

CAMIONES Y VAGONES CISTERNA CON  
INDICACIÓN DE NIVEL

Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos.

ROAD AND RAIL TANKERS WITH LEVEL GAUGING

Part 1: Metrological and technical requirements

(EQV. OIML R 80-1:2009 ROAD AND RAIL TANKERS WITH LEVEL GAUGING

Part 1: Metrological and technical requirements)

**2016-XX-XX**

**1ª Edición**

## ÍNDICE

Prefacio.....	ii
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	1
2 TERMINOLOGÍA.....	1
3 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIONES.....	13
3.1 Generalidades.....	13
3.2 Construcción de tanques.....	16
4 UNIDADES DE MEDIDA.....	17
5 REQUISITOS TÉCNICOS Y METROLÓGICOS.....	18
5.1 Generalidades.....	18
5.2 Contenedor del tanque de medición.....	20
5.3 Dispositivos adicionales.....	24
5.4 Sistema de medición de nivel.....	27
5.5 Tabla de capacidades del tanque.....	29
5.6 Requisitos metrológicos para dispositivos indicadores y auxiliares.....	30
5.7 Requisitos adicionales para sistemas de medición con partes electrónicas.....	34
6 PLACAS, DOCUMENTOS Y SELLADO.....	39
6.1 Placa de identificación.....	39
6.2 Documento del sistema de medición.....	39
6.3 Certificado de verificación.....	40
6.4 Sellos.....	41
7 BIBLIOGRAFÍA.....	42
Anexo A Ejemplos de cisternas con sensores mecánicos (Informativo).....	43
Anexo B Ejemplos de conversión de volumen – derivados del petróleo (Informativo).....	51
Anexo C Densidad y volumen de agua destilada (Informativo).....	52

---oooOooo---

## **PREFACIO**

### **A. Reseña histórica**

A.1. La Dirección de Metrología del INACAL ha tomado como antecedente la Recomendación Internacional OIML R 80-1:2009 “Road and rail tankers with level gauging – Part 1: Metrological and technical requirements”, realizando adecuaciones técnicas a la misma, obteniendo el Proyecto de Norma Metrológica Peruana PNMP 023:2016 “CAMIONES Y VAGONES CISTERNA CON INDICACIÓN DE NIVEL. Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos”.

A.2. El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana ha sido elaborado mediante un “Sistema Ordinario” de elaboración de Normas Metrológicas Peruanas, de acuerdo a lo establecido en la letra “B)” del artículo 9 del “Procedimiento de Elaboración y Aprobación de Normas Metrológicas Peruanas” - 1ra edición, aprobado mediante resolución N° 002-2015/SNM-INDECOPI y publicado el 17 de mayo de 2012.

A.3. El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana presenta cambios editoriales y estructurales de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

---oooOooo---

# CAMIONES Y VAGONES CISTERNA CON INDICACIÓN DE NIVEL

## Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana especifica los requisitos metrológicos y técnicos aplicables a sistemas de medición estática del volumen de líquidos sometidos a controles de metrología legal. Asimismo, proporciona requisitos para la aprobación de partes de los sistemas de medición.

1.2 Se aplica a cisternas para el transporte por carretera o ferroviario de productos líquidos derivados del petróleo sometidos a presión atmosférica y que, además de su función de medio de transporte, se utilizan como tanques de medición transportables. En el anexo A, se dan ejemplos.

Las cisternas pueden considerarse como instrumentos de medición para los líquidos cuya viscosidad no sea superior a 20 mPa.s a la temperatura de trabajo.

1.3 El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana no aplica a camiones y vagones cisterna que transporten gas licuado de petróleo (GLP) u otros productos distintos a los indicados en 1.2.

1.4 Los requisitos metrológicos esenciales del presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana están de acuerdo con los requisitos aplicables de OIML R 117 *Sistemas de medición de líquidos distintos al agua* [3] con respecto a sistemas de medición con contadores de líquidos utilizados para el mismo propósito.

1.5 El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana no incluye aspectos relacionados con seguridad (ver también 5.2.1).

### 2 TERMINOLOGÍA

La terminología utilizada en el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana está de acuerdo con el *Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos básicos y generales y términos asociados* [1] y el *Vocabulario internacional de términos en metrología legal* [2].

Además, para los fines del presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana, se aplican las siguientes definiciones.

### **2.1 Tanque de medición transportable**

Recipiente, adecuado para su uso como dispositivo de medición de volumen para líquidos, fijado en un camión (o un autovagón) o conectado por separado a éste, que puede subdividirse en varios compartimientos de medición.

NOTA: En adelante denominado tanque de medición o tanque.

### **2.2 Sistema de medición estática**

Sistema que comprende un tanque de medición, equipado con dispositivos auxiliares y adicionales. Los sistemas de medición estática también pueden utilizarse para medir la cantidad del líquido en el tanque, por ejemplo, el volumen en las condiciones de funcionamiento o en las condiciones de base.

NOTA: En adelante denominado sistema de medición.

### **2.3 Dispositivo auxiliar**

Dispositivo destinado a desempeñar una determinada función, directamente asociada con la elaboración, transmisión o visualización de los resultados de medición.

Ejemplos de dispositivos auxiliares:

- dispositivo de puesta a cero,
- dispositivo indicador de repetición,
- dispositivo de impresión,
- dispositivo de memoria,
- dispositivo indicador de precio,
- dispositivo de conversión

## **2.4 Dispositivo adicional**

Parte o dispositivo, distinto a un dispositivo auxiliar, requerido para asegurar la medición correcta o destinada a facilitar las operaciones de medición, o que podría afectar de cualquier manera la medición.

Ejemplos de dispositivos adicionales:

- colector;
- dispositivo de muestreo;
- indicador de gas;
- mirilla de vidrio;
- filtro, bomba;
- dispositivo de eliminación de gas;
- dispositivo utilizado para el punto de transferencia;
- dispositivo antiremolino;
- derivaciones o desvíos;
- válvulas, mangueras.

## **2.5 Parte electrónica**

Cualquier dispositivo, componente o elemento de medición que tiene elementos electrónicos.

## **2.6 Capacidad nominal (del tanque o compartimiento) ( $V_n$ )**

Volumen indicado (marcado) en el tanque o su compartimiento.

NOTAS:

1. Por lo general, el valor de la capacidad nominal corresponde al volumen de líquido que el tanque o compartimiento contiene a la temperatura de referencia cuando se llena hasta la marca del volumen o nivel máximo permitido.
2. El valor de la capacidad nominal puede limitarse mediante regulaciones de seguridad.

## **2.7 Capacidad total**

Volumen máximo de líquido que un tanque o compartimiento puede contener hasta el desbordamiento, en las condiciones nominales de funcionamiento y a la temperatura de referencia.

## **2.8 Volumen de expansión**

Diferencia entre la capacidad total y la capacidad nominal.

## **2.9 Volumen verdadero ( $V_t$ )**

Valor convencionalmente verdadero del volumen de líquido en un tanque o compartimiento a la temperatura de trabajo  $t$ .

## **2.10 Volumen indicado ( $V_i$ )**

Valor del volumen proporcionado por el sistema de medición de volumen.

## **2.11 Error de volumen indicado**

Diferencia entre el volumen indicado ( $V_i$ ) del tanque o compartimiento y el volumen verdadero ( $V_t$ ).

## **2.12 Calibración de tanque o compartimiento (calibración de tanque)**

Conjunto de operaciones realizadas para determinar la capacidad de un tanque o compartimiento, utilizando métodos que cumplan con los requisitos técnicos y metrológicos, por ejemplo, medición en uno o varios niveles de llenado mediante un método de medición de dimensiones geométricas, gravimétrico o volumétrico.

El método gravimétrico determina el volumen de líquido en el tanque por pesaje; el método volumétrico determina el volumen de líquido en el tanque mediante la medición del volumen de líquido que ingresa al tanque o sale de éste.

**2.13 Nivel de líquido**

Nivel de la superficie del líquido o la interfaz vapor/líquido en el tanque.

**2.14 Punto de referencia**

Punto claramente identificado en el eje vertical de medición, con relación al cual se mide el nivel de líquido.

**2.15 Punto de referencia superior (RPT)**

Punto de referencia en la parte superior del tanque, en condiciones normales de funcionamiento por encima del nivel de líquido.

**2.16 Punto de referencia inferior (RPB)**

Punto de referencia en la parte inferior del tanque, en condiciones normales de funcionamiento por debajo del nivel de líquido.

**2.17 Altura de referencia ( $H$ )**

Distancia, medida en el eje vertical de medición, entre la parte superior del punto de referencia y la parte inferior del punto de referencia.

**2.18 Altura de espacio vacío ( $C$ )**

Distancia medida en el eje vertical de medición, desde el nivel de la superficie libre de líquido hasta la parte superior del punto de referencia.

**2.19 Altura de líquido ( $h$ )**

Distancia medida en el eje vertical de medición, desde el nivel de la superficie libre de líquido hasta la parte inferior del punto de referencia.



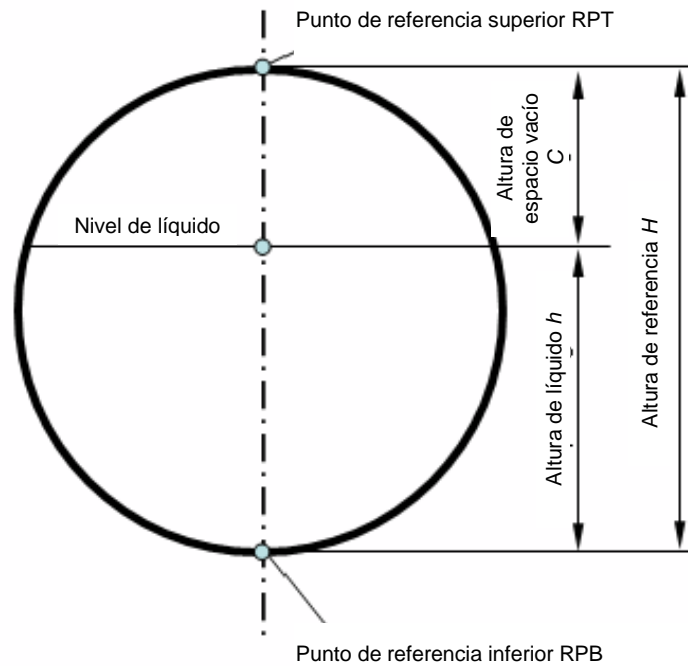


Fig. 1 Vista esquemática de un tanque a determinar (2.15 – 2.19)

## 2.20 Sensibilidad de un tanque

Cociente del incremento del nivel de líquido,  $\Delta h$ , entre el incremento relativo de volumen correspondiente,  $\Delta V/V$ , para el volumen contenido  $V$  en el nivel  $h$ .

## 2.21 Tabla de capacidades del tanque

Tabla que muestra la relación entre el nivel de líquido y el volumen contenido en el tanque (compartimiento) en ese nivel en las condiciones de referencia (incluyendo la posición del tanque).

## 2.22 Deflector

Dispositivo interno del tanque o compartimiento, por ejemplo, una pared divisoria u obstáculo dentro del tanque, destinado a amortiguar el movimiento del líquido durante el transporte y a incrementar la estabilidad mecánica del tanque.

### **2.23 Sensor de nivel**

Dispositivo de medición del nivel de un líquido en un tanque o compartimiento.

### **2.24 Rango de medición del sensor de nivel**

Rango entre las indicaciones máxima y mínima posibles del sensor de nivel. El límite inferior depende del tipo y del sistema y debe ser significativamente menor que un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de la capacidad nominal del tanque o compartimiento. El límite superior depende de la altura del tanque y debe estar por encima de la altura de llenado máxima permitido del tanque o compartimiento.

### **2.25 Sensor de temperatura**

Dispositivo de medición de la temperatura del líquido.

### **2.26 Sensor de inclinación**

Dispositivo de medición de los ángulos de cabeceo y balanceo.

### **2.27 Eje longitudinal y ángulo de cabeceo**

Eje de simetría del tanque paralelo a la dirección principal de desplazamiento, cuando el tanque se encuentra en su posición normal. Al ángulo vertical por el cual se hace rotar este eje, se le denomina ángulo de cabeceo. Es positivo si la parte delantera del tanque se levanta.

### **2.28 Eje transversal y ángulo de balanceo**

Eje horizontal del tanque perpendicular al eje longitudinal, cuando el tanque se encuentra en su posición normal. Al ángulo vertical por el cual se hace rotar este eje, se le denomina ángulo de balanceo. Es positivo si la parte derecha del tanque (en relación con la dirección de desplazamiento) se levanta.

### **2.29 Tubo amortiguador**

Dispositivo mecánico (generalmente en forma de tubo con agujeros) destinado a minimizar o eliminar el efecto de las ondas de superficie sobre la medición de nivel y proteger el sensor de nivel contra daños mecánicos.

### **2.30 Punto de transferencia**

Punto en el cual se define que el líquido se ha descargado o recibido.

