeficiente cúbico de expansión termal de los metales usuales es sólo alrededor de un décimo que el del agua. Por lo tanto, la ecuación B1 queda como:

$$VSP = (V_m \times Ct_{dw}) \cdot i \times \left[ \frac{Ct_{sm}}{Ct_{sp} \times C_{psp} \times C_{plp}} \right] \quad (B6)$$

Observamos que mientras el coeficiente cúbico de expansión termal usualmente para acero suave (dulce) es  $1.86 \times 10^{-5}$ , para acero inoxidable u otros metales generalmente varía por la composición del metal y solamente aquellos valores dados por el fabricante de las mediciones de prueba o probador pueden ser usados.

Como un ejemplo adicional, en el cual la falta de aplicación de correcciones de temperatura del acero afecten al volumen a condiciones base del probador, se considerará el caso donde ambas, las mediciones y el probador estén hechos de acero suave (dulce); sin embargo, la temperatura en las mediciones de prueba es de 87°F mientras que la temperatura del probador al principio del desplazamiento de agua es de 78°F entonces:

$$\frac{Ct_{sm}}{Ct_{sp}} = \frac{1 + ((87 - 60) \times 1.86 \times 10^{-5})}{1 + ((78 - 60) \times 1.86 \times 10^{-5})} = 1.000167$$

Falta aplicar esas correcciones en la ecuación B6 lo cual puede dar como resultado que el volumen a condiciones base del probador sea 0.0167 por ciento menos.

"Si la medición de prueba y el probador están hechos del mismo material, no se necesita corregir el volumen del probador a 60°F".

Esto es verdadero únicamente si la temperatura en el probador difiere de la temperatura de la medición de prueba en 3°F o menos.

APENDICE "C"

EJEMPLO DE LAS FORMAS DE REPORTE DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR

INFORME GENERAL DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR CUANDO SE USEN PROBADORES DE TUBERIA.

INFORME DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR POR EL METODO DEL PROBADOR DE TANQUE.

INFORME DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR POR EL METODO DEL MEDIDOR MAESTRO.



INFORME DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR POR EL METODO DEL PROBADOR DEL TANQUE

UBICACION	ENCARGADO	LIQUIDO	°API	FECHA	TEMP. ABS	N° REPORTE

DATOS DEL PROBADOR			REPORTE PREVIO N° _____		
VOLUMEN NOMINAL A 60°F Y °D LI/Pg° ABS	N° SERIE		RITMO DE FLUJO	FACTOR	FECHA
gal/5L			bl/hr		

DATOS DEL MEDIDOR					
N° SERIE	N° MEDIDOR	COMP POR TEMP.	FABRICANTE	TAMAÑO	MODELO
		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			

RITMO DE FLUJO	CONTADOR NO - MONTAJO	OBSERVACIONES, REPARACIONES, CORRECCIONES, ETC.
bl/hr		

DATOS DE VOLUMEN DEL PROBADOR DE TANQUE		RECORRIDO N° 1	RECORRIDO N° 2	RECORRIDO N° 3	RECORRIDO N° 4
1	DESCARGA HASTA EL TANQUE gal/5L				
2	TEMPERATURA DEL TANQUE (PROMEDIO) °F				
3	C <sub>ps</sub>				
4	C <sub>pl</sub>				
5	FCC (RENGLONES 3x4)				
6	VOL DEL PROBADOR CORREGIDO (RENGLONES 1x5)				

DATOS DEL MEDIDOR PRUBADO.					
7	LECTURA FINAL DEL MEDIDOR				
8	LECTURA INICIAL DEL MEDIDOR				
9	VOL INDICADO EN EL MEDIDOR, 5L (RENGLONES 7-8)				
10	VOL INDICADO EN EL MEDIDOR, gal (RENGLONES 7-8) N° 1, 4, 2, 3, 5, 6, 8, 9				
11	TEMPERATURA EN EL MEDIDOR, °F				
12	PRESION EN EL MEDIDOR, PSIG				
13	C <sub>ps</sub> USAR 1 000 SEIS COMP POR TEMP.				
14	C <sub>pl</sub>				
15	FCC (RENGLONES 13x14)				
16	VOL DEL MEDIDOR CORREGIDO (RENGLONES 10x15)				
17	FACTOR DEL MEDIDOR (RENGLONES 6-16)				

FACTOR DEL MEDIDOR (VALOR PROMEDIO)	×	C <sub>p</sub> A CONDICIONES DE MEDICION	=	FACTOR COMPUERTO PARA APLICACIONES A PRESION CONSTANTE.
--	---	---	---	---

FIRMA	FECHA	COMPANIA

INFORME DE LA PRUEBA DEL MEDIDOR POR EL METODO DEL MEDIDOR MAESTRO

UBICACION	ENCARGADO	LIQUIDO	*A P I	FECHA	TEMP. AMB.	N° REPORTE.

DATOS DEL MEDIDOR

N° SERIE	N° MEDIDOR	PULSOS/BL	COMP POR TEMP	FABRICANTE	TAMAÑO	MODELO

REPORTE PREVIO N° \_\_\_\_\_

RITMO DE FLUJO	CONTADOR NO - MONTADO

RITMO DE FLUJO	FACTOR	FECHA

bL/H

DATOS DEL MEDIDOR MAESTRO FORMA \_\_\_\_\_ TAMAÑO \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_ N° SERIE \_\_\_\_\_

1	LECTURA DE CIERRE, bL/gal.				
2	LECTURA DE APERTURA, bL/gal.				
3	VOL INDICADO (RENGLONES 1-2)				
4	TEMPERATURA EN EL MEDIDOR * F				
5	PRESION EN EL MEDIDOR, PSIB				
6	FACTOR DEL MEDIDOR MAESTRO				
7	C <sub>TL</sub>				
8	C <sub>PL</sub>				
9	FCC (RENGLONES 6 X 7, 8)				
10	VOL DEL PROBADOR CORREGIDO (ENG 3 X 9)				

DATOS DEL MEDIDOR PROBADO

11	LECTURA DE CIERRE, bL/gal.				
12	LECTURA DE APERTURA, bL/gal.				
13	VOL INDICADO (RENGLONES 11-12)				
14	TEMPERATURA EN EL MEDIDOR, * F				
15	PRESION EN EL MEDIDOR, PSIB				
16	C <sub>TL</sub>				
17	C <sub>PL</sub>				
18	FCC (RENGLONES 16 X 17)				
19	VOL DEL MEDIDOR CORREGIDO (RENGLONES 13 X 15)				
20	FACTOR DEL MEDIDOR (RENGLONES 18)				

FACTOR DEL MEDIDOR  
(VALOR PROMEDIO)

×

C<sub>p</sub> A CONDICIONES  
DE MEDICION

FACTOR COMPUESTO PARA  
APLICACIONES A PRESION  
CONSTANTE

FIRMA	FECHA	COMPANIA

TABLAS 6A, 6B y 6C  
.....

TABLAS 6A, 6B Y 6C - CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F CONTRA LA GRAVEDAD

\*API A 60 °F Y COEFICIENTE DE EXPANSION TERMAL.

Las tablas 6A, 6B y 6C proporcionan los factores para convertir volúmenes de petróleo líquido medidos a temperaturas observadas en cuanto a sus volúmenes correspondientes a 60°F.

Los datos son presentados en tres tablas para maximizar su exactitud y conveniencia de uso:

Tabla 6A Generalizado para aceites crudos.

Tabla 6B Generalizado para productos.

Tabla 6C Factores de corrección de volumen para aplicaciones individuales y especiales.

Las tablas 6A y 6B usan gravedad \*API a 60°F para obtener los factores de Corrección de Volumen. La tabla 6C usa Coeficientes de Expansión Termal determinados experimentalmente para obtener los factores de Corrección de Volumen.

TABLA 6A - GENERALIZADA PARA ACEITES CRUDOS, CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F  
CONTRA LA GRAVEDAD °API A 60°F.

Esta tabla nos proporciona los factores de corrección de volumen, para convertir los volúmenes de aceite crudo observados a distintas temperaturas a su volumen correspondiente a 60°F.

Los factores de corrección de volumen proporcionados por estas tablas son el resultado de un procedimiento de cómputo, el cual está basado en la norma 11.1.6.2 y 11.1.6.3 del Manual de Mediciones Estándar de Petróleo para un volumen x. Todos esos volúmenes están a condiciones de saturación. La corrección por presión según su saturación no son incluidas.

Los rangos de temperatura de esta tabla son:

°API	°F
0 a 40	0 a 300
40 a 50	0 a 250
50 a 100	0 a 200

Los factores de corrección de volumen dados en estas tablas están basados sobre los datos según la Asociación Nacional de Normas y por algunas otras publicaciones. La porción de los rangos de la gravedad y temperatura representados por el área sombreada de la gráfica 1 se obtiene por medio de una extrapolación, mediante alguna técnica matemática, ya que estos valores no son proporcionados en las tablas, además de no ser recomendados para su uso. Otra característica de las tablas es que existen incrementos de 0.5°F de temperatura y 0.5° para gravedad °API.

Si se realiza una interpolación entre cualquiera de las dos ya sea temperatura o gravedad, ésta debe de estar de acuerdo con la norma empleada para que nos produzca la misma exactitud y sea confiable. Para emplear esta tabla debemos conocer la gravedad °API a 60°F y tener

la temperatura observada.

Ejemplo:

255,000 barriles de aceite crudo medido a 71.5°F tiene una gravedad \*API de 32.6 a 60°F ¿Cuál es el volumen neto a 60°F?

Redondear al 0.5 \*API más próximo de la gravedad.

32.6 \*API  $\approx$  32.5 \*API

Seleccionar la tabla correspondiente y con el valor de la gravedad

\*API = 32.5 y la temperatura observada de 71.5°F, donde se crucen ambas columnas ese es nuestro factor buscado. Para el ejemplo es:

Factor de corrección de volumen = 0.9947

Por lo tanto el volumen neto a 60°F es:

$255,000 \times 0.9947 = 253648.5$ , o

253,649 barriles netos de aceite crudo.

