



**INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS**

PRÁCTICA RECOMENDADA

PR IAPG-SC-30-2022-00

Waterdraw y Gravimetría

> Notas Especiales

Por tratarse de una Práctica Recomendada (PR) las acciones, modalidades operativas y técnicas en ellas incluidas, carecen de contenido normativo, legal o interpretativo, y no resultan obligatorias ni exigibles por terceros bajo ninguna condición.

No podrán ser invocadas para definir responsabilidades, deberes, ni conductas obligatorias para ninguno de los sujetos que las utilice, ya que sólo integran un conjunto de consejos para el mejoramiento de las operaciones comprendidas.

La adopción de una PR no libera a quien la utilice del cumplimiento de las disposiciones legales nacionales, provinciales y municipales, como así tampoco de respetar los derechos de patentes y /o propiedad industrial o intelectual que correspondieren.

El IAPG no asume, con la emisión de esta PR, la responsabilidad propia de las compañías, sus Contratistas y Subcontratistas, de capacitar, equipar o entrenar apropiadamente a sus empleados. Asimismo, el IAPG no releva ni asume responsabilidad alguna en lo que respecta al cumplimiento de las Normas en materia de salud, seguridad y protección ambiental.

Toda cita legal o interpretación normativa contenida en el texto de esta PR no tiene otro valor que el de un indicador para la conducta propia e interna de quienes voluntariamente la adopten o utilicen, bajo su exclusiva responsabilidad.

El IAPG quiere llamar la atención de quienes adopten la presente Practica Recomendada para que se adecue su utilización a la normativa ambiental que corresponda a su localización. En tal sentido, desea recordar que, tanto en el orden Nacional como en las Provincias Argentinas, existen estructuras normativas para la protección del ambiente.

La presente PR fue aprobada en la reunión de Comisión Directiva, celebrada en Sede Central, el 7 de diciembre de 2022.

1 ALCANCE

Este estándar proporciona prácticas para la correcta determinación del volumen base de un probador de medidores volumétricos mediante el método de Calibración por Waterdraw.

Esta práctica está destinada a ser utilizada tanto por empresas de servicios, dueños de instalaciones, personal de supervisión o cualquier persona interesada en adquirir los conocimientos necesarios relacionados con este ensayo.

Existen dos métodos para la realización de este ensayo, que serán tratados de manera independiente cada uno de ellos, aunque existan aspectos comunes a ambos.

No serán tratados de manera detallada los cálculos, pero se indicará cuál es la normativa para que pueda ser consultada por la persona que lo desee.

Se pretende indicar, las actividades necesarias para preparar el probador mencionado, realizar las carreras de calibración y registrar todos los datos necesarios para calcular el volumen base de los probadores ya sean tanques probadores o de desplazamiento mecánico.

También se evalúan los resultados y la resolución de problemas surgidos durante la ejecución

2 REFERENCIAS

Esta práctica recomendada incluye por referencia, total o parcialmente, los siguientes estándares. Los usuarios deben investigar el uso de la parte adecuada de las ediciones más recientes de los estándares que se enumeran a continuación:

API MPMS (Manual of Petroleum Measurement Standards)

- MPMS 4.1 - Proving Systems Section 1 – Introduction
- MPMS 4.2 - Chapter 4 - Proving Systems Section 2 - Displacement Provers
- MPMS 4.8 - Chapter 4.8 - Operation of Proving Systems
- MPMS 4.9.1 - Introduction to the Determination of the Volume of Displacement and Tank Provers
- MPMS 4.9.2 - Determination of the Volume of Displacement and Tank Provers by the Waterdraw Method of Calibration
- MPMS 4.9.4 - Determination of the Volume of Displacement and Tank Provers by the Gravimetric Method of Calibration
- MPMS 12.2.4 - Calculation of Base Prover Volumes by the Waterdraw Method

3 VOCABULARIO

Volumen base del probador (BPV): volumen del probador en condiciones base, como se muestra en el paquete de certificado de calibración y se obtiene promediando aritméticamente un número aceptable de determinaciones consecutivas del Volumen Calibrado del Probador (CPV).

Volumen calibrado del probador (CPV): volumen en condiciones base entre los switch (interruptores detectores) de un probador unidireccional, o el volumen de un tanque probador entre los niveles especificados de “vacío” y “lleno”, según lo determinado por una sola carrera de calibración. El volumen calibrado de un probador bidireccional es la suma de los dos volúmenes desplazados entre detectores durante una carrera completa (viaje de ida y vuelta) de calibración.

Paquete de certificado de calibración: paquete de documentos que indica el Volumen Base de prueba (BPV) junto con los datos físicos utilizados para calcular el BPV. También incluye los datos de campo presenciados, cálculos resumidos y la documentación de trazabilidad (certificados de calibración de las medidas patrón utilizadas, termómetros, etc.).

Válvula de doble bloqueo y purga: Una válvula de alta integridad con sellos dobles que tiene la posibilidad de determinar si alguno de los sellos tiene fugas.

Pasada de calibración del probador: Un solo movimiento del desplazador entre dos detectores predeterminados.

Carrera de calibración del probador: Una pasada de un probador unidireccional o un viaje de ida y vuelta de un probador bidireccional, o un vaciado o llenado de un tanque probador volumétrico, que proporciona los datos que permiten el cálculo de un valor único del Probador Calibrado. Volumen de prueba (CPV).

Carrera Completa (viaje de ida y vuelta): La combinación de una pasada que va desde el primer detector alcanzado hasta el segundo, seguida de una pasada en sentido contrario en un probador bidireccional. Los términos “De izquierda a derecha” y “De derecha a izquierda” también se utilizan para nombrar las direcciones de paso. Por convención, estas direcciones se determinan mirando hacia la válvula de 4 v

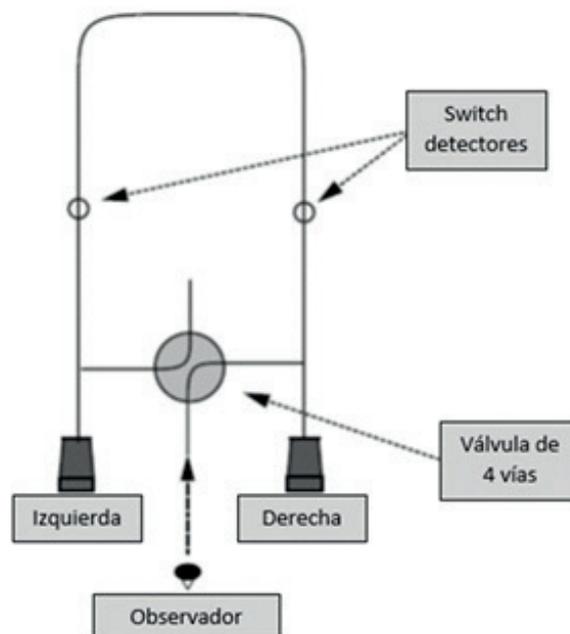


Figura 1. Esquema para fijar convención de cabecera izquierda y derecha.