### **2.31 Manguera vacía (manguera seca)**

Manguera y/o tubería que contienen producto líquido únicamente durante una transacción y por lo general se vacían completamente antes de concluir la transacción. Se conecta aguas abajo del punto de transferencia (el punto de transferencia se encuentra aguas arriba de la manguera de descarga o aguas abajo de la manguera de recepción).

### **2.32 Manguera llena (manguera húmeda)**

Manguera y/o tubería llenas de producto líquido antes y después de una transacción. En este caso, el punto de transferencia se encuentra cerca a la salida de la manguera llena (el punto de transferencia consta de un dispositivo de cierre ubicado en la línea de descarga o recepción).

### **2.33 Colector (múltiple)**

Línea colectora conectada mediante válvulas a las salidas de los compartimientos de medición y que permite la descarga desde uno o varios compartimientos mediante una tubería común.

### **2.34 Colector incorporado**

Línea colectora conectada mediante válvulas derivadoras a los tubos de descarga de los compartimientos de medición y que permite la descarga desde uno o varios compartimientos mediante una tubería común. Un compartimiento conectado a un colector incorporado tiene dos posibles salidas: su propia válvula de salida y su propia válvula derivadora.

### **2.35 Descargador directo**

Cisterna descargada por gravedad, teniendo cada uno de los compartimientos de medición su propia salida. Con frecuencia, se utiliza el adaptador de carga como salida.

### **2.36 Carga por arriba**

Carga de un compartimiento de medición por la parte superior a través de la cubierta del orificio de llenado abierta para este fin.

### **2.37 Carga por abajo**

Carga de un compartimiento de medición por la parte inferior a través de un adaptador seco normalizado (por ejemplo, un adaptador API) y la válvula de fondo que está integrada a la parte inferior del compartimiento de medición y abierta para este fin.

### **2.38 Transacción**

Descarga de productos líquidos desde uno o varios compartimientos de medición hacia un receptor.

NOTA: La transacción también puede ser una recepción (por ejemplo, la carga de un camión cisterna). Una transacción se liquida cuando las partes interesadas en ésta han hecho saber su acuerdo (de manera explícita o implícita) con respecto al monto de la transacción. Ésta puede consistir en un pago, la firma de un comprobante de tarjeta de crédito, la firma de una orden de entrega, etc.

Las partes interesadas en una transacción pueden ser las propias partes o sus representantes (por ejemplo, el empleado de una estación de servicio, el conductor de una cisterna).

### **2.39 Posición de referencia**

Posición para la descarga (o carga) del tanque de medición de acuerdo con el plano de diseño. Constituye la base para la función de corrección de inclinación. El punto cero de la inclinación representa el punto cero de ambas inclinaciones (longitudinal y transversal).

#### **2.40 Condiciones de funcionamiento**

Condiciones en las cuales se debe medir el volumen de líquido, en el punto de medición (ejemplo: temperatura; viscosidad, posición del tanque).

#### **2.41 Condiciones de base**

Condiciones especificadas en las cuales se convierte el volumen medido de líquido (ejemplo: temperatura, densidad, presión).

#### **2.42 Detector de líquido**

Dispositivo para detectar la presencia de líquido en la tubería o el tanque y verificar, antes del arranque y después de la parada, que todo o parte del sistema de medición está completamente lleno de líquido (sistemas de medición con manguera llena) o completamente vacío de líquido (sistema de medición con manguera vacía).

NOTA: Un detector de líquido también puede utilizarse para la detección de nivel alto.

#### **2.43 Indicador de líquido**

Dispositivo para indicar la presencia de líquido en la tubería (por ejemplo, mirilla de vidrio).

#### **2.44 Magnitud de influencia**

Magnitud que no es el objeto de la medición pero que influye en el valor del mensurando o la indicación del tanque.

#### **2.45 Perturbación**

Magnitud de influencia cuyo valor se encuentra dentro de los límites definidos por los requisitos aplicables pero fuera de las condiciones nominales de funcionamiento establecidas para el tanque.

#### **2.46           Falla**

Diferencia entre el error de indicación y el error intrínseco de un instrumento de medición.

NOTAS:

1. Una falla es principalmente el resultado de un cambio no deseado de los datos contenidos en un instrumento de medición electrónico o que pasan por éste.
2. De la definición, se deduce que en el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana una “falla” es un valor numérico expresado en una unidad de medida o como valor relativo, por ejemplo, en forma de porcentaje.

#### **2.47           Falla significativa**

Falla superior al valor especificado en 5.7.1.4.

#### **2.48           Condiciones nominales de funcionamiento**

Condiciones de uso que dan el rango de valores de las magnitudes de influencia para las cuales se prevé que las características metrológicas especificadas de un instrumento de medición se encuentran dentro de límites dados.

#### **2.49           Condiciones de referencia**

Condiciones de uso establecidas para los ensayos de funcionamiento de un instrumento de medición o para una intercomparación de los resultados de medición.

NOTA: Las condiciones de referencia incluyen generalmente valores de referencia o rangos de referencia para las magnitudes de influencia que afectan al instrumento de medición.

#### **2.50           Factor de influencia**

Magnitud de influencia que tiene un valor que está dentro de las condiciones nominales de funcionamiento especificadas en 5.1.1.

**2.51 Durabilidad**

Capacidad de un instrumento de medición para mantener sus características de funcionamiento durante un período de uso.

**2.52 Error intrínseco**

Error (del volumen indicado) de un sistema de medición utilizado en las condiciones de referencia.

**2.53 Error intrínseco inicial**

Error intrínseco determinado antes de cada ensayo de funcionamiento.

**2.54 Sistema de control**

Sistema incorporado en un instrumento de medición y que permite detectar y poner en evidencia fallas significativas

NOTA: “Poner en evidencia” se refiere a cualquier respuesta adecuada del instrumento de medición (señal luminosa, señal acústica, bloqueo del proceso de medición, etc.).

**2.55 Sistema de control automático**

Mecanismo de control que funciona sin la intervención de un operador.

**2.56 Sistema de control automático permanente (tipo P)**

Sistema de control automático que funciona durante cada ciclo de medición.

## 2.57 Sistema de control automático intermitente (tipo I)

Sistema de control automático que funciona a ciertos intervalos de tiempo o por cada número fijo de ciclos de medición.

## 2.58 Símbolos y abreviaciones

$V_n$	capacidad nominal (del tanque o compartimiento)
$V_t$	volumen total en las condiciones de funcionamiento
$V_i$	volumen indicado
$H$	altura de referencia
$C$	altura de espacio vacío
$h$	altura de líquido
$U_x$	incertidumbre ampliada de medición del nivel
$\Delta V_{t,i}$	volumen parcial a la temperatura de trabajo $t$
$t$	temperatura de trabajo
$t_0$	temperatura de base
$\Delta V_{0,i}$	volumen parcial en las condiciones de base
$V_0$	volumen total en las condiciones de base
$\varphi(V_t, t)$	función de conversión
$\alpha_0$	coeficiente de dilatación térmica
$\rho_0$	densidad en las condiciones de base
RPT	punto de referencia superior
RPB	punto de referencia inferior

## 3 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIONES

### 3.1 Generalidades

3.1.1 La determinación de la cantidad en un camión cisterna o autovagón implica:

- el método de medición para obtener el volumen;
- dispositivos auxiliares;
- condiciones de funcionamiento (factores de influencia);
- capacidad del tanque y su tabla de calibración;
- el método de montaje del tanque.



### 3.1.2 Métodos de medición:

- medición de nivel:
  - con un indicador de nivel manual o visual (mecánico), o un indicador de nivel electrónico;
  
- medición de temperatura:
  - en el caso de la medición de un volumen transferido (descargado/recibido), con un sensor de temperatura eléctrico ubicado en la línea (tubo) de descarga/entrada; o
  - en el caso de medición de inventario, con uno o más sensores de temperatura/termómetros ubicados de tal manera que permitan determinar la temperatura media del volumen de líquido en el tanque o en cada compartimiento, respectivamente;
  
- medición del volumen en las condiciones de funcionamiento o de base (descargado/recibido):
  - con un dispositivo de cálculo o controlador electrónico, o mediante un cálculo manual utilizando datos de la tabla de calibración del tanque y la tabla de corrección de volumen.

El método de medición manual o visual puede basarse en lo siguiente:

- una única marca volumétricas;
- una ventanilla de aforo en el domo.

El método de medición de nivel electrónica puede basarse en lo siguiente:

- flotadores con detección electrónica (magnéticos o magnetostrictivos);
- indicador de nivel ultrasónico;
- indicador de nivel por radar ( de microondas);
- otros indicadores de nivel sin contacto, por ejemplo, capacitancia eléctrica.

Las mediciones de volumen automáticas se realizan con el dispositivo de cálculo o controlador electrónico, y se caracterizan por la determinación automática del volumen.

NOTA:Esto puede incluir lo siguiente:

- control automático completo y supervisión de las descargas/recepciones;
- consideración automática de la influencia de la inclinación, etapa de vaciado y ondas.

3.1.3 En lo que respecta al tipo de descarga/recepción para el cual el tanque puede estar diseñado:

- únicamente descarga/recepción del compartimiento completo;
- medición automática de la temperatura promedio del volumen descargado/recibido;
- conversión automática de volumen.

3.1.4 En lo que respecta a los dispositivos auxiliares, los tanques pueden estar equipados o no con lo siguiente:

- instalaciones para la medición de volúmenes recibidos o descargados;
- bombas internas;
- colectores;
- instalaciones para manguera llena.

3.1.5 Los principales factores de influencia que pueden tener un efecto importante durante la calibración y el uso de las cisternas, son la presión y la temperatura.

(a) En lo que respecta a la presión, los tanques deben estar a la presión atmosférica.

(b) En lo que respecta a la temperatura, los tanques pueden estar:

- sin calentamiento y con o sin aislamiento térmico del contenido;
- con calentamiento y con o sin aislamiento térmico del contenido.

3.1.6 En lo que respecta a la capacidad del tanque, por lo general los camiones cisterna se encuentran entre  $0,5 \text{ m}^3$  y  $50 \text{ m}^3$  y los vagones cisterna, entre  $10 \text{ m}^3$  y  $120 \text{ m}^3$ .

3.1.7 Desde el punto de vista del montaje, los tanques de los camiones cisterna pueden:

- estar montados directamente y de manera permanente sobre un chasis de camión, remolque o semirremolque, o ser autopropulsados, desmontables;
- estar montados temporalmente sobre un vehículo mediante dispositivos que aseguren siempre la misma posición del tanque durante su montaje sobre el vehículo.

## **3.2 Construcción de tanques**

3.2.1 Si un tanque está dividido en compartimientos, cada uno debe ser considerado como un tanque separado y estar sometido a los requisitos del presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana.

3.2.2 Cada tanque debe estar compuesto de un cuerpo y dispositivos de descarga.

3.2.3 La forma y el montaje del tanque así como la instalación del dispositivo de descarga deben ser de tal manera que se pueda asegurar el vaciado completo del tanque.

3.2.4 El dispositivo de descarga debe constar de uno o dos tubos de descarga (que permitan la descarga a ambos lados de la cisterna), cada uno equipado con una válvula de cierre. Una válvula de pie puede cerrar el paso del líquido entre el tanque y el tubo o tubos de descarga.

Si el tanque está equipado con dos tubos de descarga, un sistema de bloqueo adecuado debe impedir el uso de ambos tubos de descarga a la vez.

Si es necesario, un tanque puede incluir, en su parte más baja, dispositivos para la separación de agua.

NOTA: Un tanque puede estar equipado con un tercer tubo de descarga (en su parte trasera) que cumpla con todos los requisitos de 3.2.4.

### **3.2.5 Tanques equipados con indicadores de nivel**

Los tanques equipados con indicadores de nivel deben consistir de:

3.2.5.1 Un domo con elementos de refuerzo que sirva de agujero de hombre y de cámara de expansión y en algunas aplicaciones (no energéticas) para aumentar la sensibilidad del tanque. Se encuentra en la parte superior del tanque.

El domo puede estar equipado con lo siguiente:

- una abertura de llenado, provista de una cubierta a prueba de fugas;
- un orificio que permita observar el llenado;
- un dispositivo de ventilación o una válvula de seguridad de doble efecto.

El índice o indicador de nivel puede encontrarse en el domo o, si se cumplen los requisitos de sensibilidad, en la parte superior del cuerpo.

3.2.5.2 En el caso de tanques equipados con indicadores de nivel mecánicos, se debe instalar una escalera que dé acceso al domo y la plataforma, permitiendo de este modo que el operador realice la medición o verifique el tanque.

3.2.5.3 En el caso de tanques equipados con medición de nivel electrónica:

- se debe impedir el acceso al interior del tanque mediante el sellado u otros medios; o
- debe ser posible una fácil verificación visual del interior de acuerdo con 3.2.5.2 (por ejemplo, en el caso de carga por arriba).