#### EJEMPLO

63,000 barriles de aceite crudo medidos a 46°F tienen una gravedad \*API de 32.8 a 60°F ¿Cuál es el volumen neto a 60°F?

Redondear al 0.5 \*API más próximo de la gravedad.

32.8  $\approx$  33.0 \*API

Seleccionar la tabla correspondiente y con el valor de la gravedad

\*API = 33.0 y la temperatura observada de 46.0 °F, donde se crucen ambas columnas ese es nuestro factor buscado. Para el ejemplo es:

Factor de corrección de volumen = 1.0065

Por lo tanto el volumen neto a 60°F es:

$63,000 \times 1.0065 = 63409.5$ , o 63410 barriles netos de aceite crudo.

GRAFICA 1

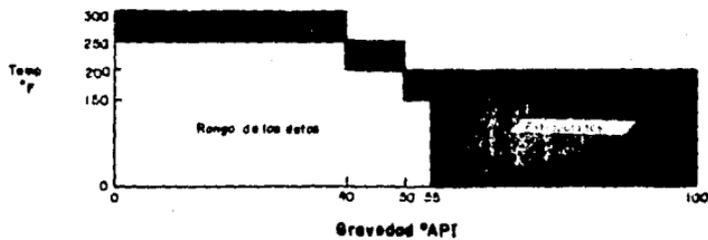


TABLA DE GENERALIZADA PARA ACEITES CRUDOS  
 CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F  
 GRAVEDAD API A 60°F

TEMP ° F	30 0	30 5	31 0	31 5	32 0	32 5	33 0	33 5	34 0	34 5	35 0	TEMP ° F
FACTOR DE CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F												
45.0	1.0067	1.0067	1.0067	1.0068	1.0068	1.0069	1.0069	1.0070	1.0070	1.0070	1.0071	45.0
45.5	1.0064	1.0065	1.0065	1.0066	1.0066	1.0066	1.0067	1.0067	1.0068	1.0068	1.0068	45.5
46.0	1.0062	1.0063	1.0063	1.0063	1.0064	1.0064	1.0065	1.0065	1.0065	1.0066	1.0066	46.0
46.5	1.0060	1.0060	1.0061	1.0061	1.0061	1.0062	1.0062	1.0063	1.0063	1.0063	1.0064	46.5
47.0	1.0058	1.0059	1.0059	1.0059	1.0059	1.0060	1.0060	1.0060	1.0061	1.0061	1.0061	47.0
47.5	1.0056	1.0056	1.0056	1.0057	1.0057	1.0057	1.0058	1.0058	1.0058	1.0059	1.0059	47.5
48.0	1.0053	1.0054	1.0054	1.0054	1.0055	1.0055	1.0055	1.0056	1.0056	1.0056	1.0057	48.0
48.5	1.0051	1.0051	1.0052	1.0052	1.0052	1.0053	1.0053	1.0053	1.0054	1.0054	1.0054	48.5
49.0	1.0049	1.0049	1.0050	1.0050	1.0050	1.0051	1.0051	1.0051	1.0051	1.0052	1.0052	49.0
49.5	1.0047	1.0047	1.0047	1.0048	1.0048	1.0048	1.0048	1.0049	1.0049	1.0049	1.0050	49.5
50.0	1.0044	1.0045	1.0045	1.0045	1.0046	1.0046	1.0046	1.0046	1.0047	1.0047	1.0047	50.0
50.5	1.0042	1.0043	1.0043	1.0043	1.0043	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0045	1.0045	50.5
51.0	1.0040	1.0040	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	1.0042	1.0042	1.0042	1.0042	1.0043	51.0
51.5	1.0038	1.0038	1.0038	1.0039	1.0039	1.0039	1.0039	1.0039	1.0040	1.0040	1.0040	51.5
52.0	1.0036	1.0036	1.0036	1.0036	1.0036	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0038	1.0038	52.0
52.5	1.0033	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0035	1.0035	1.0035	1.0035	1.0035	52.5
53.0	1.0031	1.0031	1.0032	1.0032	1.0032	1.0032	1.0032	1.0032	1.0033	1.0033	1.0033	53.0
53.5	1.0029	1.0029	1.0029	1.0029	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0031	1.0031	53.5
54.0	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	54.0
54.5	1.0024	1.0025	1.0025	1.0025	1.0025	1.0025	1.0025	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	54.5
55.0	1.0022	1.0022	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0024	1.0024	55.0
55.5	1.0020	1.0020	1.0020	1.0020	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	55.5
56.0	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	56.0
56.5	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0017	56.5
57.0	1.0013	1.0013	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	57.0
57.5	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	57.5
58.0	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	58.0
58.5	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	58.5
59.0	1.0004	1.0004	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	59.0
59.5	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	59.5
60.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	60.0

TABLA 6A GENERALIZADA TAMA ACKITES CRUDOS  
CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F

TEMP °F	GRAVEDAD API A 50°F											TEMP °F
	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	
	FACTOR DE CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F											
60.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	60.0
60.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	60.5
61.0	0.9996	0.9996	0.9996	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	61.0
61.5	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	61.5
62.0	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	62.0
62.5	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9989	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	62.5
63.0	0.9987	0.9987	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	63.0
63.5	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9984	0.9983	63.5
64.0	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	64.0
64.5	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	64.5
65.0	0.9978	0.9978	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9976	0.9976	65.0
65.5	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	65.5
66.0	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	66.0
66.5	0.9971	0.9971	0.9971	0.9970	0.9970	0.9970	0.9970	0.9970	0.9970	0.9969	0.9969	66.5
67.0	0.9969	0.9969	0.9968	0.9968	0.9968	0.9968	0.9967	0.9967	0.9967	0.9967	0.9967	67.0
67.5	0.9967	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9965	0.9965	0.9965	0.9965	0.9964	67.5
68.0	0.9964	0.9964	0.9964	0.9964	0.9963	0.9963	0.9963	0.9963	0.9963	0.9962	0.9962	68.0
68.5	0.9962	0.9962	0.9962	0.9961	0.9961	0.9961	0.9961	0.9960	0.9960	0.9960	0.9960	68.5
69.0	0.9960	0.9960	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959	0.9958	0.9958	0.9958	0.9958	0.9957	69.0
69.5	0.9958	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9956	0.9956	0.9956	0.9956	0.9955	0.9955	69.5
70.0	0.9955	0.9955	0.9955	0.9955	0.9954	0.9954	0.9954	0.9953	0.9953	0.9953	0.9953	70.0
70.5	0.9953	0.9953	0.9953	0.9952	0.9952	0.9952	0.9951	0.9951	0.9951	0.9951	0.9950	70.5
71.0	0.9951	0.9951	0.9950	0.9950	0.9950	0.9949	0.9949	0.9948	0.9948	0.9948	0.9948	71.0
71.5	0.9949	0.9948	0.9948	0.9948	0.9947	0.9947	0.9947	0.9947	0.9946	0.9946	0.9946	71.5
72.0	0.9946	0.9946	0.9946	0.9945	0.9945	0.9945	0.9944	0.9944	0.9944	0.9943	0.9943	72.0
72.5	0.9944	0.9944	0.9944	0.9943	0.9943	0.9943	0.9942	0.9942	0.9941	0.9941	0.9941	72.5
73.0	0.9942	0.9942	0.9941	0.9941	0.9941	0.9940	0.9940	0.9939	0.9939	0.9939	0.9938	73.0
73.5	0.9940	0.9939	0.9939	0.9939	0.9938	0.9938	0.9938	0.9937	0.9937	0.9936	0.9936	73.5
74.0	0.9938	0.9937	0.9937	0.9936	0.9936	0.9936	0.9935	0.9935	0.9934	0.9934	0.9934	74.0
74.5	0.9935	0.9935	0.9935	0.9934	0.9934	0.9933	0.9933	0.9932	0.9932	0.9932	0.9931	74.5
75.0	0.9933	0.9933	0.9932	0.9932	0.9931	0.9931	0.9931	0.9930	0.9930	0.9929	0.9929	75.0

GRAVEDAD API = 30.0 A 35.0

Tabla 6B - Generalizada para productos, Corrección de Volumen a 60°F  
contra la gravedad °API a 60°F.

Esta tabla nos proporciona los factores de corrección de volumen, para convertir los volúmenes producto observados a distintas temperaturas a su volumen correspondiente a 60°F.

Los factores de corrección de volumen proporcionados por estas tablas son el resultado de un procedimiento de cómputo el cual está basado en la norma 11.1.6.5 y 11.1.6.6 del Manual de Mediciones Estándar de Petróleo para un volumen x. Todos estos volúmenes están a condiciones de saturación.

La corrección por presión según su saturación no son incluidos.

Los rangos de temperatura de esta tabla son:

°API	°F
0 a 40	0 a 300
40 a 50	0 a 250
50 a 85	0 a 200

Los factores de corrección de volumen dados en estas tablas están basados sobre los datos según la Asociación Nacional de Normas y por algunas otras publicaciones. La porción de los rangos de temperatura representado por el área sombreada de la gráfica 2 se obtiene por una extrapolación, mediante alguna técnica matemática ya que estos valores no son proporcionados en las tablas, además de no ser recomendados para su uso. Otra característica de las tablas es que existen incrementos de 0.5 °F de temperatura y 0.5 para gravedad °API.

Si se realiza una interpolación entre cualquiera de las dos, ya sea temperatura o gravedad, ésta debe de estar de acuerdo con la norma empleada para que nos produzca la misma exactitud y sea confiable.

Para emplear esta tabla debemos conocer la gravedad °API a 60°F y tener la temperatura observada.

Ejemplo:

70,000 barriles de gasolina medidos a 75.5 °F tienen una gravedad °API de 61.4 a 60°F. ¿Cuál es el volumen neto a 60°F?

Redondear al 0.5°API más próximo de la gravedad °API.

$61.4^{\circ}\text{API} \approx 61.5^{\circ}\text{API}$

Seleccionar la tabla correspondiente, y con el valor de la gravedad API = 61.5 y la temperatura observada de 75.5°F, donde se crucen ambos valores ese es nuestro factor buscado. Para el ejemplo es:

Factor de corrección de volumen = 0.9892

Por lo tanto el volumen neto a 60°F es:

$70,000 \times 0.9892 = 69244$  o

69244 barriles netos de gasolina.