Trazabilidad: La propiedad del resultado de una medición, o el valor de un estándar, mediante la cual puede relacionarse con referencias establecidas, generalmente estándares de referencia nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, todas controladas y con incertidumbres establecidas. Cabe señalar que la trazabilidad solo existe cuando se recopilan pruebas científicamente rigurosas, de forma continua, que demuestran que la medición está produciendo resultados documentados, para lo cual se cuantifica la incertidumbre total de la medición.

Masa agregada: Cada peso certificado tiene un valor nominal de masa junto con un valor certificado de “masa izquierda”. El valor nominal de masa y la denominada como “masa izquierda” del peso se deben sumar para determinar la masa agregada al peso.

Masa izquierda: El valor real de masa que difiere de un peso cuyo valor nominal de masa de ese peso. Ejemplo un peso de 50 kg (valor nominal) puede tener una masa izquierda de 0,001 kg. La masa agregada al peso sería 50,001 kg.

Agua de calibración: El agua real utilizada en el proceso de calibración. El agua utilizada no puede ser “agua no tratada”.

Envase: Un tanque de recolección para pesar, que cabe en una báscula (balanza, celda de carga, dispositivo de pesaje, etc.) y contiene todo o parte del fluido del probador durante la calibración.

Trazabilidad directa: Documentación que demuestre que el estándar en cuestión (peso, manómetro, termómetro) fue probado por un Instituto Nacional de Metrología.

Masa esperada: La masa estimada a pesar del volumen dispensado por el probador. EJEMPLO Para un probador con un volumen nominal de 20 gal (75,71 litros), la masa de agua esperada (estimada) sería pesar 75,659 kg.

Trazabilidad indirecta: Documentación que demuestre que el estándar en cuestión (peso, manómetro, termómetro) fue probado por un laboratorio con trazabilidad directa a un Instituto Nacional de Metrología y de conformidad con la calidad de ese instituto.

Agua no tratada: Agua que no cumple con las definiciones de agua potable o de referencia. El agua no tratada no se utiliza para calibraciones gravimétricas.

Agua potable: Agua de un sistema municipal público aprobado que cumpla con los niveles de contaminantes secundarios de la EPA para un máximo de sólidos totales disueltos de 500 mg/L (1000 μ S).

Agua de referencia: Agua de una fuente de ósmosis inversa, destilada, desionizada o con una conductividad máxima de 50 microsiemens (μ S).

Tara: Término que significa realizar la acción para poner a cero la báscula. Una báscula electrónica puede indicar una lectura de masa sin aplicar masa. Luego, la báscula se tararía (se pondría a cero) antes de pesar. Normalmente, una tara puede ser realizada con una cantidad significativa de masa en la báscula. La razón para tarar con una masa aplicada sería obtener un cambio neto de masa.

Masa objetivo (peso): La masa agregada predeterminada de pesa (s) de prueba necesaria para la verificación de la báscula. La masa objetivo debe estar dentro de $\pm 20\%$ de la masa total.

Masa total: La masa combinada del agua a pesar y la masa del recipiente. La masa de agua a pesar puede ser un volumen de prueba parcial o total.

4

VERIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO

4.1. Indicadores de temperatura y presión

Se requiere una medición de temperatura en el lugar donde el líquido que se desplaza sale del probador. Las mediciones de temperatura generalmente se realizan utilizando termómetros de columna de mercurio en vidrio certificados o calibrados o dispositivos electrónicos de temperatura calibrados.

En caso de una gran diferencia de temperatura entre el aire ambiente y el líquido de calibración, es posible que se requiera una corrección del vástago del termómetro de acuerdo con API MPMS Capítulo 7. Sin embargo, la necesidad de correcciones del vástago es poco probable en el caso de calibraciones de probadores que son normalmente realizadas cerca de condiciones ambientales. La escala del termómetro debe estar en incrementos no mayores de 0,1°C (0,2 °F), y su precisión debe estar dentro de $\pm 0,05$ °C ($\pm 0,1$ °F).

Debe haber en el lugar un termómetro certificado o calibrado con un certificado de precisión de calibración. El certificado de calibración debe ser trazable al INTI, Laboratorio perteneciente al Servicio Argentino de Calibración (SAC), NIST u otro instituto nacional de metrología reconocido. El termómetro certificado se utilizará para verificar la precisión de todos los demás termómetros (termómetros de trabajo) utilizados en los procedimientos de calibración. El termómetro certificado o calibrado y los termómetros de trabajo deben coincidir dentro de $\pm 0,05$ °C ($\pm 0,1$ °F). Alternativamente, termómetros de trabajo que hayan sido certificados para hacer la verificación en tres puntos (por ejemplo, puntos de rango alto, medio y bajo).

Se podrán utilizar dispositivos electrónicos de medición de temperatura en la calibración si existe acuerdo entre todas las partes representadas.

Si se utilizan dispositivos electrónicos de medición de temperatura, se deberán cumplir los requisitos establecidos en API MPMS Capítulo 7. Como parte del requisito es que el dispositivo se verifique antes de cada calibración, esta verificación se realizará con un termómetro calibrado o certificado, con una precisión de $\pm 0,05$ °C ($\pm 0,1$ °F).

Para ensayos Waterdraw, se requiere una medición de presión aguas abajo del desplazador. Se debe proporcionar una conexión para instalar un dispositivo de medición de presión entre la salida de agua del probador y la tubería antes de que el agua ingrese en las medidas de prueba. Debido al caudal muy bajo, cuando el agua fluye solo a través de la válvula solenoide, y la mínima caída de presión, es aceptable instalar el dispositivo de medición de presión en la unidad de calibración.