3.2.6 Cuando proceda, los tanques deben estar equipados con dispositivos de aireación y parallamas.

3.2.7 En el anexo informativo A, se dan ejemplos de cisternas con medición de nivel mecánica.

## **4 UNIDADES DE MEDIDA**

Las unidades de medida autorizadas son las del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP). Las longitudes deben darse en milímetros y los volúmenes en litros.

Mientras se termine de implementar el SLUMP se acepta usar cisternas en galones (1 galón = 3,785 412 L).

## 5 REQUISITOS TÉCNICOS Y METROLÓGICOS

### 5.1 Generalidades

#### 5.1.1 Condiciones nominales de funcionamiento

Los sistemas de medición de acuerdo con el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana deben estar diseñados y fabricados de tal manera que sus errores no sobrepasen los errores máximos permitidos indicados en la tabla 2 en las siguientes condiciones nominales de funcionamiento:

Condiciones nominales de funcionamiento		
a) Temperatura ambiente	baja	$-25\text{ °C}^{(1)}$
	alta	$+55\text{ °C}^{(1)}$
b) Humedad	Hasta la condensación	
c) Vibración inferior a	10 Hz a 150 Hz, $7\text{ ms}^{-2}$ , $1\text{ m}^2\text{s}^{-3}$ ,	
d) Tensión de la red de CA <sup>(2), (3)</sup>	$U_{nom} - 15\%$ a $U_{nom} + 10\%$	
e) Frecuencia de la red de CA <sup>(2)</sup>	$f_{nom} - 2\%$ a $f_{nom} + 2\%$	
f) Tensión de la batería interna <sup>(2)</sup>	La tensión más baja a la cual el instrumento funciona correctamente de acuerdo con las especificaciones hasta la tensión de una batería nueva.	
g) Tensión de una batería de vehículos de carretera <sup>(2)</sup>	batería de 12 V	9 V a 16 V
	batería de 24 V	16 V a 32 V
h) Inclinación	Debe ser especificada por el fabricante.	
<p>(1) Este valor puede ser modificado por la autoridad nacional en metrología, de acuerdo a las reglamentaciones vigentes, puesto que depende de las condiciones climáticas y las condiciones esperadas de aplicación (en interiores, al aire libre, etc.).</p> <p>(2) Lo que sea aplicable.</p> <p>(3) Los valores de <math>U_{nom}</math> son los marcados en el instrumento de medición. En caso que se especifique un rango, el signo "-15 %" se relaciona con el valor más bajo y el signo "+10 %", con el valor más alto del rango.</p>		

#### 5.1.2 Clasificación de exactitud y errores máximos permitidos

Los sistemas de medición estática montados en los camiones o vagones cisterna corresponden a una clase de exactitud de acuerdo con la tabla 1. En la tabla 2, se especifican los correspondientes errores máximos permitidos en las indicaciones de cantidad.

**Tabla 1. Clase de exactitud**

Clase de exactitud	Tipo de sistema de medición
0.5	<ul style="list-style-type: none"><li>Sistemas de medición para combustibles líquidos cuya viscosidad no es superior a 20 mPa·s a la temperatura de trabajo.</li></ul>

**Tabla 2. Clases de exactitud y errores máximos permitidos**

	Clase de exactitud
	0.5
Sistema de medición estática (A)	0,5 %
Tanque de medición transportable (B)	0,3 %

#### 5.1.3 Condiciones para aplicar el error máximo permitido

5.1.3.1 El error máximo permitido de la línea A de la tabla 2 se aplica a sistemas de medición completos, en las condiciones nominales de funcionamiento, sin ningún ajuste entre los diferentes ensayos; para:

- aprobación de modelo,
- verificación inicial;
- verificaciones posteriores.

5.1.3.2 El error máximo permitido de la línea B de la tabla 2 se aplica a:

- la aprobación de modelo de un tanque de medición en las condiciones nominales de funcionamiento; y
- la verificación del tanque como fase preliminar de la verificación inicial del sistema de medición.

#### 5.1.4 Condiciones de base

La temperatura de base recomendada es 20 °C. La presión de base recomendada es la presión atmosférica normal (0,1 Mpa). Se permite el uso de otros valores por razones justificadas.

### 5.1.5 Requisitos referentes a medición de temperatura

5.1.5.1 Para el propósito de conversión de volumen, el error máximo permitido para la determinación de la temperatura es  $\pm 0,5$  °C para la clase de exactitud 0.5 .

NOTA: Este error máximo permitido se aplica a la indicación de la correspondiente calculadora con su dispositivo indicador e incluye los errores debido al redondeo si se utilizan entradas digitales.

5.1.5.2 Para la medición de un volumen transferido (recibido o descargado), se debe instalar el elemento sensible a la temperatura (sensor) en la línea de entrada/descarga debajo del tanque en un punto donde, en todos los modos de descarga o carga, el flujo líquido pasa por el sensor. En el caso de flujos líquidos separados, se debe instalar un sensor o sensores adicionales.

5.1.5.3 Si el camión o vagón cisterna se utiliza para la medición estática de volumen del inventario, se debe instalar el sensor o sensores de temperatura dentro del tanque/cada compartimiento de tal manera que proporcionen la temperatura media del volumen de líquido en el tanque/compartimiento de acuerdo con los requisitos de 5.1.5.1.

5.1.5.4 El sistema de medición debe permitir la lectura del valor real de temperatura. No es necesaria una indicación permanente.

### 5.1.6 Capacidad nominal

La capacidad nominal de un tanque de medición o de su compartimiento debe ser por lo menos 500 L salvo indicación en contrario en el certificado de aprobación de modelo.

## 5.2 Contenedor del tanque de medición

### 5.2.1 Requisitos de seguridad y otros requisitos no metrológicos

5.2.1.1 Las autoridades competentes involucradas en el transporte de mercaderías peligrosas establecen condiciones para la construcción de camiones y vagones cisterna destinados para el transporte de líquidos contenidos en tanques, sin sobrecarga y libre de peligros. Pueden existir regulaciones adicionales para la seguridad en el trabajo y la protección contra incendios y explosiones. Estas condiciones deben cumplirse.

La aplicación de los requisitos antes mencionados debe ser compatible con la función de medición del tanque.

5.2.1.3 La especificación de la capacidad nominal debe tener en cuenta las regulaciones nacionales que establecen el volumen de llenado máximo de los tanques.

## 5.2.2 Requisitos generales para la construcción del contenedor

5.2.2.1 La selección de las formas, materiales, elementos de refuerzo y métodos de conformado o ensamblaje debe ser tal que el contenedor sea lo suficientemente resistente a los agentes atmosféricos y los líquidos que contengan, y prácticamente no se deforme en las condiciones nominales de funcionamiento.

5.2.2.2 El contenedor debe ser hermético. Por lo general, es suficiente evidencia de ensayos de seguridad.

5.2.2.3 La altura de referencia  $H$  de un tanque o cada compartimiento no debe variar durante el llenado más del mayor de los dos valores indicados en la tabla 4.

**Tabla 4 Variación máxima permitida de la altura de referencia**

	Clase de exactitud
	0.5
Variación máxima permitida de la altura de referencia $H$ (mm)	2 mm o $H/1000$

5.2.2.4 La capacidad de un compartimiento no debe variar en más de un tercio (1/3) del error máximo permitido especificado en la línea B de la tabla 2, dependiendo de si el compartimiento o compartimientos vecinos están llenos o vacíos.

5.2.2.5 El material del tanque debe seleccionarse de manera que su capacidad no varíe más de un tercio (1/3) del error máximo permitido especificado en la línea B de la tabla 2 cuando la temperatura del tanque varía en el orden de  $\pm 10$  °C con respecto a la temperatura de referencia.

NOTA: Esta condición se cumple si el coeficiente de dilatación lineal del material del tanque es inferior a  $33 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .



5.2.2.6 Cada tanque o compartimiento debe tener una forma tal que se impida la creación de burbujas de aire durante el llenado y la retención de líquido durante el vaciado en cualquier posición admisible de uso del equipo.

5.2.2.7 Se pueden utilizar caños, molduras o tubos de ventilación y válvulas para cumplir con los requisitos antes mencionados.

5.2.2.8 Se debe asegurar el drenaje completo:

- mediante una forma adecuada del tanque;
- mediante una pendiente de por lo menos 2 % (1,2°) del fondo del tanque con el vehículo en terreno horizontal; o
- utilizando otros medios.

Si no es posible el drenaje completo en todas las posiciones que se pueda esperar durante el uso, se debe proporcionar medios de monitoreo/indicación para garantizar el vaciado completo (por ejemplo, mediante sensores de líquido adicionales en el compartimiento, o monitoreando la inclinación).

5.2.2.9 El volumen de líquido que queda en el tanque o compartimiento después de haberlo drenado completamente, no debe ser superior a un décimo (1/10) del valor absoluto del error máximo permitido indicado en la línea B de la tabla 2 aplicado a la capacidad del tanque o compartimiento. Este volumen puede quedar en el tanque debido a las condiciones de construcción o montaje (por ejemplo, en las uniones).

5.2.2.10 Los deflectores y elementos de refuerzo que se pueden instalar en el tanque, deben tener una forma y estar provistos de orificios apropiados de tal manera que no se impida llenar, drenar y verificar el vaciado del tanque.

5.2.2.11 Está prohibido colocar dentro del tanque madera muerta que permita ajustar la capacidad a un determinado valor, o cualquier otro cuerpo cuyo retiro o cambio podría modificar la capacidad del tanque.

5.2.2.12 Están permitidos elementos internos fijos en los compartimientos de medición (por ejemplo, serpentines calentadores) si han estado presentes durante la calibración y no se pueden modificar o desmontar.

5.2.2.13 La geometría del tanque o compartimiento debería ser tal que se amortigüen adecuadamente las ondas en la superficie del líquido.

5.2.2.14 Para minimizar los efectos de la inclinación, los tanques de medición deberían ser simétricos en la dirección tanto longitudinal como transversal y los sensores de nivel deberían instalarse en el centro. Se permiten otras construcciones si se asegura una medición correcta de volumen.

5.2.2.15 Si no es posible una medición correcta en todas las inclinaciones que se pueda esperar durante el uso, el tanque debe estar equipado con un dispositivo que indique la inclinación real con respecto al rango de inclinaciones requeridas para una medición correcta.

5.2.2.16 El interior del tanque de medición debe ser accesible para fines de inspección mediante un agujero de hombre, siempre que las regulaciones de seguridad u otras regulaciones impidan esto. De conformidad con 3.2.5.3, se debe sellar para evitar manipulaciones.

5.2.2.17 La capacidad de un tanque de medición no debe desviarse en más de 10 % con respecto a la especificada en los documentos de diseño.

5.2.2.18 El domo, si existe, debe estar montado en la parte superior del cuerpo, al cual debe estar soldado. Por lo general, el dispositivo mecánico de medición de nivel debe estar dentro del domo.

5.2.2.19 El domo puede tener una forma cilíndrica o paralelepípedica, con paredes laterales verticales. Si el domo es paralelepípedo, puede tener la misma longitud que el tanque.

5.2.2.20 Si las paredes laterales del domo están montadas de tal manera que penetran en el interior del cuerpo del tanque y podrían formarse burbujas de aire durante el llenado en el máximo nivel permitido, debe haber orificios o cortes de dimensiones apropiadas y en posiciones lo suficientemente altas para evitar la formación de burbujas de aire.

5.2.2.21 La sección transversal del cuerpo y del domo debe tener un eje de simetría vertical. Se permiten otras construcciones si se asegura una medición correcta de volumen.

5.2.2.22 La sección horizontal del domo debe tener dimensiones apropiadas para permitir la inspección del interior del tanque. Se recomienda un diámetro de por lo menos 500 mm.

### **5.3 Dispositivos adicionales**

#### 5.3.1 Dispositivo de descarga

5.3.1.1 El dispositivo de descarga debe asegurar la descarga completa y rápida del líquido contenido en el tanque. Para este fin, el dispositivo de descarga debe estar conectado a la parte más baja del cuerpo del tanque.

5.3.1.2 En el caso de tanques de construcción especial para aeropuertos, se permite la presencia de un dispositivo para recolectar el agua y las impurezas depositadas por el líquido contenido. Este dispositivo debe tener un tubo de drenaje separado, de diámetro pequeño, cuando el tubo normal de descarga no está conectado a la parte más baja del tanque.

El dispositivo recolector puede estar montado:

- en toda la parte inferior del tanque; o
- en una zona reducida de esta parte inferior.

5.3.1.3 El tubo de descarga debe ser lo más corto posible y tener una pendiente suficiente hacia la válvula de cierre. Se recomienda una pendiente resultante de por lo menos  $2^\circ$ .

5.3.1.4 Cada compartimiento debe tener una tubería de descarga independiente. Se permite la presencia de un colector de descarga en las siguientes condiciones:

Los colectores deben tener dispositivos de control adecuados que impidan el reflujos de un compartimiento a otro o proporcionen evidencia de dicha situación.