Ejemplo:

176,000 barriles de combustible diesel medidos a 50°F tienen una gravedad °API de 34.8 a 60°F ¿Cuál es el volumen neto a 60°F?

Redondeamos el 0.5°API más próximo de la gravedad °API.

$34.8^{\circ}\text{API} \approx 35^{\circ}\text{API}$

Seleccionamos la tabla correspondiente y con el valor de la gravedad °API = 35.0 y la temperatura observada de 50°F, donde se crucen ambos valores ese es nuestro factor buscado. Para el ejemplo es:

Factor de corrección de volumen = 1.0046

Por lo tanto el volumen neto a 60°F es:

$176,000 \times 1.0046 = 176,809.6$  o

176,810 barriles netos de combustible diesel.

GRAFICA 2

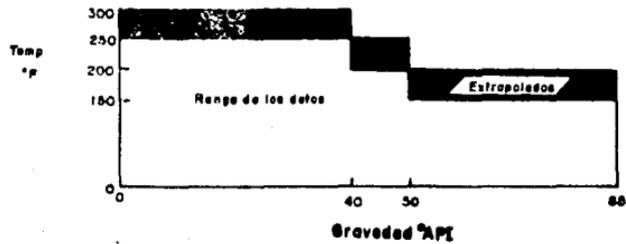


TABLE 66 GENERALIZED FOR PRODUCTS  
CORRECTION OF VOLUME AT 60°F

GRAVEDAD API A 60°F

TEMP °F	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	TEMP °F
FACTORES PARA CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F												
45.0	1.0069	1.0069	1.0070	1.0070	1.0071	1.0071	1.0071	1.0071	1.0072	1.0072	1.0073	45.0
45.5	1.0067	1.0067	1.0067	1.0068	1.0068	1.0068	1.0069	1.0069	1.0070	1.0070	1.0070	45.5
46.0	1.0065	1.0065	1.0065	1.0065	1.0066	1.0066	1.0066	1.0067	1.0067	1.0068	1.0068	46.0
46.5	1.0062	1.0063	1.0063	1.0063	1.0063	1.0064	1.0064	1.0064	1.0065	1.0065	1.0066	46.5
47.0	1.0060	1.0060	1.0060	1.0061	1.0061	1.0061	1.0062	1.0062	1.0062	1.0063	1.0063	47.0
47.5	1.0058	1.0058	1.0058	1.0058	1.0059	1.0059	1.0059	1.0060	1.0060	1.0060	1.0061	47.5
48.0	1.0055	1.0056	1.0056	1.0056	1.0056	1.0057	1.0057	1.0057	1.0058	1.0058	1.0058	48.0
48.5	1.0053	1.0053	1.0053	1.0054	1.0054	1.0054	1.0055	1.0055	1.0055	1.0055	1.0056	48.5
49.0	1.0051	1.0051	1.0051	1.0051	1.0052	1.0052	1.0052	1.0052	1.0053	1.0053	1.0053	49.0
49.5	1.0048	1.0049	1.0049	1.0049	1.0049	1.0049	1.0050	1.0050	1.0050	1.0051	1.0051	49.5
50.0	1.0046	1.0046	1.0047	1.0047	1.0047	1.0047	1.0047	1.0048	1.0048	1.0048	1.0049	50.0
50.5	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0045	1.0045	1.0045	1.0045	1.0046	1.0046	1.0046	50.5
51.0	1.0042	1.0042	1.0042	1.0042	1.0042	1.0042	1.0043	1.0043	1.0043	1.0043	1.0044	51.0
51.5	1.0039	1.0039	1.0040	1.0040	1.0040	1.0040	1.0040	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	51.5
52.0	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0039	1.0039	52.0
52.5	1.0035	1.0035	1.0035	1.0035	1.0035	1.0035	1.0036	1.0036	1.0036	1.0036	1.0036	52.5
53.0	1.0032	1.0032	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0034	1.0034	1.0034	53.0
53.5	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0031	1.0031	1.0031	1.0031	1.0031	1.0032	53.5
54.0	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0029	1.0029	1.0029	1.0029	54.0
54.5	1.0025	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	1.0026	1.0027	1.0027	54.5
55.0	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	55.0
55.5	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	1.0022	1.0022	1.0022	55.5
56.0	1.0018	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	1.0019	56.0
56.5	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0016	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	56.5
57.0	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0015	57.0
57.5	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	1.0012	57.5
58.0	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	58.0
58.5	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	58.5
59.0	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	59.0
59.5	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	59.5
60.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	60.0

TABLA 6B GENERALIZADA PARA PRODUCTOS  
CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F

GRAVEDAD API A 60°F

TEMP. °F	60 0	60.5	61 0	61 5	62 0	62 5	63 0	63 5	64 0	64 5	65 0	TEMP °F
FACTOR PARA CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F												
75.0	0.9897	0.9897	0.9896	0.9896	0.9896	0.9895	0.9895	0.9894	0.9894	0.9893	0.9893	75 0
75.5	0.9894	0.9893	0.9893	0.9892	0.9892	0.9892	0.9891	0.9891	0.9890	0.9890	0.9889	75 5
76.0	0.9890	0.9890	0.9889	0.9889	0.9889	0.9888	0.9888	0.9887	0.9887	0.9886	0.9886	76 0
76.5	0.9887	0.9886	0.9886	0.9885	0.9885	0.9885	0.9884	0.9884	0.9883	0.9883	0.9882	76 5
77.0	0.9883	0.9883	0.9882	0.9882	0.9882	0.9881	0.9881	0.9880	0.9880	0.9879	0.9879	77 0
77.5	0.9880	0.9879	0.9879	0.9879	0.9878	0.9878	0.9877	0.9877	0.9876	0.9876	0.9875	77 5
78.0	0.9877	0.9876	0.9876	0.9875	0.9875	0.9874	0.9874	0.9873	0.9873	0.9872	0.9872	78 0
78.5	0.9873	0.9873	0.9872	0.9872	0.9871	0.9871	0.9870	0.9870	0.9869	0.9869	0.9868	78 5
79.0	0.9870	0.9869	0.9869	0.9868	0.9868	0.9867	0.9867	0.9866	0.9865	0.9865	0.9864	79 0
79.5	0.9866	0.9866	0.9865	0.9865	0.9864	0.9864	0.9863	0.9862	0.9862	0.9861	0.9861	79 5
80.0	0.9863	0.9862	0.9862	0.9861	0.9861	0.9860	0.9859	0.9859	0.9858	0.9858	0.9857	80 0
80.5	0.9859	0.9859	0.9858	0.9858	0.9857	0.9857	0.9856	0.9855	0.9855	0.9854	0.9854	80 5
81.0	0.9856	0.9855	0.9855	0.9854	0.9854	0.9853	0.9852	0.9852	0.9851	0.9851	0.9850	81 0
81.5	0.9852	0.9852	0.9851	0.9851	0.9850	0.9849	0.9849	0.9848	0.9848	0.9847	0.9846	81 5
82.0	0.9849	0.9848	0.9848	0.9847	0.9847	0.9846	0.9845	0.9845	0.9844	0.9844	0.9843	82 0
82.5	0.9846	0.9845	0.9844	0.9844	0.9843	0.9842	0.9842	0.9841	0.9841	0.9840	0.9839	82 5
83.0	0.9842	0.9841	0.9841	0.9840	0.9840	0.9839	0.9838	0.9837	0.9836	0.9835	0.9835	83 0
83.5	0.9839	0.9838	0.9837	0.9837	0.9836	0.9835	0.9835	0.9834	0.9833	0.9833	0.9832	83 5
84.0	0.9835	0.9835	0.9834	0.9833	0.9833	0.9832	0.9831	0.9831	0.9830	0.9829	0.9829	84 0
84.5	0.9832	0.9831	0.9830	0.9830	0.9829	0.9828	0.9828	0.9827	0.9826	0.9826	0.9825	84 5
85.0	0.9828	0.9828	0.9827	0.9826	0.9826	0.9825	0.9824	0.9823	0.9823	0.9822	0.9821	85 0
85.5	0.9825	0.9824	0.9823	0.9823	0.9822	0.9821	0.9821	0.9820	0.9819	0.9819	0.9818	85 5
86.0	0.9821	0.9821	0.9820	0.9819	0.9819	0.9818	0.9817	0.9816	0.9816	0.9815	0.9814	86 0
86.5	0.9818	0.9817	0.9816	0.9816	0.9815	0.9814	0.9814	0.9813	0.9812	0.9811	0.9811	86 5
87.0	0.9814	0.9814	0.9813	0.9812	0.9812	0.9811	0.9810	0.9809	0.9809	0.9808	0.9807	87 0
87 5	0.9811	0.9810	0.9810	0.9809	0.9809	0.9808	0.9806	0.9806	0.9805	0.9804	0.9803	87 5
88 0	0.9808	0.9807	0.9806	0.9805	0.9805	0.9804	0.9803	0.9802	0.9801	0.9801	0.9800	88 0
88 5	0.9804	0.9803	0.9803	0.9802	0.9801	0.9800	0.9799	0.9799	0.9798	0.9797	0.9796	88 5
89 0	0.9801	0.9800	0.9799	0.9798	0.9797	0.9797	0.9796	0.9795	0.9794	0.9793	0.9793	89 0
89 5	0.9797	0.9796	0.9796	0.9795	0.9794	0.9793	0.9792	0.9792	0.9791	0.9790	0.9789	89 5
90 0	0.9794	0.9793	0.9792	0.9791	0.9790	0.9790	0.9789	0.9788	0.9787	0.9786	0.9785	90 0

GRAVEDAD API - 60 0 A 65 0

TABLA 5C - FACTORES DE CORRECCION DE VOLUMEN PARA APLICACIONES INDIVIDUALES Y ESPECIALES, CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F CONTRA COEFICIENTES DE EXPANSION TERMAL A 60°F.

de expansión termal a 60°F.

Esta tabla nos proporciona los factores de corrección de volumen para convertir volúmenes líquidos de petróleo a su correspondiente volumen a 60°F.