La determinación del valor de presión debe realizarse cuando el agua circula sólo a través de la válvula solenoide. Las mediciones de presión generalmente se realizan utilizando un manómetro calibrado del tipo de cuadrante legible en incrementos de 0.070307 Kg/cm², es decir una libra por pulgada cuadrada manométrica (1 psig), y debe tener un certificado de precisión de calibración en el lugar. Este certificado de calibración deberá cumplir los mismos requerimientos que los de temperatura y se considerará válido si fue realizado dentro del año y un día de la fecha de calibración. En la calibración se podrán utilizar dispositivos electrónicos de presión o manómetros digitales si existe acuerdo entre todas las partes representadas. Su legibilidad y precisión verificable deberán tener exactamente los mismos requisitos que los especificados para los manómetros de tipo cuadrante, incluido un certificado válido in situ de precisión de calibración. Todas las lecturas de presión electrónica se redondearán a la libra por pulgada cuadrada manométrica (1 psig) más cercana para su registro.

4.2. Mangueras, bombas y conexiones

Todas las mangueras y conexiones utilizadas deben funcionar sin fugas y ser adecuados para el líquido utilizado en la calibración y para las presiones máximas que se esperan durante la calibración. Las mangueras utilizadas para las calibraciones deben ser malladas en acero inoxidable para evitar el colapso y minimizar el inflado debido a la presión. Sin embargo, para calibraciones con agua, se pueden usar mangueras blandas (si son aprobadas por las partes) en el lado de ingreso, ya que el inflado de la manguera de entrada no tiene ningún impacto en la calibración. La longitud total de las mangueras en uso se debe mantener lo más corta posible para minimizar el volumen de líquido contenido en estas mangueras.

El sistema de bombeo que se utiliza para hacer circular el agua por todo el sistema durante las calibraciones debe estar en buenas condiciones de funcionamiento y sin fugas. Una bomba centrífuga accionada por motor eléctrico funciona mejor, ya que el caudal se puede variar o detener fácilmente con la presión de salida relativamente baja.

Las capacidades de bombeo de 5 a 20 m³/h son típicas, sin embargo, se deben considerar bombas de mayor capacidad cuando se deben calibrar probadores más grandes. Normalmente es suficiente una presión de estática de la bomba de 2 a 5 barg.

La variación de caudal normada se puede lograr restringiendo la válvula de carga de la medida de capacidad, de esta manera la exigencia sobre el sistema es mayor y es más propenso a generar alguna falla o pérdida. Por lo que, si aun así tiene repetibilidad dentro de lo permitido, significa que el volumen es el correcto.

Si la variación de caudal se realiza con variadores de frecuencia/velocidad, el sistema tendría siempre la misma presión, y podría ocultarse alguna falla, sin que se note en el volumen obtenido, por tal motivo, no se recomienda utilizar variadores de velocidad en las bombas.

Se deben evitar las bombas con presiones más altas, ya que las mismas pueden provocar expansión, fugas o explosión de las mangueras o, como es más común, hacer que los conectores de las mangueras presenten fugas.

Las bombas de gran tamaño o de alta presión, cuando están restringidas, pueden producir patrones de rociado excesivos en una medida de prueba. Esto puede resultar en salpicaduras externas sobre los lados del cuello de la medida de prueba, con los correspondientes errores en la medición del volumen.

Las mangueras que se expanden o colapsan durante la calibración pueden provocar una mala repetibilidad de los resultados de extracción de agua. Mangueras que yacen sobre grava, arena o suciedad a veces ocultan fugas. En estas condiciones, a menudo es necesario examinar cada junta de conexión muy de cerca para descubrir si se está produciendo alguna fuga.

El aire en el probador a veces se puede explicar examinando el lado de succión de la bomba de circulación y sus tuberías. Presiones de succión por debajo de la presión atmosférica puede introducir aire en la succión de la bomba a través de fugas en los sellos, prensaestopas o conexiones.

4.3. Reservorio de agua

El reservorio de agua es el recipiente del que la bomba extrae el agua. Las medidas de prueba pueden drenar al mismo. La capacidad del reservorio debe ser al menos 1,5 veces la sumatoria de las capacidades de las medidas de prueba para evitar que se bombee aire al probador.

4.4. Aire

Se debe ventilar el aire de todos los puntos altos del sistema antes de comenzar la calibración. La calibración del probador depende de un verdadero desplazamiento hidráulico, que solo es posible en un sistema sin aire. Si se encuentra aire durante una carrera de calibración esa pasada no es válida y no se debe utilizar en las determinaciones de volumen. Si se encuentra aire después de la última pasada de calibración la secuencia de calibración completa no es válida y se debe repetir.

Los puntos más altos suelen ser las cámaras de lanzamiento en probadores con desplazadores esféricos, y el colector de carga de medidas patrones dentro del laboratorio, en la parte superior de un probador tipo escorpión. En todos estos puntos se debe tener un elemento de venteo.

Se sugiere utilizar un separador con un eliminador de aire antes del ingreso de agua al probador.

4.5. Desplazadores

4.5.1. Esféricos

Estos desplazadores son esferas inflables, fabricadas con diferentes tipos de elastómeros según la aplicación y producto que van a manejar. Los materiales más usados son: Neopreno, Nitrilo y Poliuretano.

La ventaja de los desplazadores del tipo esfera es que pueden ser usados tanto en probadores rectos como en probadores tipo "U".

No hay ningún material que sea ideal para todas las aplicaciones, por tanto, se deben tener en cuenta las características y composición química de los productos y aditivos a manejar, así como su máxima temperatura y presión de trabajo para seleccionar el material del desplazador y obtener el mejor desempeño posible.

Los compuestos aromáticos y los oxigenantes (MTBE, etc) pueden atacar y causar ablandamientos, y deformaciones del desplazador. Para mejorar el desempeño con químicos especiales, se pueden utilizar materiales como Viton, Teflón o Buna n.

- Esferas de Neopreno: Son buenas para aplicaciones de crudo a baja presión y anhídrido de amoníaco. No se recomiendan para productos con presencia de aromáticos. (color negro).