Sin embargo, cuando las condiciones de operación así lo exijan, la autoridad de metrología legal puede aceptar el uso de colectores no protegidos siempre que la información apropiada pueda leerse fácilmente cerca de los puntos de descarga.

Esta información puede consistir en una etiqueta con uno de los siguientes textos pertinentes:

- “No se permite la presencia del colector durante la descarga desde el tanque de medición”, cuando el colector es fácilmente desmontable;

- "Verifique el nivel de líquido antes y después de cada descarga desde un compartimiento", cuando puede resultar aceptable que el colector no sea fácilmente desmontable.

5.3.1.5 Se debe indicar la presencia del colector en el certificado de verificación.

5.3.1.6 Las válvulas de cierre deben ser fácilmente accesibles y colocarse en la parte trasera o en el lado apropiado del tanque.

5.3.1.7 Si un tanque consta de más de un compartimiento de medición, cada compartimiento debe estar provisto de un dispositivo de cierre (manual o automático) separado en cada línea de descarga. Se debe evitar mezclas no deseadas de los productos de diferentes compartimientos mediante dispositivos constructivos o de control.

5.3.1.8 Cerca de la parte más baja de cada línea de descarga, se deben instalar detectores de líquido o ventanillas indicadoras (excepto sistemas de medición automáticos), si es necesario, para verificar la vaciedad.

5.3.1.9 La tubería cuya cantidad de llenado afecte el resultado de medición, no debe ser flexible y debe instalarse rígidamente.

5.3.1.10 En el caso de la descarga con manguera llena, se debe asegurar, mediante un separador de gas distinto o una función equivalente de las partes existentes, que la manguera esté completamente llena al momento de la medición de nivel.

5.3.1.11 Las líneas y dispositivos de control cuya manipulación podría falsear el resultado de medición, deben estar protegidos contra manipulaciones imprudentes.

5.3.1.12 Durante una transacción, el cambio de manguera llena a manguera vacía y viceversa así como el cambio entre sistemas con manguera llena son admisibles solamente si se monitorean los niveles de llenado en todos los compartimientos de medición de manera que las manipulaciones sean evidentes.

5.3.1.13 Los dispositivos de ventilación en el sistema de medición deben estar protegidos contra el desmontaje y remoción así como contra manipulaciones desde afuera.

5.3.1.14 El tanque de medición debe tener soportes en la dirección longitudinal y la dirección transversal. Su longitud debe ser superior a 500 mm para albergar un nivel de agua con el fin de marcar el plano de referencia para la posición normal del tanque de medición.

### 5.3.2 Instalaciones para la medición externa y bombeo

5.3.2.1 Si se pretende conectar el tanque a dispositivos de bombeo o medición separados, éste debería estar equipado con los dispositivos de acoplamiento desmontables apropiados que deben ser lo más cortos posible y fáciles de conectar y desconectar.

5.3.2.2 En las instalaciones de bombeo, además de la bomba, debe haber como máximo un filtro, y los tubos deben ser muy cortos (sin válvulas ni derivaciones). La instalación debe realizarse de tal manera que se vacíe completamente después de cada vaciado del tanque, sin ninguna maniobra especial.

#### 5.3.2.3 Dispositivo de muestreo

El sistema de medición puede incluir un dispositivo de muestreo destinado a determinar las propiedades del líquido que se debe medir.

Por lo general, se requiere obtener una muestra representativa por las siguientes razones:

- para calcular el volumen estándar (es decir, el volumen en las condiciones de base definidas);
- para determinar la densidad del líquido para conversión;
- para determinar si el líquido transferido cumple con la especificación de calidad, y sus propiedades.

La cantidad de una muestra tomada del tanque no debe considerarse si la cantidad de la muestra es inferior a un tercio ( $1/3$ ) del valor absoluto del error máximo permitido indicado en la línea B de la tabla 2 y aplicado a la capacidad del tanque o compartimiento.

#### 5.3.2.4 Sistemas de aditivación

El sistema de medición puede incluir un dispositivo inyector que inyecte aditivos al producto descargado. Si la relación de aditivación no es superior a 1:500, no hay necesidad de medir la cantidad de aditivo.

#### 5.3.3 Otros dispositivos

5.3.3.1 El tanque puede estar equipado con lo siguiente:

- conmutador de control de nivel;
- detectores de nivel;
- dispositivos de cierre de nivel alto;
- etc.

5.3.3.2 Está permitido el uso de dispositivos para facilitar la lectura del índice o detener automáticamente el flujo cuando el nivel del líquido llega al índice, siempre que no se introduzcan errores de medición adicionales.

### **5.4 Sistema de medición de nivel**

#### 5.4.1 Requisitos generales

5.4.1.1 El dispositivo de indicación de nivel debe garantizar una lectura segura, fácil e inequívoca, y prácticamente independiente de las inclinaciones del tanque en las condiciones nominales de funcionamiento.

5.4.1.2 El índice (por ejemplo, marcas volumétricas, escalas) o el eje vertical de medición debe pasar lo más cerca posible del centro de las secciones horizontales del tanque.

5.4.1.3 El sistema de indicación de nivel debe realizar una medición válida de altura únicamente cuando la superficie del líquido se ha calmado de manera que el resultado es reproducible.

5.4.1.4 Cuando se ha llegado al rango de medición del sensor de nivel, debe producirse automáticamente una indicación visual y/o audible.

5.4.2 Requisitos referentes a la medición de nivel para la descarga completa de compartimientos

5.4.2.1 La forma del tanque debe ser tal que, en la zona donde se realizan las mediciones de nivel, se logre una sensibilidad igual o superior a los valores especificados en la tabla 5.

**Tabla 5. Sensibilidad del tanque para la descarga completa de compartimientos**

	Clase de exactitud
	0,5
Sensibilidad mínima del tanque $\Delta h$ por cada $\Delta V/V$ en mm / ‰ (es decir, en mm para 1/1000 de volumen medido)	1,5

5.4.2.2 En todos los tanques, debe ser posible medir manualmente el nivel del líquido contenido. El dispositivo de medición debe colocarse lo más cerca posible de la curva que une los centros de gravedad de las secciones transversales horizontales del compartimiento en el rango de medición de nivel.

Cuando el extremo inferior del dispositivo de medición está próximo al fondo del tanque, su eje debería intersectar el fondo del tanque en un punto que no tenga ningún orificio u obstáculo en un radio de 100 mm. Si éste no es el caso, debe haber una placa horizontal y no desmontable de 100 mm × 100 mm para asegurar la repetibilidad de las mediciones.

5.4.2.3 Se deben definir claramente y materializar los puntos de referencia RPB y RPT.

5.4.2.4 La unión del cuerpo con el domo debe ser tal que el dispositivo de medición pueda mantenerse en posición vertical cuando se realiza la medición.

5.4.3 Requisitos específicos para sistemas de medición de nivel con flotador

5.4.3.1 El flotador no debe cambiar de masa y volumen debido a la influencia del producto medido. Ninguna presión debe conducir a un cambio de su volumen.

5.4.3.2 La sección transversal del flotador en el rango de variación de profundidad de inmersión debe ser bien conocida.

5.4.3.3 La forma del flotador debe estar diseñada de tal manera que no retenga líquido, salvo la capa de líquido producida por efectos capilares. Adicionalmente, no debe formarse ningún cojín de aire o gas debajo del flotador.

5.4.3.4 Dentro del rango permisible de densidad del líquido medido en las condiciones de base, la profundidad de inmersión del flotador no debe variar en más del valor indicado en la tabla 8. El rango permisible de densidad debe ser especificado en el certificado de aprobación de modelo. Para sistemas de medición no equipados con la corrección correspondiente, la influencia sobre la profundidad de inmersión que resulta de la variación de la densidad del líquido, debería incluirse en la evaluación de incertidumbre de la medición de nivel.

Tabla 8. Variación de la profundidad de inmersión del flotador

Variación máxima de la profundidad de inmersión en mm para	Clases de exactitud
	0,5
- descargas completas del compartimiento	1,5

## 5.5 Tabla de capacidades del tanque

5.5.1 Para la conversión del resultado de la medición de nivel a volumen, el certificado de verificación debe guardar una tabla de capacidades del tanque con pares de valores de nivel/volumen para cada compartimiento de medición. El número y distancia de estos pares de valores se seleccionan según la geometría real del tanque. La extrapolación no es admisible.

5.5.2 Se debe determinar la tabla de capacidades del tanque para cada compartimiento del tanque de medición mediante los métodos volumétrico, gravimétrico o geométrico.

NOTA: No se permite un cálculo de la tabla de capacidades del tanque basado únicamente en los documentos de construcción

5.5.3 El rango de nivel de la tabla de capacidades del tanque debe abarcar todos los estados de llenado que se presentan en el funcionamiento práctico. Debe haber medios para evitar o detectar el llenado de un compartimiento de medición hasta un nivel por encima del



punto máximo permitido de la tabla de capacidades del tanque, y debe producirse una indicación visual y/o audible.

5.5.4 Los efectos sobre el volumen de la inclinación en el rango especificado para un determinado sistema (ángulos de cabeceo y balanceo) no deben sobrepasar el valor indicado en la línea B de la tabla 2 del volumen nominal de compartimiento para la descarga completa de compartimientos.

5.5.5 Si el cumplimiento de los requisitos de 5.1.5.2 y 5.1.5.3, respectivamente, requiere que se realice una corrección de inclinación, se debe medir la posición inclinada del tanque de medición durante la detección de nivel utilizando sensores de inclinación fijados rígidamente al tanque. Los datos de inclinación se utilizan para corregir la medición con un algoritmo adecuado.

5.5.6 La tabla de capacidades del tanque compilada durante la calibración así como los datos de corrección de inclinación, cuando sea pertinente, deben indicarse en el certificado de verificación.

## 5.6 Requisitos metrológicos para dispositivos indicadores y auxiliares

### 5.6.1 Conversión de volumen

5.6.1.1 El error máximo permitido para la conversión del volumen medido a un volumen en las condiciones de base o una masa es igual a  $\pm 0,2\%$ . Sin embargo, la magnitud del error máximo permitido no debe ser inferior al mayor de los dos valores siguientes:

- la mitad (1/2) del intervalo de escala del dispositivo indicador para indicaciones convertidas;

5.6.1.2 Se puede determinar el volumen total en las condiciones de base utilizando cualquiera de los dos métodos siguientes:

Método A: Se realiza la conversión durante la medición. Se convierte cada volumen parcial  $\Delta V_{t,i}$  a la temperatura de trabajo  $t$  al volumen parcial  $\Delta V_{0,i}$  a la temperatura de base  $t_0$

$$\Delta V_{0,i} = \varphi(\Delta V_{t,i}, t)$$

El volumen total  $V_0$  en las condiciones de base es:

$$V_0 = \sum_i \Delta V_{0,i}$$

Método B: La conversión se realiza al término de la medición, utilizando la temperatura promedio ponderada, que se calcula a partir de las temperaturas de trabajo  $t_i$  de los volúmenes parciales  $\Delta V_{t,i}$ :

$$t = \frac{\sum_i t_i \cdot \Delta V_{t,i}}{V_t}$$

El volumen total  $V_0$  en las condiciones de base es:

$$V_0 = \varphi(V_t, t)$$

5.6.1.3 La función de conversión utilizada  $\varphi(V_t, t)$  debe estar de acuerdo con el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana o normas aplicables (en particular, OIML R 63 [5]), u otros métodos aceptados para uso nacional. Los anexos C y D (informativos) dan dos ejemplos del uso de dichas funciones de conversión.

5.6.1.4 Durante una transacción, las temperaturas del líquido que pasa por una determinada línea de descarga, deben medirse en proporción al volumen o el tiempo.

5.6.1.5 Si se utiliza un promedio proporcional al tiempo, los intervalos de tiempo no deben ser superiores al tiempo requerido para medir un quinto de la cantidad medida más pequeña con el flujo máximo:

5.6.1.6 El volumen total en las condiciones de funcionamiento es:

$$V_t = \sum_i \Delta V_{t,i}$$

5.6.1.7 El error máximo permitido para la determinación de la temperatura promedio ponderada es  $\pm 0,5$  °C.

NOTA: En el caso de una medición estática de volumen del inventario de acuerdo con 5.1.5.3, se debe utilizar la correspondiente temperatura media del volumen de líquido en el tanque/compartimiento para la conversión.

5.6.1.8 Los datos que subyacen a la conversión (por ejemplo la densidad  $\rho_0$  en las condiciones de base o el coeficiente de dilatación térmica  $\alpha_0$ ) pueden establecerse firmemente o ajustarse según el producto. Deben estar protegidos contra manipulaciones.

5.6.1.9 Si los datos de acuerdo con 5.6.1.9 que subyacen a la conversión, pueden ajustarse según el producto, la indicación y, cuando corresponda, la impresión deben mostrar inequívocamente los valores que se han utilizado o el líquido que se ha medido.