Las tablas presentan en forma tabular los factores de corrección de volumen contra los coeficientes de expansión termal y la temperatura.

Los valores son calculados con la ecuación siguiente:

$$FCV = \text{EXP}[\alpha_T - \Delta t (1 + 0.8\alpha_T \Delta t)] \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

FCV = Factor de corrección de volumen.

$\alpha_T$  = Coeficiente de expansión termal a temperatura base, por °F.

$\Delta t = t - T$ .

t = Cualquier temperatura °F.

T = Temperatura base, 60°F.

En esta forma la ecuación es independiente del grupo o sustancia. Esta puede ser usada con cualquier método válido para obtener el coeficiente de expansión termal para un fluido dado por medio de un número significativo estadísticamente de puntos. Un mínimo de diez puntos son recomendados.

Como:

$$\alpha_T = \frac{K_0 + K_1/\rho_T}{\rho_T^2} \dots\dots\dots (2)$$

Los valores de las constantes K0 y K1 relacionan el coeficiente de expansión termal a la densidad a condiciones base.

Otra manera de expresar  $\alpha_T$  es:

$$\alpha_T = A + B/\rho_T^2 \dots\dots\dots (3)$$

Las constantes para la ecuación (2) para aceites crudos son:

$$K_0 = 341.0957 \text{ (Kg/m}^3 \text{) /}^\circ\text{F.}$$

$$K_1 = 0.0$$

Estos valores son para un rango de 0 a 100 °API.

Las constantes para productos son:

<u>TIPO DE PRODUCTO</u>	<u>CONSTANTES</u>	<u>GRAVEDAD °API</u>
Aceite combustible	$K_0 = 103.8720$ $K_1 = 0.2701$	0 a 37
Grupo	$K_0 = 330.3010$ $K_1 = 0.0$	37.1 a 47.9
Gasolinas	$K_0 = 192.4571$ $K_1 = 0.2438$	52.1 a 85

La ecuación (3) representa un reglamento entre el grupo y el grupo de gasolinas, los valores de A y B son:

$$A = -0.00186840$$

$$B = 1489.0670$$

$\rho_T$  = Densidad a temperatura base, Kg/m<sup>3</sup>

Para un rango de 48 a 52 °API.

El factor de corrección de volumen, se puede obtener por medio de la ecuación (1), o por las tablas, en ambos casos se debe calcular  $\alpha_T$ .

La tabla 6C se utilizará cuando:

- 1.- Las tablas 6A y 6B no representan adecuadamente las propiedades de la expansión termal de los fluidos de interés.
- 2.- Los coeficientes de expansión termal puedan ser obtenidos directa o indirectamente por medio de experimentos (Ejemplo: Una alta precisión de los datos de densidad los cuales se emplearían en el cálculo del coeficiente).
- 3.- Los compradores y vendedores estén de acuerdo que, para su uso, retenga un mayor grado de equidad.

Los rangos de temperatura de estas tablas son:

$\alpha \times 10^6$	$^{\circ}\text{F}$
270 a 510	0 a 300
510 a 530	0 a 250
530 a 930	0 a 200

La área sombreada de esta tabla se realiza de igual forma que para las tablas 6A y 6B. Los incrementos son  $0.5^{\circ}\text{F}$  y 2 unidades para .

Para emplear esta tabla debemos conocer el coeficiente de expansión termal a  $60^{\circ}\text{F}$  y la temperatura observada.

Ejemplo:

¿Cuál es el volumen neto a  $60^{\circ}\text{F}$  de 165,000 barriles de gasolina a  $45^{\circ}\text{F}$  y un coeficiente de expansión termal de  $680.0 \times 10^6$  a  $60^{\circ}\text{F}$ ?

Entrar a la tabla correspondiente, con el valor del coeficiente de expansión termal y la temperatura observada, donde se crucen ambos valores, ese es nuestro factor buscado. Para el caso es:

Factor de corrección de volumen = 1.0102

Por lo tanto el volumen neto a  $60^{\circ}\text{F}$  es:

$$165,000 \times 1.0102 = 166,683.0$$

166,683 barriles netos de gasolina

Ejemplo:

Los reportes de laboratorio de los siguientes datos experimentales para un fluido petrolero específico son:

<u>°C</u>	<u>Kg/m<sup>3</sup></u>	
14.927	868.211	- 1
15.918	868.0219	- 2
20.212	864.5136	- 3
24.955	861.187	- 4
29.621	857.908	- 5
32.878	855.615	- 6
35.427	853.818	- 7
40.162	850.475	- 8
42.017	849.163	- 9
44.865	847.148	-10 Mínimo 10 pares de datos.

De estos datos el coeficiente de expansión termal a 60°F es 447.482 x 10<sup>-6</sup> recíproco °F. ¿Cuál es el volumen neto a 60°F de 270000 barriles de este fluido petrolero a 80°F?

Entrar a la tabla correspondiente con el valor del coeficiente de expansión termal y la temperatura observada, donde se crucen ambos valores, ese es nuestro factor buscado. Para el caso es:

Factor de corrección de volumen = 0.9910

Por lo tanto el volumen neto a 60°F es:

270000 x 0.9910 = 267570.0 o

207570 barriles netos.

GRAFICA 3

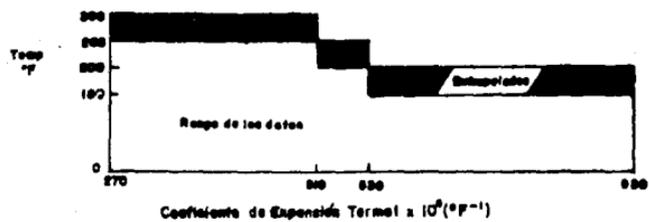


TABLA GC FC/ PARA DILATACIONES INDIVIDUALES Y ESPECIALES  
CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F

TEMP OF	COEFICIENTE DE EXPANSION TERMAL X 1000000 (1/°F)												TEMP OF
	430.0	432.0	434.0	436.0	438.0	440.0	442.0	444.0	446.0	448.0	450.0		
	FACTOR DE CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F												
75.0	0.9935	0.9935	0.9935	0.9934	0.9934	0.9934	0.9934	0.9933	0.9933	0.9933	0.9932	75.0	
75.5	0.9933	0.9933	0.9933	0.9932	0.9932	0.9932	0.9931	0.9931	0.9931	0.9930	0.9930	75.5	
76.0	0.9931	0.9931	0.9930	0.9929	0.9929	0.9929	0.9929	0.9929	0.9928	0.9928	0.9926	76.0	
76.5	0.9929	0.9929	0.9928	0.9927	0.9928	0.9927	0.9927	0.9927	0.9926	0.9926	0.9926	76.5	
77.0	0.9927	0.9926	0.9926	0.9925	0.9925	0.9925	0.9925	0.9924	0.9924	0.9924	0.9923	77.0	
77.5	0.9925	0.9924	0.9924	0.9924	0.9923	0.9923	0.9922	0.9922	0.9922	0.9921	0.9921	77.5	
78.0	0.9922	0.9922	0.9922	0.9921	0.9921	0.9921	0.9920	0.9920	0.9920	0.9919	0.9919	78.0	
78.5	0.9920	0.9920	0.9920	0.9919	0.9919	0.9919	0.9918	0.9918	0.9917	0.9917	0.9917	78.5	
79.0	0.9918	0.9918	0.9917	0.9917	0.9917	0.9916	0.9916	0.9915	0.9915	0.9915	0.9914	79.0	
79.5	0.9916	0.9916	0.9915	0.9915	0.9914	0.9914	0.9914	0.9913	0.9913	0.9912	0.9912	79.5	
80.0	0.9914	0.9913	0.9913	0.9913	0.9912	0.9912	0.9911	0.9911	0.9911	0.9910	0.9910	80.0	
80.5	0.9912	0.9911	0.9911	0.9910	0.9910	0.9910	0.9909	0.9909	0.9908	0.9908	0.9907	80.5	
81.0	0.9909	0.9909	0.9909	0.9908	0.9908	0.9907	0.9907	0.9907	0.9906	0.9906	0.9905	81.0	
81.5	0.9907	0.9907	0.9906	0.9906	0.9906	0.9905	0.9905	0.9904	0.9904	0.9903	0.9903	81.5	
82.0	0.9905	0.9905	0.9904	0.9904	0.9903	0.9903	0.9902	0.9902	0.9902	0.9901	0.9901	82.0	
82.5	0.9903	0.9903	0.9902	0.9902	0.9901	0.9901	0.9900	0.9900	0.9899	0.9899	0.9898	82.5	
83.0	0.9901	0.9900	0.9900	0.9899	0.9899	0.9898	0.9898	0.9898	0.9897	0.9897	0.9896	83.0	
83.5	0.9899	0.9898	0.9898	0.9897	0.9897	0.9896	0.9896	0.9895	0.9895	0.9894	0.9894	83.5	
84.0	0.9896	0.9896	0.9896	0.9895	0.9895	0.9894	0.9894	0.9893	0.9892	0.9892	0.9892	84.0	
84.5	0.9894	0.9894	0.9893	0.9893	0.9892	0.9892	0.9891	0.9891	0.9890	0.9890	0.9889	84.5	
85.0	0.9892	0.9892	0.9891	0.9891	0.9890	0.9890	0.9889	0.9889	0.9888	0.9888	0.9887	85.0	
85.5	0.9890	0.9889	0.9889	0.9888	0.9888	0.9887	0.9887	0.9886	0.9886	0.9885	0.9885	85.5	
86.0	0.9888	0.9887	0.9887	0.9886	0.9886	0.9885	0.9885	0.9884	0.9884	0.9883	0.9883	86.0	
86.5	0.9886	0.9885	0.9885	0.9884	0.9884	0.9883	0.9882	0.9882	0.9881	0.9881	0.9880	86.5	
87.0	0.9884	0.9883	0.9882	0.9882	0.9881	0.9881	0.9880	0.9880	0.9879	0.9879	0.9878	87.0	
87.5	0.9881	0.9881	0.9880	0.9880	0.9879	0.9879	0.9878	0.9877	0.9877	0.9876	0.9876	87.5	
88.0	0.9879	0.9878	0.9878	0.9877	0.9877	0.9876	0.9876	0.9875	0.9875	0.9874	0.9874	88.0	
88.5	0.9877	0.9876	0.9876	0.9875	0.9875	0.9874	0.9874	0.9873	0.9872	0.9872	0.9871	88.5	
89.0	0.9875	0.9874	0.9874	0.9873	0.9873	0.9872	0.9871	0.9871	0.9870	0.9870	0.9869	89.0	
89.5	0.9873	0.9872	0.9871	0.9871	0.9870	0.9870	0.9869	0.9869	0.9868	0.9867	0.9867	89.5	
90.0	0.9871	0.9870	0.9869	0.9869	0.9868	0.9867	0.9867	0.9866	0.9866	0.9865	0.9864	90.0	