- Esferas de Nitrilo: Son utilizadas para aplicaciones con derivados del petróleo (gasolinas, kerosenes, diésel, etc.) y para crudos a alta presión. (son de color negro).
- Esferas de Poliuretano: Son más resistentes a la abrasión que las mencionadas anteriormente. Se distinguen por los siguientes colores:



Figura 2. Esferas

Nota: Las esferas de poliuretano son las que mejor se adaptan a las irregularidades internas del probador en su forma de sellar y por esta razón se las prefiere para el ensayo waterdraw.

Amarillas (dureza 53 shore): Para aplicaciones de crudos dulces, gasolinas, aceites calientes, jet A1, aeronaftas, butano, propano, gas natural licuado y todos los productos refinados no catalogados como aromáticos.

Verde (dureza 58 shore): Para aplicaciones de gas natural a altas presiones.

Roja (dureza 66 shore): Para aplicaciones con tolueno, propileno y donde algunos compuestos tienden a provocar ampollas y causar deterioros a la esfera.

La esfera normalmente se infla con una mezcla de agua y glicol. En aplicaciones criogénicas o con GLP se llenan con una mezcla de 50/50% de agua y glicol para evitar el congelamiento. Se debe tener cuidado de que no quede aire atrapado dentro de la misma, ya que este es compresible con la presión, provocando deformaciones en la superficie y diámetro de la esfera.

La esfera se debe sobre-inflar y engrasar para garantizar un sello perfecto (a prueba de fuga) contra las paredes internas del tubo probador y evitar el pasaje de producto. El inflado se debe hacer según las especificaciones del fabricante y dependiendo del diámetro interno y del estado de la tubería, típicamente entre un 2% y un 7% (Ver Tabla de porcentaje de sobre inflado en MPMS API Cap. 4.9.2). Para tuberías mayores de 20" se debe sobre inflar por encima de un 3% para compensar la deformación causada por el peso propio de la esfera.

Se debe evitar el sobre inflado excesivo, para prevenir el desgaste prematuro de la esfera y del recubrimiento interno del probador con el consiguiente aumento de la caída de presión.

Se debe evitar también el sub inflado ya que provoca fallas en el sello de la esfera generando pasaje de producto y errores en la detección de los interruptores detectores y por lo tanto dando error en el volumen calibrado del probador.

Las esferas tienen la particularidad que el fabricante las realiza con una dimensión menor que el diámetro nominal requerido. De esta manera al inflarla al diámetro nominal requerido, la misma queda totalmente esférica sin deformaciones. Para este tipo de ensayo la esfera se debe inflar por encima del diámetro nominal requerido

produciendo así, deformaciones en la misma. Para evitar este inconveniente, se debe solicitar al fabricante de esferas, una esfera de mayor tamaño que el diámetro nominal requerido.

Ejemplo:

Diámetro nominal del prover: 6 pulgadas

Diámetro por solicitar al fabricante: 6"1/4

De esta manera se evita deformaciones por sobre inflado.

4.5.2 Pistón

Que cualquier desplazador del tipo pistón que se esté utilizando haya sido revisado para determinar el tamaño y el estado adecuado de los sellos.

Los desplazadores de pistón deben ser lo más livianos posible. Los materiales con que se fabrican y sus sellos, deben ser compatibles con las características de los productos y químicos, y de la temperatura y presión que se manejen. Son fabricados con Teflón, Viton, Poliuretano, Nitrilo, Buna n o Neopreno.

Pueden tener diferentes formas según el fabricante o necesidades del usuario. Pueden ser del tipo pistón con anillos selladores o del tipo copa raspadora.

El anillo de sello de los pistones tiene menos área de superficie de contacto con la tubería interior y por lo tanto menos fricción. Menos fricción implica menos diferencial de presión para mover el pistón y por lo tanto el resultado es que el pistón se puede mover a muy bajas velocidades.

Para prevenir daños, se debe evitar que las partes metálicas del desplazador hagan contacto con las paredes del probador. En todo caso, se debe garantizar el sello perfecto del desplazador contra las paredes internas del probador. Los sellos pueden ser reemplazados pudiéndose reutilizar el pistón.

Los pistones pueden ser diseñados para que tengan varias secciones (anillos) de sello cuyo espesor debe estar entre el 2 y 3% mayor que el diámetro interior de la tubería. Debido a que los sellos del pistón pueden ser fabricados en plástico en lugar de elastómeros, estos probadores utilizando estos materiales tienen un rango de temperatura de operación de -50 a +400°F. Esta cualidad hace que los probadores de pistón resulten ideales para productos con temperaturas extremas.

Los desplazadores de pistón sólo se pueden utilizar en probadores rectos.

4.6 Solenoides y circuitos lógicos

Las válvulas solenoides y los circuitos lógicos se pueden utilizar para cualquier método de calibración del probador. A continuación, se indica una breve introducción al tema.

4.6.1 Circuitos lógicos

Un circuito lógico se define como un dispositivo o dispositivos electrónicos utilizados para gobernar secuencias particulares de operaciones en cualquier sistema dado.

Pueden bloquear o inhibir la transmisión de señales de acuerdo con la aplicación, eliminación o combinación de señales de entrada. Se han convertido en una ayuda necesaria en la calibración y brindan asistencia para localizar y rastrear la posición del desplazador. Al accionar un interruptor detector, el circuito lógico se programa para notificar al operador, generalmente por medio de señales visibles o audibles, la posición del desplazador. Las válvulas solenoides montadas sobre las medidas de prueba funcionan en conjunto con los interruptores detectores de prueba a través del circuito lógico de la siguiente manera:

Un solo cable para ambos interruptores detectores de prueba. En esta configuración, cada vez que se activa un interruptor detector, el circuito lógico NO le dirá al operador específicamente qué interruptor detector se activó.

Un cable separado para cada interruptor detector de probador. En esta configuración, cada vez que se activa un interruptor detector, el circuito lógico le indicará al operador específicamente qué interruptor detector se activó.

Es posible realizar calibraciones del probador sin el uso de circuitos lógicos mediante el cableado directo entre los interruptores detectores del probador y las válvulas solenoides. El operador necesitará una observación cuidadosa de la activación de los interruptores detectores y las válvulas solenoides para rastrear y seguir continuamente la ubicación del desplazador, ya que los dispositivos de señalización externa no estarán disponibles en esta situación. Sin embargo, la práctica general de la industria es hacer uso de circuitos lógicos cuando están disponibles.