5.6.1.10 El método de medición - con conversión de temperatura del volumen o sin conversión - para un determinado producto debe seleccionarse una vez al momento de la verificación. No se puede cambiar esta selección posteriormente. Asimismo, para un determinado producto, se puede ingresar un único conjunto de datos de conversión.

No se debe cambiar el método de cálculo del factor de corrección de volumen utilizado para determinar el volumen estándar de un determinado producto a menos que se modifique el patrón aplicable.

## 5.6.2 Cálculo de precio

Opcionalmente, antes o después de la descarga, se puede ingresar un precio unitario para un producto descargado. El precio unitario se utiliza para calcular el precio total y puede estar impreso en la nota de entrega o factura.

## 5.6.3 Dispositivo de impresión

5.6.3.1 Los dispositivos de impresión son obligatorios únicamente para sistemas de medición para venta directa al público. En este caso, el sistema debe verificar, antes del inicio de la descarga o recepción, que una impresora esté conectada (incluso temporalmente) y lista para esta transacción.

#### 5.6.3.2 Datos que se debe imprimir

Si se genera un documento de descarga/recepción, debe contener por lo menos los siguientes datos:

- un identificador del sistema de medición (por ejemplo, número de serie, número de placa del semirremolque o número del compartimiento);
- el nombre del producto o del grupo de productos;
- un número único que debe aumentar para cada transacción;
- el volumen  $V_t$  en las condiciones de funcionamiento con la observación “a la temperatura de descarga/recepción” y/o el volumen  $V_0$  “en las condiciones de base”.

#### 5.6.3.3 Impresión de resultados múltiples

Si, durante una transacción, se utiliza más de un compartimiento para la descarga/recepción, todos los resultados pueden estar impresos en el mismo documento de descarga/recepción. Si más de un resultado está disponible para el mismo producto, se pueden resumir estos resultados.

#### 5.6.3.4 Marcado de datos

Se deben colocar los datos verificados entre caracteres especiales (por ejemplo, un asterisco “\*”). No está permitido colocar datos no verificados entre estos caracteres especiales.

El documento de descarga debe contener la siguiente nota explicativa:

“Los datos provenientes de dispositivos verificados aparecen entre \*asteriscos\*”.

La observación puede imprimirse en el momento en que se genera el documento, o estar preimpresa en el papel que se utiliza para la impresión o en el reverso de éste.

#### 5.6.4 Dispositivo de memoria

5.6.4.1 El sistema de medición puede estar equipado con un dispositivo de memoria para guardar resultados de medición hasta su uso, o mantener un registro de transacciones comerciales,

proporcionando evidencia en caso de una controversia. Se considera que los dispositivos utilizados para leer información guardada están incluidos en los dispositivos de memoria.

5.6.4.2 En el caso de sistemas de medición no utilizados para venta directa al público, se puede sustituir al dispositivo de impresión por un dispositivo de memoria. En este caso, se deben guardar todos los datos necesarios para la impresión.

5.6.4.3 El medio en el que se guardan los datos, debe tener suficiente permanencia para asegurar que los datos no se corrompan en las condiciones normales de almacenamiento.

5.6.4.4 Debe haber suficiente memoria de almacenamiento para cualquier aplicación en particular para la cual se utiliza el sistema de medición.

5.6.5.5 Salvo especificación en contrario, los datos medidos deben guardarse durante por lo menos el período de facturación y el plazo para presentación de objeciones antes de borrarlos. Si la capacidad de la memoria de datos se agota y si los datos guardados no pueden borrarse porque todavía no han transcurrido los plazos especificados, no debe ser posible iniciar una nueva medición.

5.6.4.6 Si los datos medidos se han impreso o transferido por lo menos una vez de manera aceptable para su verificación, se pueden borrar.

5.6.5 Parada automática

Si el sistema puede detener la descarga o carga, es admisible terminar automáticamente la descarga o carga después de haber alcanzado la cantidad final.

## **5.7 Requisitos adicionales para sistemas de medición con partes electrónicas**

5.7.1 Requisitos generales

5.7.1.1 Las partes electrónicas del sistema de medición deben estar diseñadas y fabricadas de tal manera que sus errores no sobrepasen los errores máximos permitidos (ver 5.1.2) en las condiciones nominales de funcionamiento especificadas (ver 5.1.1).

### 5.7.1.2 Perturbaciones

Los instrumentos de medición deben estar diseñados y fabricados de tal manera que, cuando estén expuestos a las siguientes perturbaciones (5.7.1.2.1 y 5.7.1.2.2):

- a) no se produzcan fallas significativas, o bien
- b) se detecten y pongan en evidencia fallas significativas mediante un sistema de comprobación:

#### 5.7.1.2.1 Durante las siguientes perturbaciones

a) Campos electromagnéticos de radiofrecuencia radiados
b) Campos de radiofrecuencia conducidos
c) Descarga electrostática
d) Campos magnéticos de la frecuencia de la red de alimentación
e) Transitorios eléctricos en las líneas de alimentación, señales, datos y control
f) Sobretensiones en las líneas de señales, datos y control
g) Caídas de tensión de la red de CA, interrupciones cortas y variaciones de tensión

#### 5.7.1.2.2 Después de las siguientes perturbaciones

a) Ensayo cíclico de calor húmedo (con condensación)
b) Sobretensiones en la alimentación por la red de CA.
c) En el caso de un instrumento de medición alimentado por una batería de vehículo de carretera mediante el interruptor principal de encendido del vehículo:  Transitorios eléctricos de motores de CC que actúan como generadores después de apagarlos.

NOTA: Se permite una falla igual o inferior a la falla significativa, independientemente del valor del error de indicación.

#### 5.7.1.2.3 Aplicación

Las disposiciones de 5.7.1.2 (a) y 5.7.1.2 (b) pueden aplicarse por separado a:

- a) cada causa individual de falla significativa, y/o
- b) cada parte del instrumento de medición.

La elección entre aplicar 5.7.1.2 (a) o 5.7.1.2 (b) se deja al fabricante.

#### 5.7.1.2.4 Durabilidad

Las disposiciones de 5.1.3 y 5.7.1.2 deben cumplirse de manera duradera.

Los instrumentos de medición deben estar diseñados y fabricados de tal manera que:

- a) no se produzcan errores significativos de durabilidad, o bien
- b) se detecten y pongan en evidencia errores significativos de durabilidad mediante un sistema de protección de durabilidad.

Las disposiciones de (a) y (b) pueden aplicarse por separado a cada parte del instrumento de medición (por ejemplo, partes analógicas y digitales).

La elección entre aplicar (a) o (b) se deja al fabricante.

#### 5.7.1.3 Presunción de cumplimiento

Se supone que el modelo de un instrumento de medición cumple con las disposiciones de 5.1.3 y 5.7.1.2 si supera el examen y los ensayos establecidos por la Dirección de Metrología de INACAL.

5.7.1.4 La falla significativa es el valor siguiente para el volumen medido de líquido:

- 1/5 del error máximo permitido de la cantidad medida pertinente.

5.7.1.5 Las siguientes fallas no son fallas significativas, aunque sobrepasen el valor definido en 5.7.1.4:

- a) fallas que resultan de causas simultáneas y mutuamente independientes (por ejemplo, campos electromagnéticos y descargas) que se originan en el instrumento de medición o en sus sistemas de verificación;
- b) fallas que hacen imposible realizar cualquier medición;
- c) fallas transitorias que provienen de variaciones momentáneas de la indicación y que no se pueden interpretar, memorizar o transmitir como un resultado de medición;
- d) fallas que producen variaciones del resultado de medición lo suficientemente importantes para ser identificadas por todos los interesados en el resultado de medición; la norma aplicable puede especificar la naturaleza de estas variaciones.

## 5.7.2 Dispositivo de alimentación

5.7.2.1 Si la transacción no se interrumpe en caso de falla de la alimentación eléctrica, el sistema de medición debe estar equipado con un dispositivo de alimentación de emergencia para proteger todas las funciones de medición y control durante la falla.

5.7.2.2 Si la transacción se interrumpe en caso de falla de la alimentación eléctrica, los requisitos de 5.7.2.1 deben cumplirse, o los datos contenidos al momento de la falla deben guardarse y seguir siendo visualizados por un tiempo lo suficientemente largo en un dispositivo indicador sometido a control legal, de manera que la transacción en curso pueda completarse.

5.7.2.3 En el caso de 5.7.2.2, también basta indicar el resultado de la medición después de restablecer la alimentación eléctrica.

5.7.2.4 Alternativamente, en el caso de 5.7.2.2, la transacción puede terminarse apropiadamente después de restablecer la alimentación eléctrica. En tal caso, se aplican los errores máximos permitidos de acuerdo con 5.1.2.



### 5.7.3 Sistemas de comprobación

5.7.3.1 Los sistemas de comprobación sirven para detectar una perturbación cuyos efectos sobre el volumen medido son superiores a la falla significativa de acuerdo con 5.7.1.4, y deben dar como resultado lo siguiente:

- corrección automática del cambio de volumen; o
- únicamente detención del dispositivo defectuoso cuando el sistema de medición sigue cumpliendo con las regulaciones sin que este dispositivo esté en funcionamiento; o
- detención de la transacción.

5.7.3.2 Durante la aprobación de modelo y la verificación inicial, debe ser posible comprobar que los sistemas de comprobación funcionan correctamente, por ejemplo:

- desconectando el sensor;
- interrumpiendo el circuito de señalización; o
- interrumpiendo la alimentación eléctrica.

5.7.3.3 El sistema de comprobación del funcionamiento de la calculadora verifica los valores de todas las instrucciones y datos guardados de manera permanente así como todos los procedimientos para la transmisión interna y almacenamiento de los datos relacionados con el resultado de medición, y debe ser del tipo I o P.

5.7.3.4 El sistema de comprobación de la exactitud de los cálculos realizados por la computadora debe ser del tipo P. Esta comprobación puede realizarse, por ejemplo, con la ayuda de un bit de paridad, una suma de comprobación o el doble almacenamiento.

5.7.3.5 Los sistemas de comprobación de dispositivos auxiliares (por ejemplo, de acuerdo con 5.6.2 a 5.6.4) deben asegurar que un determinado dispositivo auxiliar esté disponible, si es necesario, y que la transmisión de los datos sea válida.

5.7.3.6 Asimismo, el sistema de comprobación de un dispositivo de impresión debe monitorear la presencia de papel.

## **6 PLACAS, DOCUMENTOS Y SELLADO**

### **6.1 Placa de identificación**

6.1.1 Cada tanque debe estar provisto de una placa de identificación, que sea bien visible y fácilmente legible. La placa debe estar hecha de un material que no se deteriore en las condiciones nominales de funcionamiento, y debe permitir inscribir fácilmente los datos. Debe estar fijada de tal manera que no se pueda retirar sin romper los sellos de las unidades de verificación metrológica.

6.1.2 Se debe inscribir la siguiente información en esta placa:

- nombre o marca registrada del fabricante;
- modelo y año de fabricación (se puede indicar el año como parte del número de serie);
- número de serie del tanque;
- número de serie del sistema de medición de nivel, si procede;
- número de aprobación de modelo, si procede;
- capacidad nominal del tanque o de cada compartimiento;
- clase de exactitud;
- temperatura de base;
- rango de inclinación especificada, si es diferente de 2 %.

6.1.3 Se debe dejar en la placa un área libre para colocar las marcas de verificación, de acuerdo con las regulaciones nacionales.

### **6.2 Documento del sistema de medición**

6.2.1 Después de la verificación inicial de un sistema de medición, se debe redactar un documento del sistema de medición. Este documento debe contener por lo menos lo siguiente:

- plan de sellado;
- diagrama de tuberías;
- diagrama de neumática con las líneas de control metrológicamente significativas marcadas;
- listado de parámetros de calibración y tablas de calibración, si es aplicable;
- hojas adicionales con descripciones de cambios en el sistema de medición, reparaciones así como cualquier rotura de sellos oficiales, incluyendo sus confirmaciones;
- firmas para el software relacionado con la verificación y sus parámetros, si es aplicable.

6.2.2 El documento del sistema de medición forma parte del sistema de medición y debe guardarse en la cisterna.

### **6.3 Certificado de verificación**

6.3.1 De conformidad con las disposiciones de la autoridad en metrología legal, posterior a una verificación, se debe emitir un certificado de verificación.

6.3.2 En el caso de camiones cisterna, el certificado de verificación debe incluir la siguiente información:

- organismo que ha emitido el certificado y número de certificado;
- nombre y, si procede, dirección del titular;
- nombre y marca registrada del fabricante, modelo, año de fabricación y número de serie;
- número de matrícula del vehículo, si procede;
- número de compartimientos y serpentines calentadores, si procede;
- identificación del punto de referencia y el eje vertical de medición, si procede;
- método de calibración utilizado, número del certificado de calibración de los patrones utilizados;
- convenciones sobre el llenado de los tubos de descarga y, si procede, indicación de la presencia de un colector;
- incertidumbre con la cual se determinan los valores de volumen indicados en el certificado;
- fecha de emisión;
- cargo, nombre y firma de la persona responsable de la verificación;
- croquis que indique de manera esquemática el significado de los símbolos utilizados;
- altura de acoplamiento durante la verificación (únicamente para los semirremolques);
- número y posición de las marcas de verificación colocadas.