ALFA- 430.0 A 460.0

TABLA 6C FCV PARA APLICACIONES INDIVIDUALES Y ESPECIALES  
CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMAL X 1000000 (1/°F)

TEMP °F	670.0	672.0	674.0	676.0	678.0	680.0	682.0	684.0	686.0	688.0	690.0	TEMP °F
	FACTORES DE CORRECCION DE VOLUMEN A 60°F											
45.0	1.0100	1.0100	1.0101	1.0101	1.0101	1.0102	1.0102	1.0102	1.0103	1.0103	1.0103	45.0
45.5	1.0097	1.0097	1.0097	1.0097	1.0098	1.0098	1.0099	1.0099	1.0099	1.0099	1.0100	45.5
46.0	1.0094	1.0094	1.0094	1.0094	1.0095	1.0095	1.0095	1.0095	1.0095	1.0095	1.0096	46.0
46.5	1.0090	1.0090	1.0091	1.0091	1.0091	1.0092	1.0092	1.0092	1.0092	1.0093	1.0093	46.5
47.0	1.0087	1.0087	1.0087	1.0088	1.0088	1.0088	1.0088	1.0089	1.0089	1.0089	1.0089	47.0
47.5	1.0084	1.0084	1.0084	1.0084	1.0085	1.0085	1.0085	1.0085	1.0085	1.0086	1.0086	47.5
48.0	1.0080	1.0080	1.0081	1.0081	1.0081	1.0081	1.0082	1.0082	1.0082	1.0082	1.0083	48.0
48.5	1.0077	1.0077	1.0077	1.0078	1.0078	1.0078	1.0078	1.0078	1.0079	1.0079	1.0079	48.5
49.0	1.0074	1.0074	1.0074	1.0074	1.0074	1.0075	1.0075	1.0075	1.0075	1.0075	1.0076	49.0
49.5	1.0070	1.0070	1.0071	1.0071	1.0071	1.0071	1.0071	1.0072	1.0072	1.0072	1.0072	49.5
50.0	1.0067	1.0067	1.0067	1.0067	1.0068	1.0068	1.0068	1.0068	1.0068	1.0069	1.0069	50.0
50.5	1.0064	1.0064	1.0064	1.0064	1.0064	1.0064	1.0065	1.0065	1.0065	1.0065	1.0065	50.5
51.0	1.0060	1.0060	1.0061	1.0061	1.0061	1.0061	1.0061	1.0061	1.0062	1.0062	1.0062	51.0
51.5	1.0057	1.0057	1.0057	1.0057	1.0058	1.0058	1.0058	1.0058	1.0058	1.0058	1.0059	51.5
52.0	1.0054	1.0054	1.0054	1.0054	1.0054	1.0054	1.0054	1.0055	1.0055	1.0055	1.0055	52.0
52.5	1.0050	1.0050	1.0050	1.0051	1.0051	1.0051	1.0051	1.0051	1.0051	1.0052	1.0052	52.5
53.0	1.0047	1.0047	1.0047	1.0047	1.0047	1.0048	1.0048	1.0048	1.0048	1.0048	1.0048	53.0
53.5	1.0043	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0044	1.0045	1.0045	1.0045	53.5
54.0	1.0040	1.0040	1.0040	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	1.0041	54.0
54.5	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0037	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	54.5
55.0	1.0033	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	1.0034	55.0
55.5	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0030	1.0031	1.0031	1.0031	1.0031	1.0031	1.0031	55.5
56.0	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0027	1.0028	56.0
56.5	1.0023	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	1.0024	56.5
57.0	1.0020	1.0020	1.0020	1.0020	1.0020	1.0020	1.0020	1.0021	1.0021	1.0021	1.0021	57.0
57.5	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	57.5
58.0	1.0013	1.0013	1.0013	1.0013	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	1.0014	58.0
58.5	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	1.0010	58.5
59.0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	59.0
59.5	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	1.0003	59.5
60.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	60.0

T A B L A 7

EJEMPLO DE USO DE LA NORMA PARA Ctdw.  
 .....

I.- En esta norma, los factores de corrección de volumen son usados de la manera normal.

$$V_p = V_m \times Ctdw$$

Donde:

$V_p$  = Volumen del probador

$V_m$  = Volumen Medido

$Ctdw$  = Factor de corrección de volumen

Ejemplo: Suponer un volumen medido de 1.7615 m3 y temperaturas tanto en el probador y medición de 27.05 °C y 28.35°C, respectivamente.

Para una temperatura de medición de 1.30 °C más alta que la temperatura del probador (28.35-27.05), el Ctdw según la tabla es 0.999633.

Por lo tanto,

$$V_p = 1.7615 \times 0.999633 = 1.7609 \text{ m}^3$$

El valor del factor de corrección de volumen 0.999633 se obtuvo de la tabla.

II.- Modelo matemático de la norma.

La ecuación usada para desarrollar esta norma es:

$$\begin{aligned} \rho_w = & 999.8395639 + 0.06798299989 \times T \\ & - 0.009106025564 \times T^2 \\ & + 0.001005272999 \times T^3 \\ & - 0.000001126713526 \times T^4 \\ & + 0.00000006591795606 \times T^5 \end{aligned}$$

Donde:

$\rho_w$  = densidad del agua, Kg/m3

T = Temperatura en °C

El factor de corrección del volumen en esta norma es la relación de las dos densidades del agua, es decir:

$$Ctdv = \frac{\rho_{TM}}{\rho_{TP}} = Vp/Vm \quad (1)$$

Donde:

TM = Temperatura de medición.

TP = Temperatura del probador

Podemos obtener el Ctdv por medio de tablas, o por la ecuación (1) la cual duplica el rango de aplicación en relación a las tablas, es decir tendremos un rango de aplicación de 4°C de diferencia máxima de temperaturas entre el probador y medición en la cual su rango de aplicación máximo es de 2°C.

TEMPERATURA DE MEDICION MAYOR QUE LA TEMPERATURA DEL PROBADOR EN °C  
MULTIPLICAR EL VOLUMEN MEDIDO POR EL FACTOR PARA OBTENER EL VOLUMEN DEL PROBADOR

TEMP. EN EL PROBADOR °C	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
20.00	0.99915	0.99920	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99952	0.99958	0.99964	0.99970
20.10	0.99914	0.99919	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99951	0.99957	0.99963	0.99969
20.20	0.99914	0.99919	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99951	0.99957	0.99963	0.99969
20.30	0.99913	0.99918	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99950	0.99956	0.99962	0.99968
20.40	0.99912	0.99917	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99949	0.99955	0.99961	0.99967
20.50	0.99912	0.99917	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99949	0.99955	0.99961	0.99967
20.60	0.99911	0.99916	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99948	0.99954	0.99960	0.99966
20.70	0.99911	0.99916	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99948	0.99954	0.99960	0.99966
20.80	0.99910	0.99915	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99947	0.99953	0.99959	0.99965
20.90	0.99910	0.99915	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99947	0.99953	0.99959	0.99965
21.00	0.99909	0.99914	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951	0.99957	0.99963
21.10	0.99909	0.99914	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951	0.99957	0.99963
21.20	0.99908	0.99913	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950	0.99956	0.99962
21.30	0.99908	0.99913	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950	0.99956	0.99962
21.40	0.99907	0.99912	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949	0.99955	0.99961
21.50	0.99907	0.99912	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949	0.99955	0.99961
21.60	0.99906	0.99911	0.99918	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99948	0.99954	0.99960
21.70	0.99906	0.99911	0.99918	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99948	0.99954	0.99960
21.80	0.99905	0.99910	0.99917	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99947	0.99953	0.99959
21.90	0.99905	0.99910	0.99917	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99947	0.99953	0.99959
22.00	0.99904	0.99909	0.99916	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99946	0.99952	0.99958
22.10	0.99904	0.99909	0.99916	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99946	0.99952	0.99958
22.20	0.99903	0.99908	0.99915	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951	0.99957
22.30	0.99903	0.99908	0.99915	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951	0.99957
22.40	0.99902	0.99907	0.99914	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950	0.99956
22.50	0.99902	0.99907	0.99914	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950	0.99956
22.60	0.99901	0.99906	0.99913	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949	0.99955
22.70	0.99901	0.99906	0.99913	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949	0.99955
22.80	0.99900	0.99905	0.99912	0.99918	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99948	0.99954
22.90	0.99900	0.99905	0.99912	0.99918	0.99924	0.99930	0.99936	0.99942	0.99948	0.99954
23.00	0.99899	0.99904	0.99911	0.99917	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99947	0.99953
23.10	0.99899	0.99904	0.99911	0.99917	0.99923	0.99929	0.99935	0.99941	0.99947	0.99953
23.20	0.99898	0.99903	0.99910	0.99916	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99946	0.99952
23.30	0.99898	0.99903	0.99910	0.99916	0.99922	0.99928	0.99934	0.99940	0.99946	0.99952
23.40	0.99897	0.99902	0.99909	0.99915	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951
23.50	0.99897	0.99902	0.99909	0.99915	0.99921	0.99927	0.99933	0.99939	0.99945	0.99951
23.60	0.99896	0.99901	0.99908	0.99914	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950
23.70	0.99896	0.99901	0.99908	0.99914	0.99920	0.99926	0.99932	0.99938	0.99944	0.99950
23.80	0.99895	0.99900	0.99907	0.99913	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949
23.90	0.99895	0.99900	0.99907	0.99913	0.99919	0.99925	0.99931	0.99937	0.99943	0.99949

A P E N D I C E "D"  
.....