4.6.2 Solenoides

Las válvulas solenoide, que se utilizan en las calibraciones por extracción de agua, son una combinación de un émbolo electromagnético y un orificio en el que se puede colocar un disco o tapón para restringir o cerrar completamente el flujo. El cierre del orificio ocurre cuando el electroimán acciona un émbolo magnético. Los tamaños de orificio típicos varían de 3/32 a 1/4 de pulgada. Las válvulas solenoides pueden ser de acción de dos o tres vías.

Las válvulas solenoide se activan mediante los cierres de los interruptores detectores del probador y generalmente están dispuestas para detener el flujo de agua para drenar y desviarlo hacia la medida de prueba o viceversa. El uso de una válvula solenoide reduce la incertidumbre en el cierre de la válvula para detener el llenado de la medida de prueba cuando el desplazador hace contacto con el segundo interruptor del detector. Otros usos de estas válvulas solenoide durante la calibración del probador, permiten tener registro de la secuencia de parada / inicio en las mismas condiciones exactas y repetibles cada vez. Las válvulas solenoides controlan el acercamiento final del desplazador para que llegue a la misma posición exacta cada vez que acciona el interruptor del detector.

La actuación errática de una válvula solenoide dará como resultado una repetibilidad deficiente o volúmenes inexactos. Una válvula solenoide lenta o atascada puede también producir resultados inexactos. El rebote del contacto o el mal funcionamiento mecánico son a menudo la causa del funcionamiento errático del solenoide. La presión de diseño de una válvula solenoide debe ser igual o superior a la presión de funcionamiento del sistema. Se deben seguir las instrucciones del fabricante, y asegurarse de que se utilice el circuito lógico correcto para el tipo de probador que se está calibrando; de lo contrario, los resultados pueden ser impredecibles.

4.7 Medidas Patrón

Las medidas de prueba estándar de campo (Medidas Patrón) que se utilizan en las calibraciones del probador son el equipo básico necesario para la determinación del volumen del probador. Son medidas de volumen precisas, generalmente construidas en acero inoxidable, que se usan como patrones volumétricos “primarios” en la calibración de probadores. Una medida de prueba estándar de campo es un recipiente fabricado para cumplir con criterios de diseño específicos (Res. 197/81 Ministerio de Comercio e Intereses Marítimos o la reglamentación que la reemplace, o bien normas internacionales) y es calibrada periódicamente por el INTI o laboratorio SAC.

Las medidas típicamente varían en volumen desde 5 a 1500 litros. La información específica sobre las medidas de prueba, sus métodos de calibración, la frecuencia de calibración y su uso, se puede encontrar en API MPMS Capítulo 4.7 “Medidas de prueba estándar de campo”.

Las medidas patrón pueden tener un volumen “para contener” y/o “para entregar”. Cuando se usa el volumen “para entregar”, las medidas de prueba se llenan y se drenan, y luego se dejan en estado húmedo antes de su uso. En una calibración sólo se utilizará el volumen “para entregar” de una medida de prueba. Los volúmenes de las medidas de prueba “para contener” no se utilizan en las calibraciones de los probadores, porque entonces las medidas de prueba deben estar completamente limpias y secas antes de cada llenado, por lo general un requisito de operaciones de campo poco práctico. Para este tipo de ensayo las medidas deben estar calibradas por un Ente verificador “para entregar”, y esta información debe estar expresada en el certificado emitido por el mencionado Ente Verificador, más allá de lo que indique la placa de identificación de la medida.

A menudo se instalan dos niveles de burbuja ajustables y montados de forma permanente en ángulos rectos entre sí, en el cuerpo del cono superior de la medida de prueba. Estos niveles de burbuja suelen estar equipados con tornillos de ajuste, que se pueden precintar, que tienen cubiertas protectoras. Como parte de la preparación de una medida de prueba estándar de campo para la calibración, se recomienda llenarla con agua y ajustarla hasta el nivel (generalmente usando las patas regulables). Esta posición de nivel se verifica colocando un nivel de burbuja de precisión en la parte superior del cuello y verificando que la medida de prueba esté nivelada en dos direcciones, con una separación de 90 grados.

Después de la verificación, puede ser necesario ajustar más finamente la posición de la medida de prueba para el nivel mediante cambios adicionales en el sistema de nivelación. Los niveles de burbuja montados de forma permanente deben ser ajustados para que coincidan exactamente con el nivel de burbuja de precisión como se describió anteriormente. Una vez establecidos, los niveles de burbuja montados permanentemente se deben sellar en su lugar y cubrirse para su protección.

Este procedimiento de ajuste y verificación del nivel de la medida de prueba se recomienda para todas las medidas de prueba antes que se entreguen al Ente Calibrador (INTI), para su calibración. Esto es para asegurar que los niveles en la medida estándar de campo estén de acuerdo con el nivel de burbuja de precisión cuando se colocan

en el cuello del estándar. En medidas de prueba de tamaño más pequeño, a veces se utilizan niveles de burbuja de tipo circular.

En todos los casos, el Informe de calibración del INTI de una medida patrón proporcionará los criterios para determinar el estado de nivel de cualquier medida de prueba dada cuando se llena con agua. En caso de cualquier desacuerdo entre el uso de los niveles montados permanentemente y el uso de un nivel de burbuja de precisión en la parte superior del cuello, se aplicará la posición del nivel definida en el informe de calibración del INTI para esa medida patrón.

4.8 Equipo Móvil

Por lo general, el equipo de calibración del probador se monta en un camión o remolque. Es importante que el equipo de calibración esté construido de manera rígida y montado de manera segura en el camión o remolque para evitar deformaciones o daños durante el transporte, uso o almacenamiento.

4.9 Equipo gravimétrico

Un sistema de pesaje que consta de básculas, pesas de prueba y contenedores para contener el agua de calibración. A continuación, se detalla el equipamiento a ser utilizado.

4.9.1 Báscula de peso

Se empleará una balanza para determinar la masa de agua desplazada entre los sensores del detector de volumen del probador que se somete a calibración. La balanza debe proporcionar una precisión mínima (repetibilidad) de $\pm 0,0025\%$, o ± 1 parte en 40.000, y debe tener compensación de temperatura interna para un rango de temperatura ambiente de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ (14°F a 104°F). La precisión indicada anteriormente proporciona una relación de cuatro a uno de mayor precisión, a la del probador que se somete a la calibración, de $\pm 0,01\%$, o ± 1 parte en 10.000.