Para cada compartimiento, el certificado de verificación debe indicar lo siguiente:

- capacidad nominal;
- capacidad total;
- altura de espacio vacío correspondiente a la capacidad nominal, en mm;
- altura de referencia, en mm;
- sensibilidad del tanque en el nivel de la capacidad nominal, en unidades legales de medida.

6.3.3 En el caso de vagones cisterna, el certificado de verificación debe incluir la siguiente información:

- organismo que ha emitido el certificado y número de certificado;
- número de matrícula del vagón cisterna;
- nombre y, si procede, dirección del propietario y el fabricante;
- método de calibración, si procede, y fecha y lugar de los ensayos;
- identificación del punto de referencia y el eje vertical de medición;
- convenciones sobre el llenado del tanque y la tubería de descarga;
- altura de referencia, en mm;
- contenido total y altura de espacio vacío correspondiente;
- capacidad del cuerpo del tanque hasta el generador superior interno, y altura de espacio vacío correspondiente;
- temperatura de referencia (para la cual se ha establecido la tabla);
- incertidumbre con la cual se determinan los valores indicados en el certificado;
- fecha de emisión del certificado de verificación;
- cargo, nombre y firma de la persona responsable de la verificación;
- croquis que indique de manera esquemática el significado de los símbolos utilizados;
- número y posición de las marcas de verificación colocadas.

## 6.4 Sellos

6.4.1 Todos los sistemas de medición deben estar sellados de tal manera que se eviten y/o detecten las manipulaciones. Se recomienda los siguientes lugares para sellos:

- dispositivos indicadores del sistema de medición de nivel;
- unidades de control y de interfaz;
- cajas de conexiones con cables relacionados con las mediciones (por ejemplo, para temperatura y detector de líquido);
- sensores de inclinación;
- sensores de temperatura;
- detectores de líquido, excepto los que hay que retirar para su limpieza;
- varillas de nivel en piezas de unión superiores e inferiores, cuando sea aplicable;
- placa de identificación del sistema de medición, instrucciones de uso y diagrama neumático y de tuberías, si es aplicable;
- cubierta del domo y agujeros de hombre de compartimientos del tanque en sistemas de medición que se pueden llenar únicamente por abajo.

Los serpentines calentadores, si existen, deben estar sellados en su unión con el cuerpo del tanque.

6.4.2 Los sellos no se aplican al sistema de tuberías.

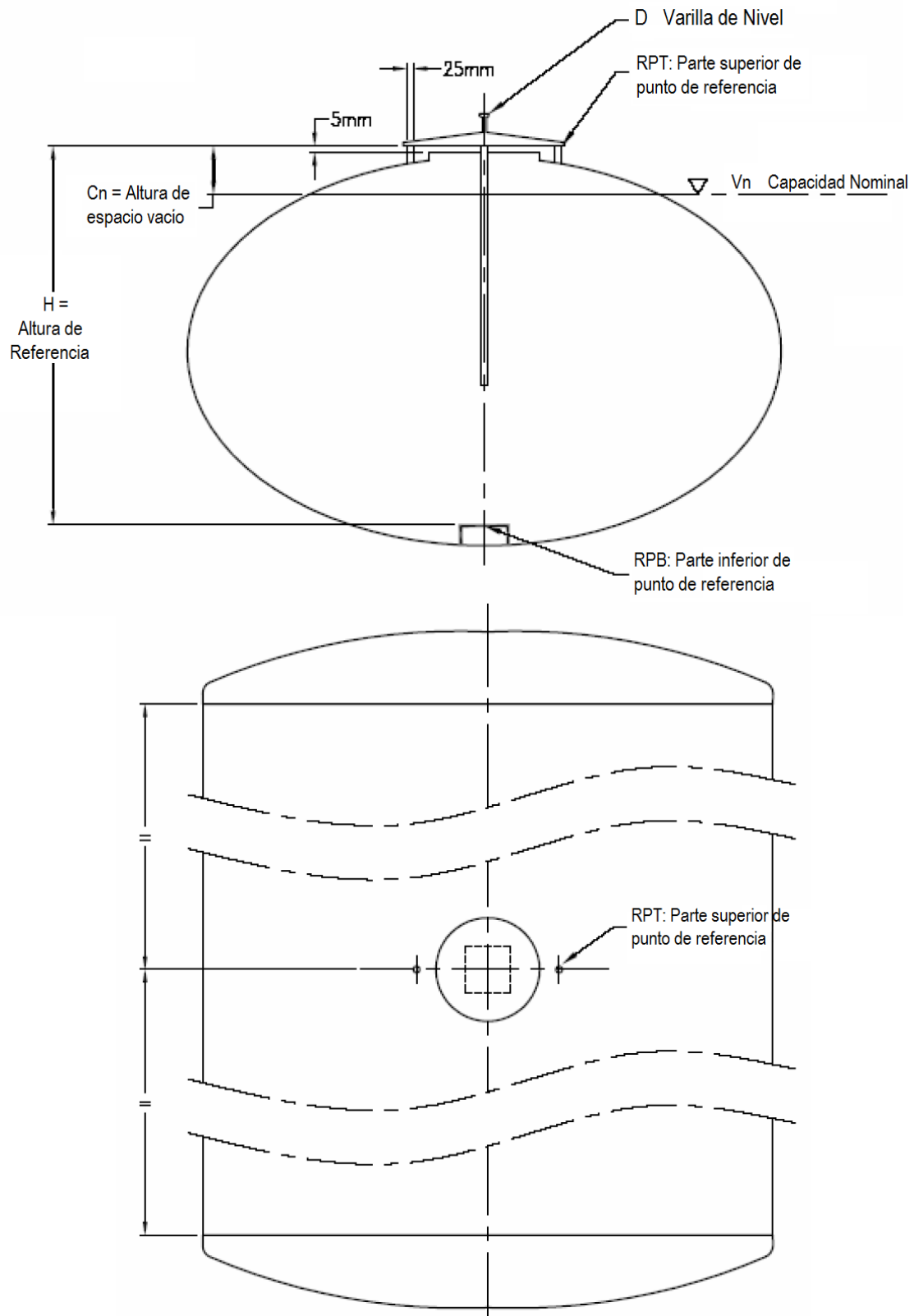
6.4.3 Los lugares para sellos deben disponerse de tal manera que sea posible la inspección administrativa externa sin obstáculos. Se fijan individualmente para cada tipo de sistema de medición en el certificado de aprobación de modelo.

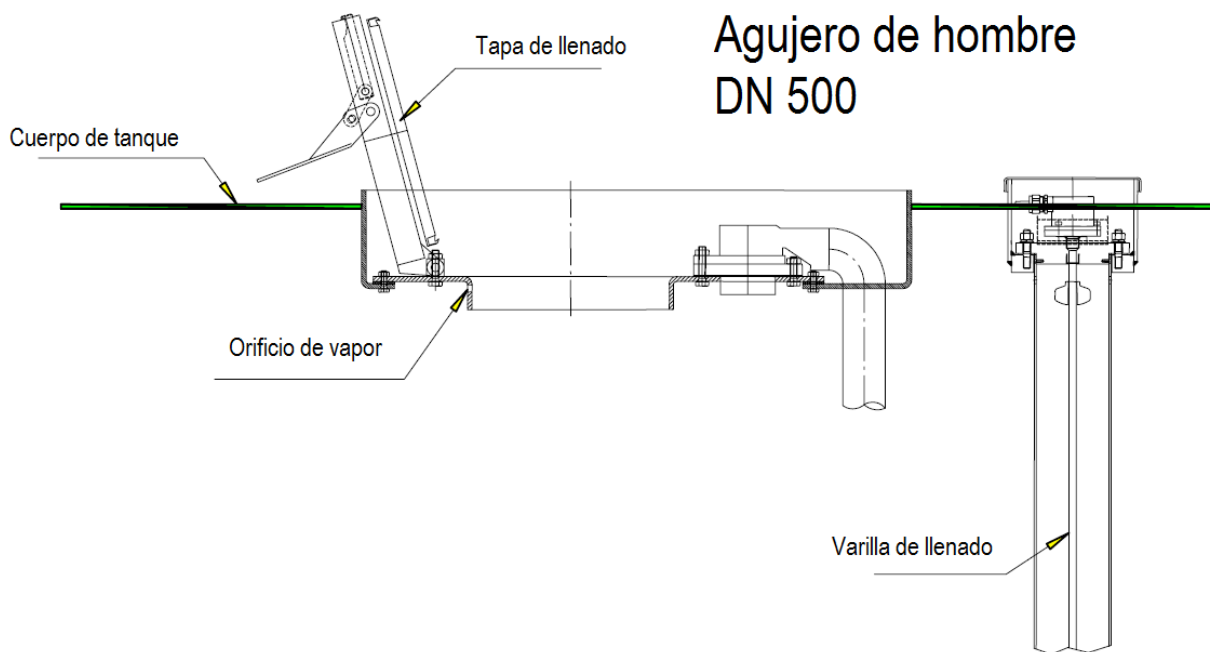
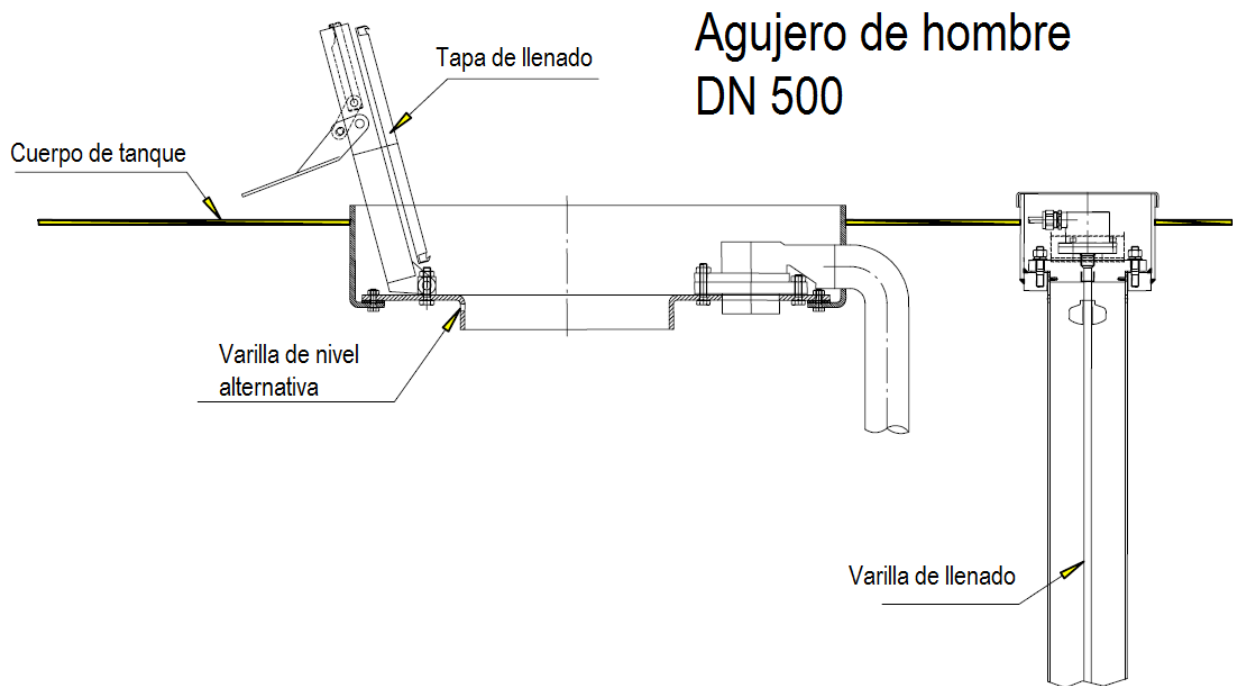
## 7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos básicos y generales y términos asociados (VIM)*. BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML. Dirección de Metrología de INACAL, Lima, 2015.
- [2] *Vocabulario internacional de términos en metrología legal (VIML)*. INDECOPI, Lima, 2014.
- [3] Recomendación internacional OIML R 117 *Sistemas de medición de líquidos distintos al agua*. OIML, París, 1995 (Revisada en 2007).
- [4] *Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición*. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML. INDECOPI, Lima, 2001 (equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections).
- [5] Recomendación internacional OIML R 63 *Tablas de medición de petróleo* (con referencia a la Norma internacional ISO 91-1:1982 y 91-2:1991). OIML, París, 1994.
- [6] Documento internacional OIML D 11 *Requisitos generales para instrumentos de medición electrónicos*. OIML, París, 2004.