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LOS HIDROCARBUROS LIQUIDOS POR MEDIO DEL -  
.....

HIDROMETRO  
.....

El propósito de este apéndice es describir el método y prácticas relacionadas con la determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad API del petróleo crudo y productos líquidos del petróleo utilizando, el método del hidrómetro.

Este método se realiza en el laboratorio, empleando un hidrómetro de cristallo los valores son medidos con este aparato a temperaturas convenientes y las lecturas de la densidad se corrigen a 15 °C y las lecturas de la densidad relativa (gravedad específica) y gravedad API a 60 °F, empleando tablas estándar internacionales.

Con esas mismas tablas, los valores determinados en alguno de los tres sistemas de medición son convertidos a valores equivalentes en cualquiera de los otros dos, de modo que las mediciones pueden ser hechas en unidades locales apropiadas.

Este método se emplea para determinar la densidad de líquidos limpios y también para aceites viscosos permitiendo un tiempo suficiente para conseguir el equilibrio del hidrómetro y para aceites oscuros se emplea una corrección adecuada del menisco.

La muestra es llevada a una temperatura fijada previamente y transferida hacia un cilindro aproximadamente a la misma temperatura. Un hidrómetro apropiado se baja dentro de la muestra para asentarlo.

Después de que se ha obtenido el equilibrio de la temperatura se lee la escala del aparato y la temperatura de la muestra se anota. Si es necesario, el cilindro y su contenido pueden ser colocados a una temperatura constante, bañándolos para evitar variaciones excesivas de temperatura durante la prueba.

La exactitud en la determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad API del petróleo y sus productos, es necesario convertir de volúmenes medidos a temperaturas estándar de 15 °C ó 60 °F.

La determinación es un factor que gobierna la calidad del petróleo crudo; los

precios frecuentemente son fijados de acuerdo al valor de los grados API.

Como quiere que sea, esta propiedad es una indicación incierta de la calidad - a menos que este correlacionada con otras propiedades. Los terminos usados en este método se definen como sigue:

Densidad.- Es la masa (peso en vacio) del líquido por unidad de volumen a 15 °C, cuando se reportan los resultados de la densidad indicadas en unidades de masa (kilogramos) y volumen (litros), al mismo tiempo que la temperatura - estándar de referencia; por ejemplo, kilogramos por litro a 15 °C.

Densidad relativa (gravedad específica).- Es la relación de la masa de un volumen de líquido dado a 60°F comparado con la masa igual de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura, el reporte de los resultados indicara la temperatura de referencia estándar; por ejemplo, densidad relativa a 60/60 °F.

Gravedad API (\* API) .- Es una función especial de la densidad relativa (gravedad específica 60/60 °F). Representada por:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{Densidad relativa}(60/60 \text{ } ^{\circ}\text{F}) - 131.5}$$

Valores observados.- Son valores observados a temperaturas diferentes a la temperatura de referencia especificada. Esos valores son unicamente lecturas del hidrómetro y no de densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad API a otra temperatura.

El aparato necesario para este método se describe y se lista como sigue:

- 1).- Hidrómetros de cristal, graduados en unidades de densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API como sean requeridas.
- 2).- Termómetros, con rangos como los que se muestran en la tabla 1.
- 3).- De cristal transparente, plástico o metal puede ser el cilindro del hidrómetro, esto dependera de las propiedades del petróleo que se utilice como muestra. Para un vaciado conveniente, el cilindro puede tener un pico sobre-

la orilla del cilindro. El diámetro interno del cilindro debe ser por lo menos 25 milímetros mayor que el diámetro exterior del hidrómetro, la altura del cilindro permitira al hidrómetro, flotar dentro de la muestra con no menos de 25 milímetros de espacio entre la parte baja del hidrómetro y el fondo del cilindro.

4).- Un baño a temperatura constante, se utiliza cuando la naturaleza de la muestra lo requiera, se llevara a cabo una prueba de temperatura cuando los requerimientos respecto a las lecturas difieran por más de 0.5 °C (1 °F) entre una y otra, si son diferentes se realizan las correcciones necesarias.

#### TEMPERATURA DE LA PRUEBA.

La densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad API determinada por el método del hidrómetro es más exacta o muy próxima a la temperatura de referencia 15 °C ó 60 °F.

Se debe usar la temperatura de referencia o cualquier temperatura entre los -18 y +90 °C ( 0 y 195 °F), si son consistentes con el tipo de muestra y si se tienen condiciones límite como las que se muestran en la tabla 3.

Cuando el valor del hidrómetro es usado para seleccionar múltiples correcciones de volúmenes a temperaturas estándar, la lectura del hidrómetro debe efectuarse dentro de un rango de temperatura de  $\pm 3$  °C (  $\pm 5$  °F ) con respecto de la temperatura a la cual el volumen de aceite fue medido. Sin embargo cuando apreciables cantidades de fracciones ligeras pueden perderse durante la determinación de la temperatura del aceite, los límites se dan en la tabla 3.

#### PROCEDIMIENTO.

Ajustar la temperatura de la muestra de acuerdo a lo descrito anteriormente llevar el hidrómetro al cilindro y el termómetro hasta aproximadamente la misma temperatura de la muestra a ser probada.

Transferir la muestra hacia un cilindro limpio sin rocío para evitar la formación de burbujas de aire y para minimizar la evaporación por la ebullición de las muestras más volátiles.

Transferir las muestras altamente volátiles al cilindro por desplazamiento de agua o por medio de un sifón. Remover cualquier burbuja de aire formada, -- después de tenerlas colectadas sobre la superficie de la muestra, se eliminan utilizando un papel filtro limpio.

Colocar el cilindro conteniendo la muestra en una posición vertical en un -- lugar libre de corrientes de aire, asegurando que la temperatura de la muestra no cambie apreciablemente durante el tiempo necesario para completar la prueba; durante este período, la temperatura del medio ambiente no debe cambiar -- más de 2°C (5 °F). Cuando la temperatura de la prueba este muy arriba o abajo de la temperatura del lugar, un baño a temperatura constante puede ser necesario para evitar excesivos cambios de temperatura.

Deslizar el hidrómetro suavemente dentro de la muestra y evitar que se humedezca la marca superior del nivel al ser sumergido en el líquido. Continúa-- mente agitar la muestra con el termómetro, teniendo cuidado de que el bulbo -- de mercurio se conserve sumergido completamente y que la marca del hidrómetro no se encuentre humedecida por arriba del nivel de inmersión.

Tan pronto se obtenga una lectura constante, registrar la temperatura de la -- muestra al entero más cercano al 0.25 °C (0.5 °F) y después retirar el ter -- mómetro.

Posteriormente bajar el hidrómetro casi dos divisiones de la escala dentro del líquido y después soltarlo. El residuo de la marca del hidrómetro, la cual -- está arriba del nivel del líquido, debe conservarse neca puesto que el líquido innecesario de la muestra afectara la lectura obtenida. Con muestras de baja viscosidad, girar poco a poco el hidrómetro, cuando se suelte ayudar a -- ocasionar el reposo, flotando libremente lejos de las paredes del cilindro.

Se debe permitir un tiempo suficiente para que el hidrómetro alcance el reposo, ya que todas las burbujas de aire llegaran hasta la superficie. Esto es necesario particularmente con muestras más viscosas, cuando se ha llegado al reposo y esta flotando libremente el aparato lejos de las paredes del cilindro estimar la lectura de la escala lo más próxima al 0.0001 de la densidad o densidad relativa (gravedad específica) o al 0.05 °API.

La corrección de la lectura en este punto de la escala del aparato en la cual la superficie principal del líquido se efectuando con nuestro ojo justo abajo del nivel del líquido y ascendiendo lentamente hasta la superficie, primero veremos una elipse distorsionada, pareciéndose una línea recta cortando la escala. (ver figura 1).

Cuando midamos un líquido opaco, tomamos la lectura observando con nuestro ojo ligeramente arriba del plano de la superficie del líquido, el punto sobre la escala del aparato al cual la muestra ascendió, ésta lectura, parte superior del menisco requiere una corrección puesto que los hidrómetros son calibrados para poder ser leídos respecto a la superficie principal del líquido. La corrección del menisco para un hidrómetro en particular, se determina observando la altura arriba de la superficie principal del líquido a la que ascendió el aceite con relación a la escala del aparato, cuando éste es sumergido en un aceite transparente tiene una tensión superficial similar con la de la muestra que ésta siendo probada, (ver figura 1 y 2 ). Alternativamente, las correcciones proporcionadas en la tabla 1 pueden aplicarse.

Inmediatamente después observar el valor en la escala del aparato, prudentemente agitar la muestra con el termómetro mientras que cuidamos que el bulbo de mercurio este sumergido totalmente, enseguida registramos la temperatura de la muestra al entero más cercano a 0.2 °C (0.5 °F) y si ésta difiere de la lectura mencionada anteriormente por más de 0.5 °C (1°F), se debe repetir la

prueba observando el termómetro hasta que la temperatura se establezca dentro de un rango de 0.5°C (1 °F).

FIGURA 1-LECTURA DEL HIDROMETRO PARA FLUIDOS TRANSPARENTES

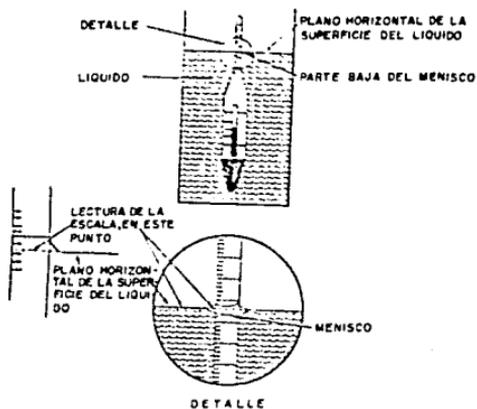
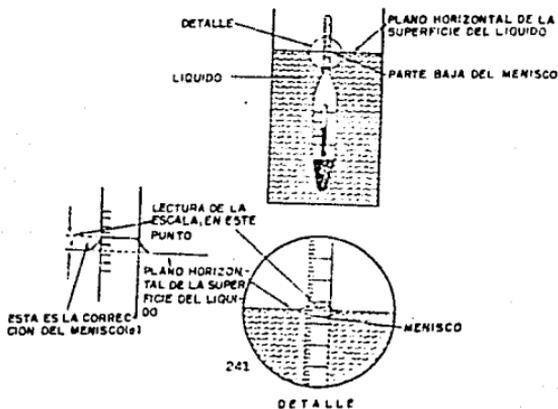


FIGURA 2-LECTURA DEL HIDROMETRO PARA FLUIDOS OPACOS



#### CALCULOS Y REPORTE.

Se debe aplicar cualquier corrección relevante para la lectura del termómetro observada y para la lectura del hidrómetro.