Para poder cumplir con la repetibilidad condicionada en el MPMS API 4.9.4, se deberá verificar el peso mínimo y máximo que la balanza puede admitir. Esto es posible utilizando la fórmula del ejemplo siguiente:

$$P_{\text{mín}} = r \times 40000$$

donde:

Pmín: peso mínimo (desde que peso en gramos es posible utilizar la balanza)

r: repetibilidad informada por el fabricante en gramos

40000: es la constante informada en el MPMS API 4.9.4

La balanza deberá estar certificada (calibrada) originalmente y suministrada con trazabilidad a un Instituto Nacional de Metrología (INTI/Ente verificador). Una verificación de desempeño documentada (según las recomendaciones del fabricante) y una recertificación de la/s báscula/s se deben realizar cada un (1) año. Las recertificaciones deben ser realizadas por una empresa de servicios de básculas con acreditación nacional.

Los certificados de los elementos involucrados (balanzas, pesas, termómetros, etc.) deberán ser expedidos por un organismo perteneciente al OAA (Organismo Argentino de Acreditación) o al SAC (Servicio Argentino de Calibración). Según el Decreto 788/03 y Resolución 73/03:

Las balanzas deberán acreditar mediante Certificado modelo aprobado y

última verificación periódica (en caso de que se supere 1 año de la verificación primitiva)

Las pesas deberán acreditar mediante Certificado:

modelo aprobado y

última verificación periódica (en caso de que se supere 1 año de la verificación primitiva)

Sólo podrán utilizarse equipos que NO posean aprobación de modelo y/o verificación primitiva, siempre que respalden dicho faltante mediante nota del Sector de Metrología Legal de la Dirección de Lealtad Comercial, indicando las razones que justifican dicha situación.

4.9.2 Pesas de prueba

Se deben emplear pesas de laboratorio de prueba y estándares de masa de precisión, de conformidad con ASTM E617 o la Recomendación R 111-1 de OIML International, para verificar / calibrar las básculas de pesaje utilizadas para la calibración gravimétrica de probadores.

Las pesas de prueba se certificarán inicialmente y se volverán a certificar cada tres años con trazabilidad directa o

indirecta a un instituto nacional de metrología. La parte de calibración deberá emitir un certificado de calibración y el usuario lo mantendrá. La siguiente información mínima se incluirá en el informe de calibración:

- nombre y dirección de la entidad calibradora;
- identificación y número de serie de la pesa calibrada;
- valor de masa nominal;
- cómo se encontró y como masa izquierda del peso;
- una declaración de la incertidumbre estimada del peso;
- número de reporte;
- número de certificado del instituto nacional de metrología;
- condiciones y procedimientos ambientales utilizados;
- INTI u otro tipo de logotipo de acreditación nacional;
- información sobre los estándares trazables utilizados; y
- nombre y dirección del propietario / cliente / contratista.

Las pesas de prueba deberán ser ASTM E617 Clase 0, Clase 1, Clase 2, Clase 3, Clase 4 o equivalente y no excederán un peso métrico de 500 kg [p. Ej. Las tolerancias “nominales” de ASTM Clase 4 son una parte en 50.000 (0,002%)]. Se pueden usar pesos múltiples en lugar de pesos únicos. El valor más o menos masa “como queda” para cada peso se acumulará para establecer una masa agregada para cada procedimiento de verificación / calibración. Los materiales de construcción de las pesas de prueba deben ser resistentes a la corrosión y prácticamente no magnéticos. Se debe realizar una inspección de los pesos para corroborar la integridad de la masa de cada peso (sin pérdida ni ganancia de masa). Cualquier evento que resulte en un posible cambio en la masa de una pesa será motivo de recertificación antes del requisito de tres años.

4.9.3 Contenedor

El contenedor es cualquier recipiente que cumpla los siguientes requisitos:

Debe centrar la masa de agua contenida en la plataforma de la báscula.

El material de construcción y el estado del recipiente no deben afectar la conductividad o densidad del agua.

La masa del recipiente más la masa esperada de fluido no debe exceder la capacidad de la báscula.

Minimizar la evaporación del agua en ambientes de baja humedad y / o temperaturas atmosféricas más altas.

4.9.4 Verificación/Calibración de la báscula

Las básculas de pesaje utilizadas en el método gravimétrico se deben verificar o calibrar antes de cada procedimiento de calibración del probador, o serie del mismo, realizado en un período de 24 horas. Por lo general, se realiza una calibración en uno o dos puntos sobre el rango de la báscula, mientras que las verificaciones se deben realizar en cada masa objetivo. Para cada procedimiento de verificación y / o calibración de la báscula, la/s báscula/s deben cumplir con las siguientes condiciones.

Debe estar encendido (encendido) durante una cantidad de tiempo suficiente para permitir que la electrónica se estabilice (consultar las recomendaciones del fabricante).

Debe estar protegida de corrientes de aire, lluvia, nieve, etc., que podrían afectar la medición del peso durante el procedimiento.

Debe estar equipada con una función de tara, para tarar el peso del contenedor, antes de cada pasada de calibración o llenado del contenedor.

Montada sobre una superficie nivelada, estable y sin vibraciones. Si la báscula no está equipada con un indicador de nivel, se debe usar un nivel apropiado para verificar que el plato de la báscula esté en posición horizontal.

Debe estar nivelada cuando está vacía y al leer el peso total de la masa.

Debe ser verificada (calibrada) con pesas de prueba, como se describe en 5.2.6.3.

Se debe verificar con una masa de pesas de prueba dentro de $\pm 20\%$ de la masa total. La masa total es la masa esperada del volumen (parcial o total) dispensado del probador más la masa del recipiente vacío.

La indicación de masa (lectura) de la balanza durante la verificación, calibración o pesaje debe estar dentro de la legibilidad de la balanza y el 0,005% de la masa total.

No se debe confiar en la linealidad para proporcionar la precisión indicada para múltiples puntos de pesaje en varios puntos dentro de la capacidad de la báscula. La báscula se debe verificar en cada punto de pesaje (masa total para cada volumen de prueba).