Anexo A

Ejemplos de cisternas con sensores mecánicos  
(Informativo)





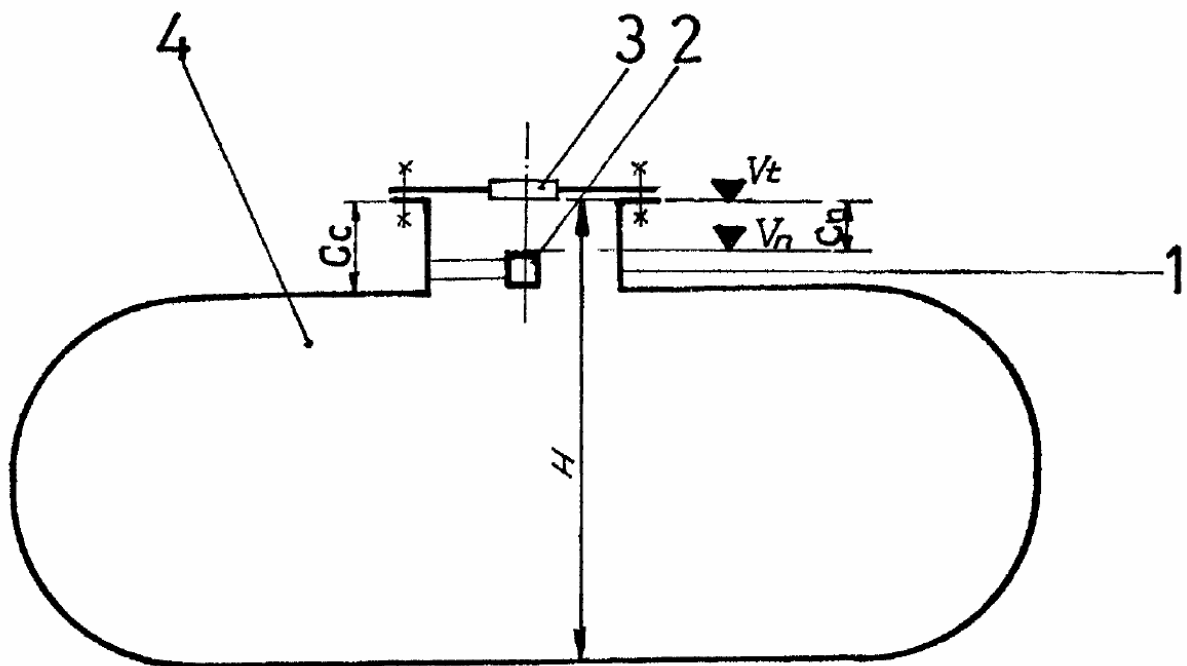
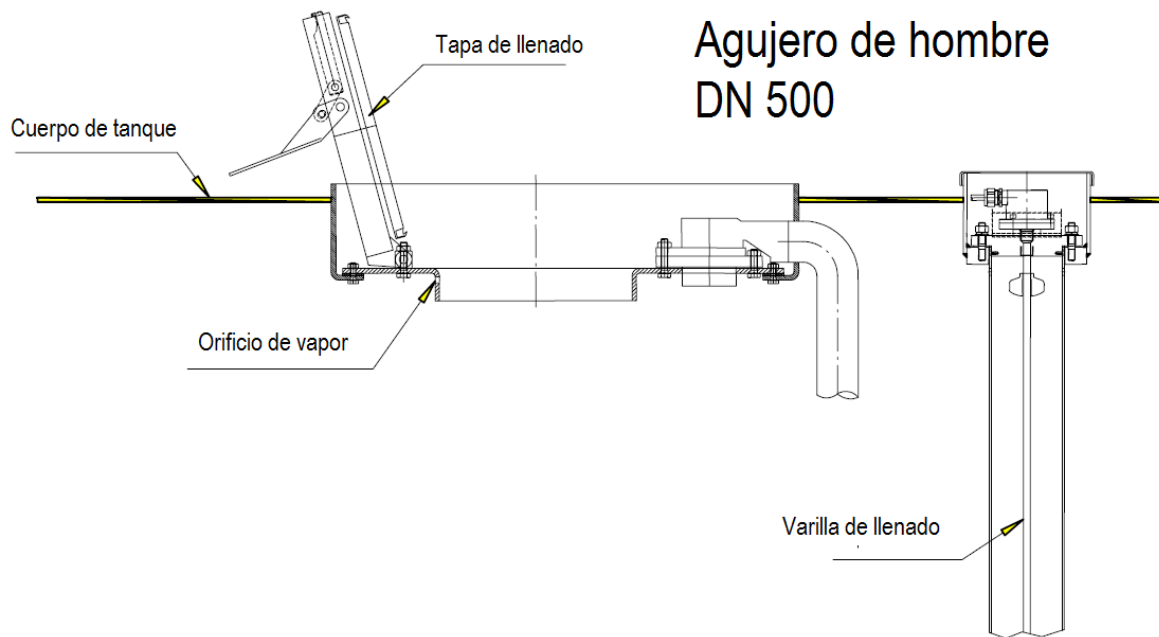


Fig. A.1 Una o dos marcas volumétricas (opuestas) o índices en el domo



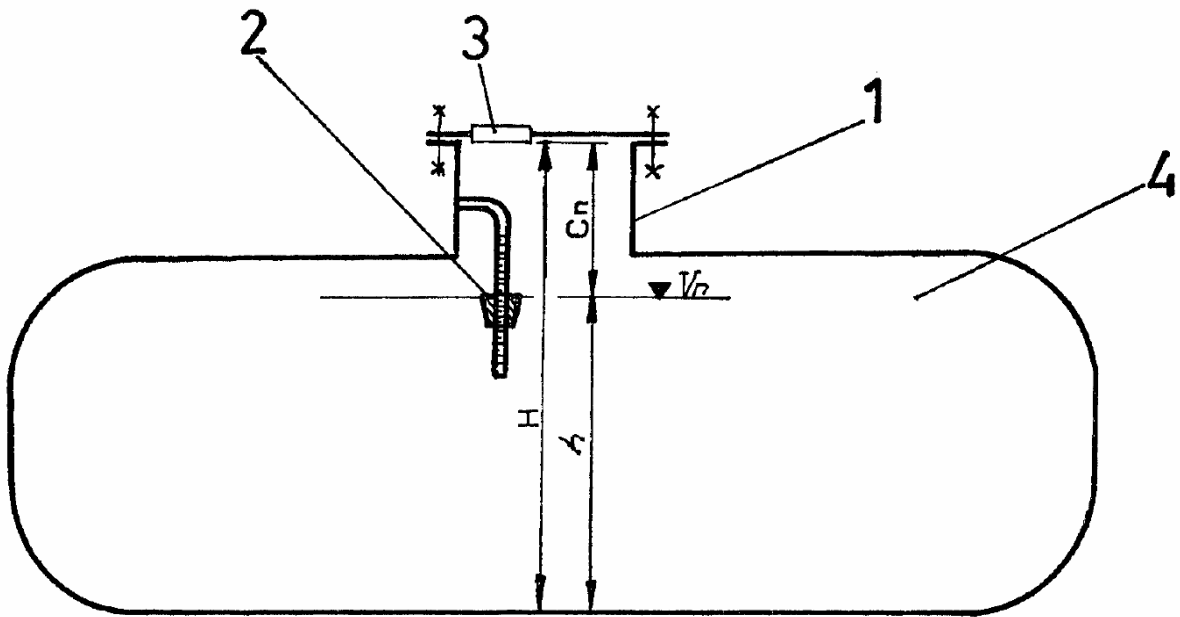
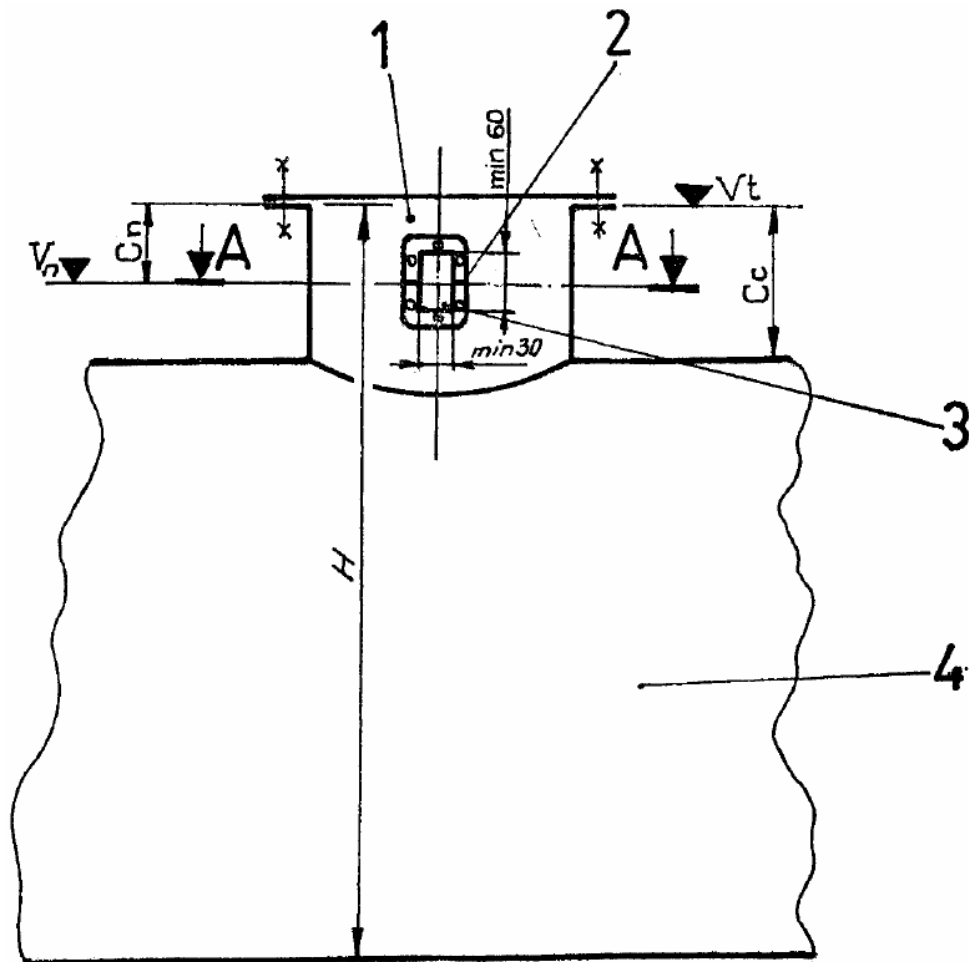


Fig. A.2 Borde superior del índice fijado en el soporte (varilla de nivel de una marca)



Sección A-A

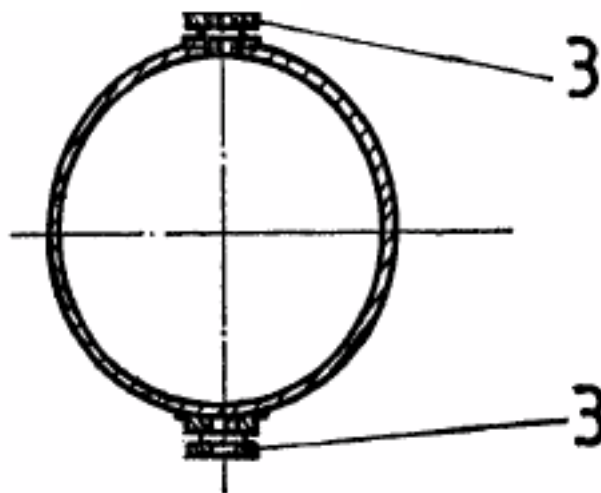


Fig. A.3 Marca única o ventanilla graduada en el domo

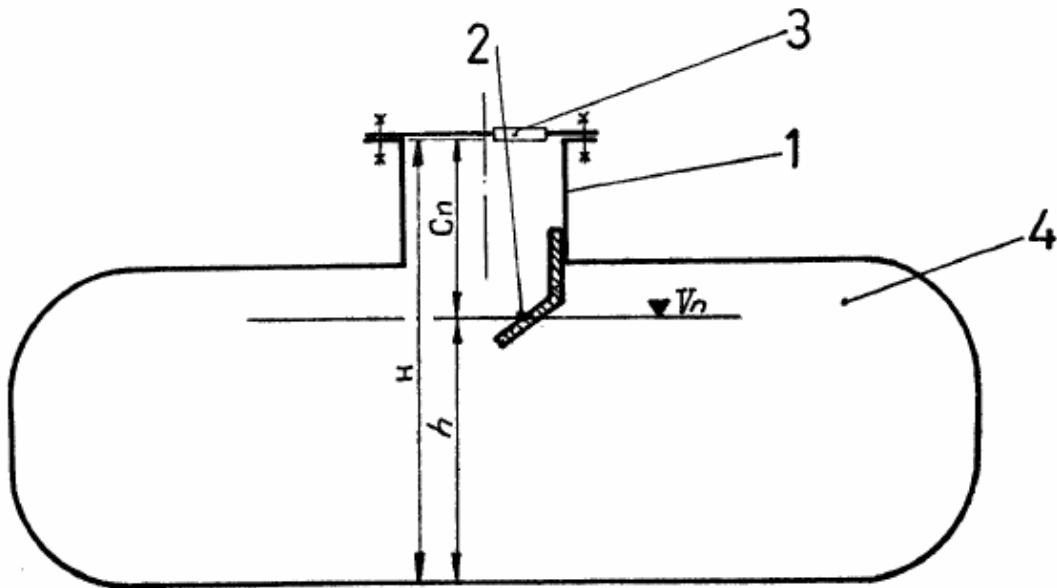


Fig. A.4 Marca volumétrica única en el tanque (en la consola fijada al domo)