Para muestras opacas, hacemos la corrección apropiada para la lectura del hidrómetro observada como se indica en el procedimiento de la figura 2.

Registrando la lectura final de la escala del hidrómetro corregida al entero más próximo al 0.0001 respecto de la densidad, densidad relativa (gravedad - específica) o al 0.01 °API.

Posteriormente se realizan las correcciones relevantes registrando el valor de la temperatura media observada inmediatamente antes y después de la lectura final del hidrómetro.

Para convertir los valores de las lecturas corregidas anteriores a la temperatura estándar se realiza lo siguiente basándose en los datos de las propiedades físicas de las tablas:

- 1.- Cuando la escala de la densidad del hidrómetro ha sido empleada, se utiliza la tabla 53 para obtener la densidad a 15 °C.
- 2.- Cuando la densidad relativa (gravedad específica) del hidrómetro ha sido empleada, se utiliza la tabla 23 para obtener la densidad relativa a 60/60°F.
- 3.- Cuando la escala de gravedad API del hidrómetro ha sido empleada, se utiliza la tabla 5 para obtener la gravedad en °API.

Cuando obtengamos un valor en la escala de un hidrómetro en un cierto tipo de unidades y el resultado sea requerido en una de las otras unidades, convertir una de las propiedades físicas apropiadas de los datos de las tablas. Para la conversión de la densidad a 15°C, se utiliza la tabla 51, para la densidad relativa a 60/60 °F se usa la tabla 21 y para la gravedad API se emplea la tabla 3.

Por último el valor final se reporta como densidad en kg/lit a 15°C, así como la densidad relativa a 60/60 °F o como gravedad API, cualquiera de las tres--

es aplicable.

**Mota:** Las tablas 5, 23 y 53 y para las conversiones las tablas 3,21 y 51 se recomienda consultar el capítulo 11 del Manual de Mediciones Estándar de --  
Petróleo, donde se describe detalladamente el empleo de estas tablas, las --  
cuales son semejantes a las que se proporcionan en el Apéndice C de ésta --  
tesis.

Tabla 1 - Hidrómetros recomendados.

Tipo	Unidad	Rango		Escala		Correcciones del menisco.
		Total	por c/u	Intervalo	error	
Petróleo especial	Densidad, kg/lt a 15 °C.	0.600 a 1.100	0.050	0.0005 0.001	$\pm$ 0.0003 $\pm$ 0.0006	+ 0.0007 + 0.0014
Petróleo especial	Densidad relativa (gravedad específica). 60/60 °F.	0.600 a 1.100	0.050	0.0005 0.001	$\pm$ 0.0003 $\pm$ 0.0006	+ 0.0007 + 0.0014
Longitud del plano	Densidad relativa (gravedad específica). 60/60 °F.	0.650 a 1.100	0.050	0.0005	$\pm$ 0.0005	
Longitud del plano	Gravedad API. °API	- 1 a + 101	12	0.1	$\pm$ 0.1	

Tabla 2 Termómetros Recomendados

Tipo	Escala	Rango	Intervalo graduado	Error en la escala
Densidad. Rango amplio	°C	-20 hasta +102	0.2	± 0.1
Gravedad.	°C	-20 hasta +102	0.2	± 0.1
Densidad relativa. (gravedad específica)- Rango amplio.	°F	-5 hasta +215	0.5	± 0.25
Gravedad	°F	-5 hasta +215	0.5	± 0.25

Tabla 3 - Condiciones límite y temperaturas de prueba.

Tipo de muestra	Punto de ebullición inicial	Otros límites	Temperatura de prueba
Altamente volátil		Presión de vapor Reid base 26 libras.	Fría dentro del recipiente cerrado a 2 °C (35 °F) o más bajas.
Moderadamente volátiles.	120 °C (250 °F) y menores		Fría dentro del recipiente cerrado a 18 °C (65 °F) o más bajas.
Moderadamente volátiles, y viscosos.	120 °C (250 °F) y menores	Viscosidad muy alta - a 18 °C (65 °F).	Calentar hasta la temperatura mínima para obtener suficiente fluides.
No volátiles	Arriba de 120 °C (250 °F)		Usar cualquier temperatura entre -18 y 90 °C (0 -195°F) como sea conveniente.
Mezclas con productos no petroleros.			Prueba a $15 \pm 0.2$ °C. ( $60 \pm 0.5$ °F).

### Nomenclatura y definiciones

Este glosario de terminos nos proporciona el significado de las normas de la nomenclatura del equipo, el procedimiento, terminos y las expresiones pecu - liares para los medidores de desplazamiento positivo dentro de la industria-petrolera. Los nombres de los fabricantes no son incluidos, no obstante sus - equipos han sido categorizados bajo ciertos terminos de una manera general - y de utilidad a la industria. Algunos términos que se definen son los siguien - tes:

- 1.- Curva de exactitud (comportamiento de la curva): Una representación grá - fica de los medidores, muestra la exactitud del medidor o factor del medidor en la ordenada y el ritmo de flujo en la abscisa.
- 2.- Ajuste (de un registro): Es el medio por el cual la relación entre el — volumen indicado por el registro del medidor y el volumen real de líquido — que pasa a través del medidor es cambiado.
- 3.- Eliminador de aire (separador): Es un dispositivo diseñado para separar - y remover gases (aire o vapor) de la corriente de flujo.
- 4.- Gravedad API: Consultar la definición N° 28.
- 5.- Equipo auxiliar: Es el equipo que es instalado en conjunto con el medidor tal como un eliminador de aire, colador, o una válvula reguladora que perm - iten o facilitan el uso u operación del medidor.
- 6.- Grupo: Es un movimiento integral o completo de un tipo de líquido especí - fico.
- 7.- Batería o fila de medidores: Es una instalación de medidores conectados - en paralelo.
- 8.- Dispositivo de obstrucción: Es un medio mecánico colocado en una línea - para prevenir flujo de líquido. (Algunas veces se refiere simplemente a un - "riego").

- 9.- Ciego: Consultar la definición N° 8.
- 10.- Punto de burbujeo: Son las condiciones de temperatura-presión de un líquido bajo las cuales comienza a formarse la primera burbuja de vapor.
- 11.- Calibración de un probador volumétrico o gravimétrico: Nos sirve para establecer el volumen verdadero medido de un probador volumétrico o la exactitud de la escala de un probador gravimétrico.
- 12.- Estrangulador: Es un dispositivo para flujo restringido, algunas veces de uso permanente, instalado en una línea.
- 13.- Compresibilidad aparente.- Es la suma algebraica de la compresibilidad real de un líquido y la dilatación de la caja del medidor como resultado de la presión .
- 14.- Compresibilidad real: Es el decremento absoluto en volumen de un líquido causado por un incremento de presión.
- 15.- Caja: Un recipiente de calibración donde el volumen del recipiente es determinado con las superficies internas secas y cuyo volumen es calibrado.
- 16.- Contador: Término usado cuando se refieren a un registro del medidor.
- 17.- Descarga: Una condición de la calibración del recipiente, donde el volumen del recipiente es determinado iniciando con las superficies internas mojadas con la calibración del líquido, el recipiente estará descargando si el volumen está calibrado.
- 18.- Descarga superior o inferior: Descarga superior e inferior: Es el volumen obtenido sustruyendo del registro del medidor la cantidad medida en el probador y expresando la diferencia en pulgadas cúbicas de la medición. Una sobredescarga será indicada si el resultado algebraico fue signo positivo; una descarga baja será si el signo es negativo de la diferencia de volúmenes.
- 19.- Descarga (pueba piloto): Es el volumen real descargado por un medidor-medido en un probador.

- 20.- Tiempo de drene; para pruebas de medición: Es el tiempo de drene para - pruebas de medición de 10 galones de capacidad o menores a 10 segundos desde el momento en que el flujo inicio y paro y 30 segundos para mediciones excedentes a 10 galones de capacidad.
- 21.- Presión de equilibrio: Es la presión de vapor de un líquido para una - temperatura dada, expresada en libras / pulgada cuadrada manométricas. -- ( consultar definición ).
- 22.- Filtro: Es un dispositivo usualmente instalado corriente arriba de un -- medidor y equipado con un medio que lleve como finalidad remover materia extraña de la corriente de flujo.
- 23.- Filtro separador: Misma definición que la Nª 22, excepto que éste tiene como finalidad remover agua en adición con la materia extraña.
- 24.- Instantanea: Para cuando se presentan presiones repentinas en un líquido como resultado de vaporizaciones parciales.
- 25.- Dispositivo limitante de flujo: Es un dispositivo mecánico instalado en una línea y operando de una manera tal que previene exceso de flujo del máximo deseado a través del medidor.
- 26.- Laboratorio graduado: Es un cilindro de vidrio, usualmente graduado en - mililitros.
- 27.- Cuello graduado: Es la porción de un probador en la que su parte alta-baja o nabas, tienen la sección transversal reducida y graduada para permitir tomar el incremento de la lectura del volumen en el probador.
- 28.- Gravedad °API: Es una medida de la gravedad específica de un hidrocarburo líquido indicada por el hidrómetro, el cual tiene una escala graduada-

en grados API. La relación entre la gravedad API y la gravedad específica es:

$$\text{GRAVEDAD API A } 60 \text{ } ^\circ\text{F} = \frac{141.5}{\text{gravedad específica, } 60^\circ\text{F}/60^\circ\text{F}} \quad 131.5$$

29.- Gravedad específica: Es la razón del peso de un volumen de hidrocarburos líquido dado con respecto a él mismo volumen de agua destilada, ambos líquidos están a una temperatura de 60 °F y cada peso esta corregido por el factor de flotación del aire.