Es necesario volver a verificar (o calibrar) la (s) báscula (s) debido a:

- Reubicación de la báscula.

- Pesar la balanza fuera de nivel durante el procedimiento.

- Cambio de volumen (masa total) a pesar en $\pm 20\%$.

- Sobrepaso de la escala de peso.

- Pérdida de potencia para pesar la balanza.

NOTA: Consultar las instrucciones detalladas del fabricante de la báscula y recomendaciones para calibraciones.

4.9.5 Vaciado del contenedor

Un recipiente se puede drenar de cualquier manera que no afecte el nivel o la posición de la báscula. Se permite bombear el agua del recipiente, pero la bomba o la manguera de descarga deben retirarse antes de tarar o rellenar. El recipiente puede retener agua residual después de drenar, siempre que la báscula esté tarada antes de la siguiente secuencia de llenado.

Tener en cuenta que la cantidad de agua residual debe ser mínima y no debe ser suficiente para hacer la siguiente masa total fuera de la masa objetivo.

4.9.6 Tara/puesta a cero de la balanza

Una báscula puede indicar una lectura de masa sin masa aplicada. Luego, la balanza se tararía (se pondría a cero) antes de pesar el agua. También se puede realizar una tara con una cantidad significativa de masa en la báscula. La razón para tarar con una masa aplicada sería obtener un cambio neto de masa.

La balanza se debe tarar/poner a cero antes de:

- Verificación.

- Calibración.

- Colocar el recipiente en la báscula.

- Cada secuencia de pesaje durante la calibración.

4.9.7 Calidad del agua

4.9.7.1 General

Si bien no es necesario, en caso de que se pueda, para calibraciones gravimétricas, se debería utilizar agua destilada o desionizada. La densidad del agua es muy importante en las calibraciones gravimétricas. No se debe utilizar agua sucia, agua muy aireada, agua contaminada con hidrocarburos, agua salada o cualquier agua de calidad inferior. La densidad del agua destilada o desionizada se puede encontrar en numerosas tablas.

Para los propósitos de esta práctica, la densidad del agua que se ha definido como “agua de referencia” se puede obtener de los algoritmos de Patterson y Morris en API MPMS Cap. 11.4.1. El “agua de referencia” debe provenir de una fuente de ósmosis inversa destilada, desionizada o inversa con una conductividad máxima de 50 μS .

El agua potable de un suministro público de agua (potable) aprobada se puede utilizar como agua de calibración en este procedimiento si no se dispone de “agua de referencia”. Si la densidad del agua potable excede los 50 μS , se puede estimar la densidad del agua para este procedimiento a partir de su lectura de conductividad. La conductividad del agua se debe determinar al finalizar cada ejecución. Las lecturas de conductividad utilizadas para cada análisis no deben diferir en más de 200 μS y no deben exceder los 1000 μS durante el procedimiento de calibración del probador.

NOTA: El uso de agua potable en lugar de “agua de referencia” puede aumentar la incertidumbre de una calibración gravimétrica.

4.9.7.2 Medición de la conductividad del agua

El agua conduce la electricidad hasta cierto punto. Agregar impurezas que se disuelven en el agua como las sales aumenta su conductividad. Por lo tanto, las mediciones de conductividad se pueden utilizar para correlacionar los sólidos disueltos en las soluciones.

Las correlaciones mejoran a medida que la concentración de sólidos y los tipos de sólidos son limitados o similares. Los medidores de conductividad son instrumentos comunes y típicamente simples de operar. Un equipo para este estándar:

- Debe tener compensación de temperatura.

- Indicar en la unidad internacional de medida de conductividad, microsiemens (μS).

- Indicar en incrementos de uno para soluciones por debajo de $75 \mu\text{S}$.

- Indicar en incrementos de 10 o menos para soluciones superiores a $75 \mu\text{S}$.

Medidor de conductividad / recomendaciones de medición:

- Utilizar soluciones estándar y trazables disponibles comercialmente para la calibración/verificación.

- Asegurar de que no haya burbujas o partículas en la solución de prueba.

- Asegurar de que el medidor (sonda o celda) esté correctamente sumergido en la solución de prueba.

- Asegurar de que no se permita la acumulación de sales o partículas en las sondas o células.

- Enjuagar el medidor con agua desionizada o destilada antes del almacenamiento y cualquier secuencia de prueba.

- Seguir las recomendaciones del fabricante para el almacenamiento y la calibración.

5 REQUISITOS DE CALIBRACIÓN

El volumen de cada pasada de calibración se calculará individualmente para obtener un volumen corregido a las condiciones de referencia.

Los requisitos de calibración son una función de la clasificación de diseño del probador.

Hay dos clases generales de probadores para líquidos: probadores de desplazamiento y tanques probadores abiertos a la atmósfera, con excepción de los tanques probadores para gases licuados que son cerrados.

Las subclases de probadores de desplazamiento son diseños de flujo unidireccional y bidireccional, así como probadores de pequeño volumen (probadores compactos) que también pueden ser de construcción unidireccional o bidireccional.

Las subclases de tanques probadores abiertos son diseños de llenado superior o llenado inferior con o sin escalas inferiores.

5.1 Repetibilidad

Como medida de repetibilidad, se utilizará la siguiente ecuación para calcular y verificar los resultados de repetibilidad para todos los probadores de desplazamiento, probadores de pequeño volumen y tanques probadores abiertos a la atmósfera:

$$\text{Repetibilidad}(\%) = \frac{(\text{Volumen}_{\text{max}} - \text{Volumen}_{\text{min}})}{\text{Volumen}_{\text{min}}} \times 100\%$$

5.2 Continuidad y secuencia de carreras de calibración

Se requiere un mínimo de tres carreras de calibración consecutivas repetitivas, para una calibración exitosa de los probadores de desplazamiento.

Si un probador de desplazamiento tiene múltiples volúmenes, cada volumen se considerará como una unidad autónoma e independiente del probador. Cada uno de estos volúmenes de prueba se calibrará como una calibración separada e independiente. Cada calibración debe cumplir los mismos criterios descriptos anteriormente.

5.3 Probadores de desplazamiento: Diseño unidireccional

Para los probadores unidireccionales, se requieren tres o más pasadas consecutivas para una calibración que debe cumplir con los siguientes criterios:

- La calibración se considerará aceptable cuando los volúmenes de prueba en condiciones de referencia de

tres o más pasadas consecutivas repetitivas exhiban entre ellas un rango de variación menor al 0,02%.
El caudal entre pasadas de calibración consecutivas debe haber cambiado al menos en un 25%.