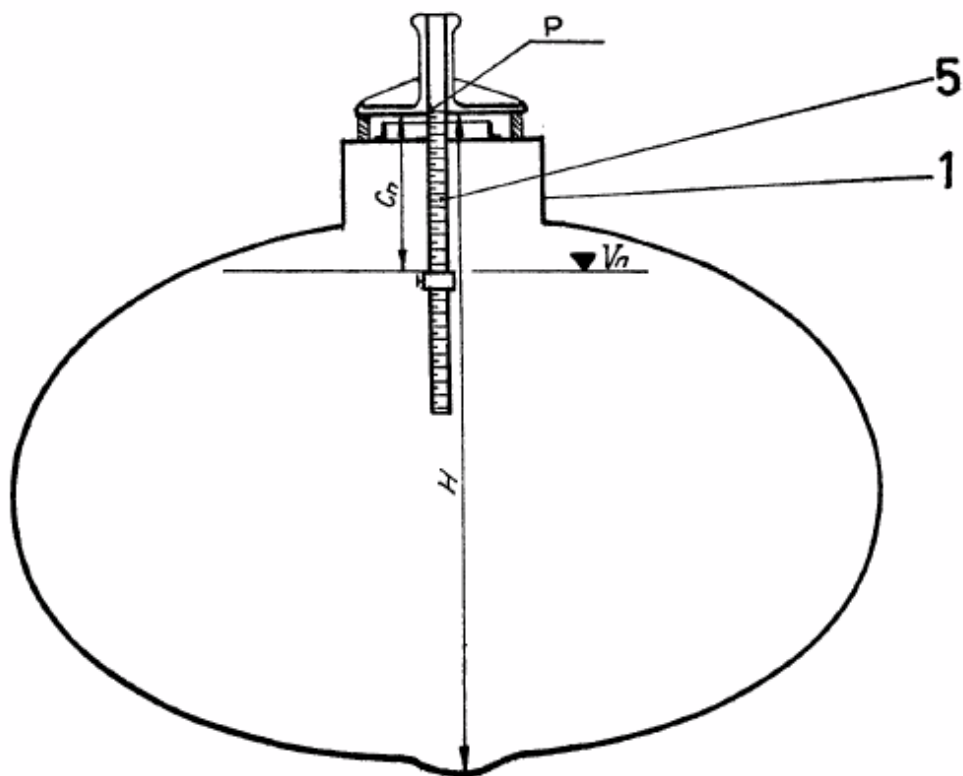


Fig. A.5 Varilla de nivel mecánica con índice deslizante

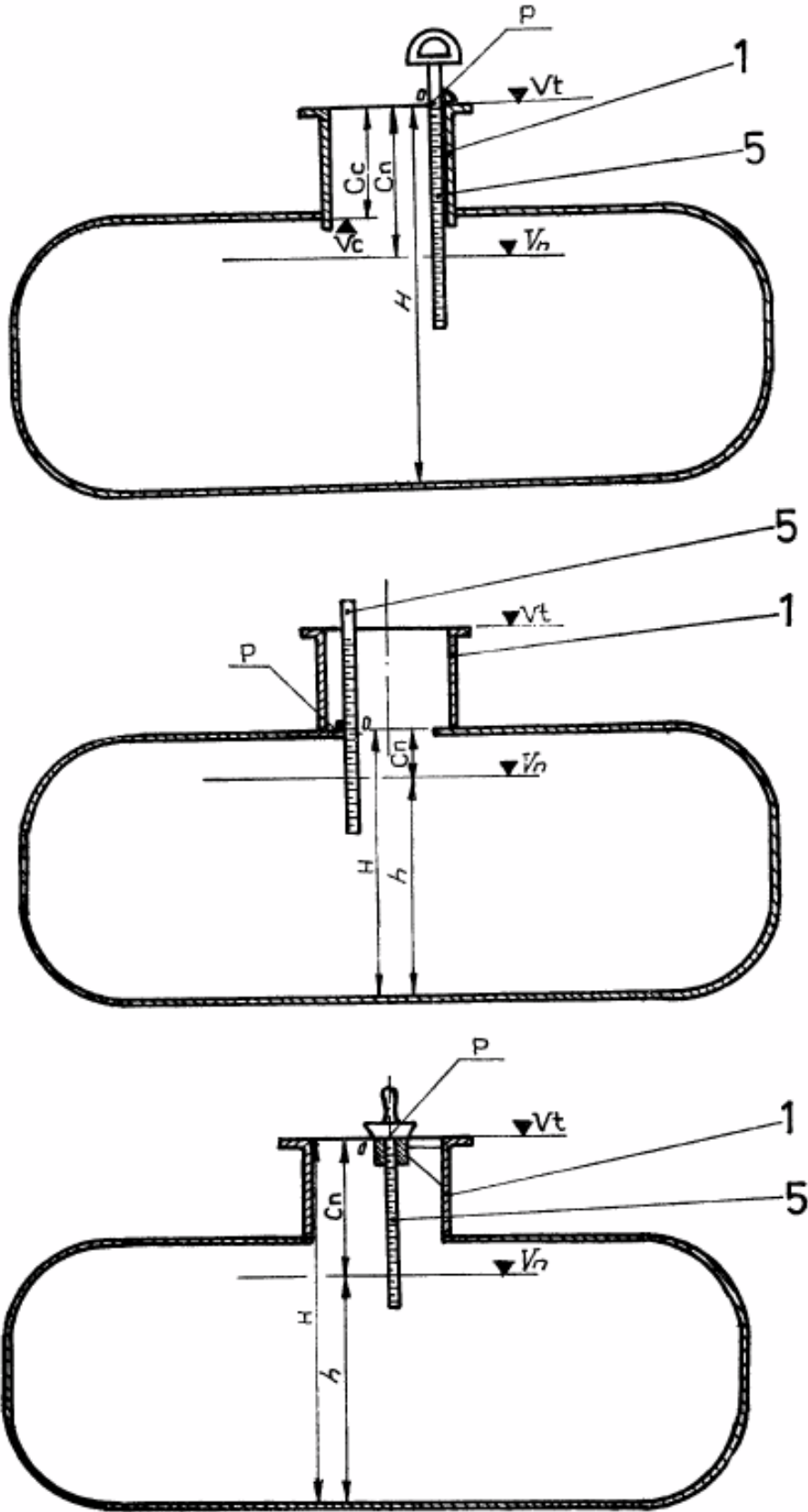


Fig. A.6 Ejemplos de varillas de nivel mecánicas y colocación de RPT (medición de altura de espacio vacío)

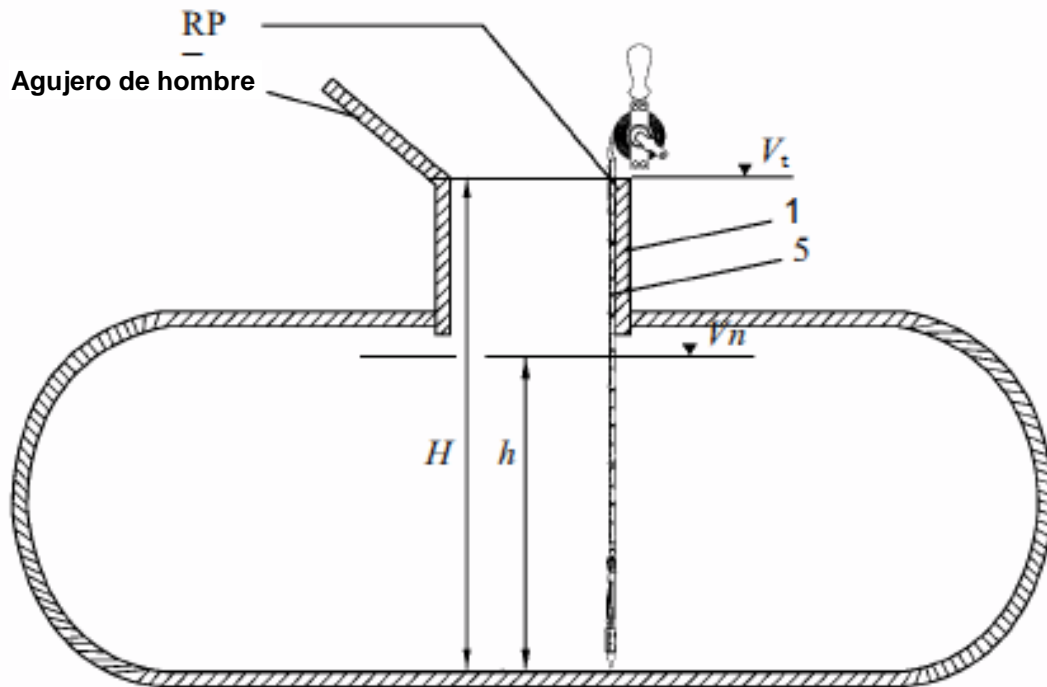


Fig.A.7 Ejemplos de varillas de nivel mecánicas y colocación de RPT (medición de altura de líquido)

### Anexo B

#### Ejemplos de conversión de volumen de temperatura observada a 15 °C (de condiciones de funcionamiento a condiciones de base) – derivados del petróleo (Informativo)

La conversión de volumen de aceites minerales se basa en las siguientes reglas:

	Grupo de productos	Tablas	Ecuación de conversión
Derivados del petróleo generalizados  Corrección de volumen a 15 °C en función de la densidad a 15 °C	B	Manual de normas de medición de petróleo Capítulo 11.1.54.4 – Factores de corrección de volumen  ASTM D 1250-80 Tomo VIII, Tabla 54B	Capítulo 11.1.54.4 – 6  ASTM D 1250-80 Tomo X

La conversión (factor de corrección de volumen) se basa en las siguientes constantes:

	Grupo de productos	Grupo de productos	Rango de densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	K <sub>0</sub> [(kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> /°C]	K <sub>1</sub> [(kg/m <sup>3</sup> )/°C]	Función
Productos derivados del petróleo	B	Gasolina	60,0 – 770,4	346,4228	0,4388	2.2
		Nafta	770,5 – 787,5	- 0,00336312	2680,3206	2.3
		Jet A-1 Kerosene	787,6 – 83,5	594,5418	0,0	2.2
		Fuel-oil	838,6 – 1200,0	186,9696	0,4862	2.2

El factor de corrección de volumen (VCF) para el grupo de productos B y D:

$$VCF_t = \frac{\rho_t}{\rho_{15}} = EXP[-\alpha_{15} \times \Delta t \times (1 + 0,8 \times \alpha_{15} \times \Delta t)]$$

donde:

$$\alpha_{15} = \frac{K_0}{\rho_{15}^2} + \frac{K_1}{\rho_{15}}$$

o

$$\alpha_{15} = K_0 + \frac{K_1}{\rho_{15}^2}$$

Anexo C

Densidad y volumen (de 1 kg) de agua destilada (Informativo)

Temperatura °C	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Volumen de 1 kg L
0	999,8428	1,00016
1	999,9017	1,00010
2	999,9429	1,00006
3	999,9672	1,00003
4	999,9749	1,00003
5	999,9668	1,00003
6	999,9431	1,00006
7	999,9045	1,00010
8	999,8513	1,00015
9	999,7839	1,00022
10	999,7027	1,00030
11	999,6081	1,00039
12	999,5005	1,00050
13	999,3801	1,00062
14	999,2474	1,00075
15	999,1026	1,00090
16	998,9459	1,00106
17	998,7778	1,00122
18	998,5984	1,00140
19	998,4079	1,00159
20	998,2067	1,00180
21	997,9950	1,00201
22	997,7730	1,00223
23	997,5408	1,00247
24	997,2988	1,00271
25	997,0470	1,00296
26	996,7857	1,00322
27	996,5151	1,00350
28	996,2353	1,00378
29	995,9465	1,00407
30	995,6488	1,00437
31	995,3424	1,00468
32	995,0275	1,00500
33	994,7041	1,00532
34	994,3724	1,00566
35	994,0326	1,00600
36	993,6847	1,00636
37	993,3290	1,00672
38	992,9654	1,00708
39	992,5941	1,00746
40	992,2152	1,00785

*Tanaka, M.; Girard, G.; Davis, R.; Peuto, A.; Bignel, N.:* Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports (Tabla recomendada para la densidad del agua entre 0 °C y 40 °C basada en informes experimentales recientes). *Metrología*, 2001, **38**, 301-309.