30.- Selector de gravedad: Es un mecanismo usado para ajustar un compensador por temperatura al cambiar su representación conforme a el coeficiente de expansión termal del líquido que está siendo medido.

31.- Presión de vapor alta de líquido: Es un líquido, él cual, a la temperatura de prueba del medidor, tiene una presión de vapor absoluta igual o mayor a la presión atmosférica existente.

32.- Engranajes intermedios: Es el engrane o sistema de engranes los cuales transmiten el movimiento del elemento de medición hacia el registro, al imprecisor o a cualquiera de los dos.

33.- Laboratorio graduado: Consultar la definición N° 26.

34.- Presión de vapor baja del líquido: Es un líquido el cual a la temperatura de prueba del medidor, tiene una presión de vapor absoluta menor a la presión atmosférica existente.

35.- LPG (gas licuado del petróleo): Es un compuesto, predominantemente de alguno de los siguientes hidrocarburos o mezcla de ellos: propano, propileno, butano (nbutano o isobutano) y butileno.

36.- Medidor maestro: Es un medidor probado él cual sirve como un probador -

él cual puede ser portátil o estacionario, conectado en serie con el medidor o medidores probados.

37.- Medición a condiciones de referencia: Son las condiciones de presión y temperatura a las cuales el volumen, determinado por el medidor está corregido. La temperatura a la cual las mediciones de volumen están corregidas es a 60 °F. La presión de referencia es la presión atmosférica, la presión de vapor absoluta del líquido a 60 °F, o comúnmente por arriba de su presión.

38.- Cámara de medición: Es la parte de un medidor, la cual contiene el elemento de medición.

39.- Elemento de medición: Es la parte de un medidor que se mueve dentro de la cámara de medición además que divide al líquido hacia los segmentos para que el líquido pase a través del medidor.

40.- Menisco: Es la superficie curvada al final de una columna de líquido.

41.- Medidor de desplazamiento positivo: Es un dispositivo instalado en un sistema de tubería en el cual el líquido fluye continuamente y aislado mecánicamente en segmentos de volumen conocido, esos segmentos de líquido son -- contados y desplazados y su total acumulado continuamente e indicado en forma instantánea en unidades de volumen por el registro del medidor.

Esas cantidades fijas de los segmentos de líquido son unidades que salen de ellos desde el elemento de medición, junto con la porción de líquido que rebala a través del espacio libre entre las partes móviles del elemento de medición. Los medidores de desplazamiento positivo son generalmente diferenciados por el tipo de mecanismo empleado para aislar los segmentos de líquido, por ejemplo: por la naturaleza de su elemento de medición como a continua--

ción se mencionan: de disco, de pistón recíprocante, de pistón oscilante, de aspa tipo rotatorio, de paleta tipo rotatorio, lobulos rotatorios, helico rotatorio o bien de una combinación de ellos.

42.- Exactitud del medidor: Es un número entre el cual, el registro del medidor esta dividido para obtener el volumen real del líquido que pasa a través del medidor. Es el recíproco del factor del medidor (consultar definición N<sup>o</sup> 48). La exactitud ésta expresada por:

$$\text{Exactitud del medidor} = \frac{\text{Registro del medidor}}{\text{Cantidad medida en el probador.}} = \frac{1}{\text{Factor del medidor}}$$

y el peso real de líquido es obtenido por:

$$\text{Peso real del líquido} = \frac{\text{Registro del medidor}}{\text{Exactitud del medidor}}$$

43.- Capacidad máxima del medidor: Es el gasto máximo de flujo que pasa a través del medidor, recomendado por el fabricante para cualquier líquido — específico.

44.- Capacidad mínima del medidor: Es el gasto mínimo de flujo que pasa a través del medidor, recomendado por el fabricante para cualquier líquido — específico.

45.- Caja del medidor : Es la parte exterior de un medidor, la cual forma parte de la cámara de medición.

46.- Características del medidor: Es un término poco general diferente al "funcionamiento del medidor", el funcionamiento son las condiciones de operación.

47.- Cubierta del medidor: Es la parte de la caja del medidor, la cual puede ser removida para exponer la cámara y el elemento de medición.

48.- Factor del medidor: Es el número obtenido que se obtiene dividiendo la cantidad real de líquido que pasa a través de un medidor, un probador o un medidor maestro entre la lectura del registro del medidor indicado durante la prueba.

Es el recíproco de la exactitud del medidor. Cuando probamos un medidor este factor lo obtenemos por:

$$\text{Factor del medidor} = \frac{\text{Cantidad medida en el probador}}{\text{Registro del medidor}} = \frac{1}{\text{Exactitud del medidor}}$$

y el peso real de líquido es obtenido por:

$$\text{Peso real de líquido} = (\text{registro del medidor})(\text{factor del medidor}).$$

49.- Función del medidor: Es la relación entre la cantidad de un líquido indicada por un registro del medidor y la cantidad actual de líquido que pasa a través del medidor por un período.

50.- Lectura del medidor: Es el número de unidades de volumen, de la lectura directa del registro para un momento en particular.

51.- Registro del medidor: Es la diferencia entre la lectura de apertura y cierre del medidor durante un intervalo de operación de un medidor.

52.- Registro truncado: El volumen de líquido que pasa a través de un medidor sin que se registre.

53.- Descarga superior e inferior; consultar definición 18.

54.- Registro superior e inferior; consultar definición 72.

55.- Medidor de desplazamiento positivo; consultar definición 41.

56.- Pérdida de presión: La presión diferencial en la corriente de flujo la cual puede variar con el gasto, entre la entrada y salida de un medidor, determinada en pruebas hechas de acuerdo con instrumentos y aparatos de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME).

57.- Prueba: Para determinar el funcionamiento del medidor o la relación entre el volumen de líquido que pasa a través de un medidor y el volumen indicado por el medidor.

58.- Probador gravimétrico: Un recipiente abierto o cerrado montado en una escala de peso para permitir con exactitud la determinación del peso de una cantidad de líquido la cual a sido previamente medida en unidades volumétricas por un medidor. El peso de líquido es entonces convertido, utilizando el promedio de la gravedad específica con las unidades volumétricas.

59.- Probador volumétrico: Un recipiente abierto o cerrado diseñado especialmente para determinar con exactitud la cantidad de líquido deliberado durante la prueba del medidor. La cantidad de líquido es observado de acuerdo a su nivel o si se conoce previamente de la calibración el volumen del recipiente.

60.- Registro: Un medio en el cual indica la cantidad que pasa a través de un medidor.

61.- Registro electrónico: Registro del medidor operado por un medio electrónico.

62.- Registro mecánico: Registro del medidor operado por componentes mecánicos, mediante ejes y engranes.

63.- Registro totalizador: Registro del medidor el cual indica el registro-

total de dos o más medidores.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la demanda Mundial de Hidrocarburos por razones de tipo económico, así como político, los países productores de este energético se vieron en la necesidad de desarrollar sistemas de medición con un alto rango de exactitud ocasionado por la venta de estos al exterior.

Los sistemas de Medición son cada vez más sofisticados para una operación como por el volumen y tipo de líquido que manejan.

Una gran ventaja de estos sistemas de Medición es un fácil manejo y prueba de la instalación, con lo cual aseguramos la exactitud de la medición, aunado con los reportes adicionales de pruebas llevadas a cabo por el personal operante en estas instalaciones con diferentes probadores y con sus variaciones en sus propiedades de los fluidos se determina la importancia de estos Medidores de Desplazamiento positivo en el control de la Producción.

Otro aspecto fundamental es que estos MDP para poder reemplazarlos no se necesita suspender el flujo en las tuberías, además de que su costo es amortizado en su totalidad en poco tiempo sobre todo cuando se incrementa el precio del petróleo.

Sin embargo, el fácil manejo de tablas, así como cuando ya está puesto en operación el Medidor, al realizar una operación de prueba para una calibración basado en un probador, los datos arrojados por los recorridos de prueba son registrados de distintas formas, las cuales tienen como objetivo determinan el Factor del Medidor, así como el manejo de los factores de corrección, con los cuales determinaron el volumen real que fue medido por el Medidor de Desplazamiento positivo.

Con respecto a la operación de los Medidores de Desplazamiento Positivo estos deben operar de acuerdo a las especificaciones del fabricante y únicamente debe de manejar líquido no contaminado, si lo anterior no se cumple se tendrán como resultado lecturas erróneas, lo cual originará que el procedimiento de cálculo falle y además exista daño hacia el Medidor.

Con respecto al Mantenimiento este dependerá del control de las tablas, las cuales están de acuerdo con el Valor del Factor del Medidor para el producto manejado; si estos valores exceden un límite de tolerancia debemos investigar la falla, la cual puede o no existir.

Si algún medidor es retirado de operación éste debe ser conservado bajo techo y sus partes serán aceitadas funcionando para minimizar la corrosión, posteriormente al ser reparado y volverlo a operar debe de ser probado para establecer el control de tablas apropiadas a él.

Se recomienda tener una tabla de control para cada producto calidad de crudo y Medidor de Desplazamiento.

REFERENCIAS

- 1) Mercadillo A. Carlos "Importancia de la Automatización de Sistemas en la Medición de Crudos de Exportación para cumplir con Normas Internacionales". Trabajo Presentado en el XXI<sup>o</sup> Congreso Nacional de la A.I.P.M.
  
- 2) Manual of Petroleum Measurement Standards.  
Chapter 5 - Section 2 API 1101  
Measurement of Petroleum Liquid Hydrocarbons by Positive Displacement Meter.
  
- 3) Manual of Petroleum Measurement Standards.  
Chapter 9 - Section 1  
Hydrometer Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products.
  
- 4) Manual of Petroleum Measurement Standards.  
Chapter 11.1, 11.2 y 11.4.2
  
- 5) Manual of Petroleum Measurement Standards  
Chapter 12 - Section 2  
Calculation of Liquid Petroleum Quantities Measured by Turbine or Displacement Meters.