Figura 3. Probador unidireccional

5.4. Probadores de desplazamiento: Diseño bidireccional

Para los probadores bidireccionales, se requieren tres o más viajes de ida y vuelta consecutivos para una calibración y deben cumplir con los siguientes criterios:

- El volumen en condiciones de referencia, para la pasada de ida, durante tres o más corridas consecutivas deberá exhibir una repetibilidad del 0,02% o mejor.
- El volumen a condiciones de referencia para la pasada de regreso durante tres o más carreras consecutivas deberá exhibir una repetibilidad del 0,02% o mejor.
- El volumen calibrado (CPV) para tres o más viajes de ida y vuelta consecutivos (carreras completas) deberá exhibir una repetibilidad del 0,02% o mejor.
- El caudal entre carreras completas debe permanecer invariable.
- El caudal entre viajes de ida y vuelta consecutivos se cambiará en al menos un 25%.



Figura 4. Probador bidireccional.

5.5 Probadores de tanque abierto

Para los tanques probadores abiertos, la calibración se considerará aceptable cuando se satisfagan los siguientes criterios:

Los volúmenes de prueba calibrados (CPV) para dos o más carreras consecutivas deberán exhibir una repetibilidad del 0,02% o mejor.

Después de ajustar la(s) escala(s) y volver a precintar, se debe determinar un volumen calibrado adicional a las condiciones de referencia.

Este volumen debe estar dentro de $\pm 0,01\%$ del Volumen de prueba calibrado (CPV) previamente establecido.

5.6 Caudales de calibración de probadores de desplazamiento

Los caudales de calibración se deben elegir de modo que el desplazador tenga un movimiento continuo y constante a lo largo de la pasada de calibración. Durante todas las pasadas de calibración, es deseable mantener el desplazador moviéndose suavemente a un flujo constante.

Los caudales de calibración deben variar en al menos un 25% entre cada carrera de ida y vuelta.

El flujo durante la calibración no se debe detener en ningún momento. Solamente al finalizar una carrera de ida y/o vuelta (por ejemplo, esperando para vaciar el recipiente). Aunque es preferible mantener la circulación de agua para mantener las condiciones de temperatura estables en todo el sistema.

El caudal mínimo se experimenta cuando el flujo de agua pasa solo a través de la válvula solenoide. Si el desplazador se estremece o se mueve erráticamente en este momento, puede ser una señal:

- que el desplazador no esté suficientemente lubricado,
- el desplazador tiene un tamaño incorrecto,
- que la apertura de la electroválvula es demasiado pequeña,
- que hay aire en el sistema,
- que la presión del agua está cambiando incorrectamente.

La calibración se realizará a velocidades de flujo tales que el recipiente se pueda llenar sin que se produzca un derrame, desborde, evaporación o salpicaduras de agua por la parte superior. Cualquier salpicadura, desbordamiento u otra pérdida de agua del recipiente antes del registro de la indicación invalidará esa pasada de calibración.

El caudal se puede determinar mediante uno de dos métodos:

- un medidor de flujo, o
- la siguiente ecuación:

Caudal=(Volumen determinado de la carrera)/(Tiempo cronometrado de la carrera)

6 ACTIVIDADES OPERATIVAS POR DESARROLLAR PREVIO A LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO

6.1. Desvinculación del probador

Previo a iniciar las tareas de limpieza el probador debe ser desvinculado del proceso para evitar el ingreso de producto al sistema de calibración.

La desvinculación puede implicar el uso de placas ciegas, figuras "8", o el desmontaje de algunos accesorios que lo vinculan al proceso.

Se debe tener especial precaución en las zonas próximas a la zona de bloqueo con el proceso, porque allí podría no haber una circulación de agua constante permitiendo la acumulación de aire que puede perjudicar la performance del ensayo.

6.2. Limpieza del probador

Los probadores en servicio de crudo se deben purgar con el crudo disponible, a menos que haya disponibilidad "in situ" de otros productos (hidrocarburos ligeros) que se puedan utilizar. Independientemente del servicio, el

probador y la tubería asociada se deben limpiar con los mejores medios disponibles y se enjuagan con agua hasta que estén libres de todo rastro de hidrocarburos líquidos y sólidos. Es posible que sea necesario operar las válvulas para asegurar que no queden hidrocarburos. El método más utilizado es hacer funcionar el desplazador de un lado a otro durante el enjuague para limpiar las paredes. Otro método, utilizado en el servicio de petróleo crudo, es hacer circular agua caliente a través del probador mientras se empuja el desplazador hacia adelante y hacia atrás. Si se dispone de limpieza con vapor es un método para eliminar cera, parafina u otras adherencias.

Los scrapers de espuma extraíbles también se pueden usar como una alternativa o un método adicional para limpiar el interior de la tubería. Se debe tener cuidado para evitar dañar el revestimiento interno durante el proceso de limpieza.

Si bien un detergente de baja espuma puede ser eficaz para limpiar un probador, se deben eliminar todos los rastros antes de la calibración para evitar la formación de espuma.

A veces, esto puede ser muy difícil de lograr. Por tanto, se desaconseja el uso de detergentes salvo en casos extremos. No obstante, en caso de su utilización, debe asegurarse que todos los rastros de presencia de detergente sean eliminados por completo antes de comenzar la calibración.

6.3. Inspección del probador

Después de limpiar y mientras las cámaras están abiertas, se debe verificar el estado de las superficies internas de las cámaras, particularmente el estado del revestimiento. Se debe realizar una inspección visual o mecánica de las áreas de la superficie para detectar cualquier signo de daño, descamación o falta de recubrimiento, examinando cuidadosamente cualquier signo de daño o de irregularidades en la calidad del estado interno del probador o de existir cualquier otro daño interno, el mismo se evaluará cuidadosamente y se tomará una determinación sobre su efecto en la continuación de la calibración.

La inspección interna del probador puede ser realizada con cámaras de inspección boroscópicas o similares, con el objetivo de evitar la apertura de los codos del prover.

También, siempre que se pueda es recomendable llevar un registro del espesor de pintura del revestimiento interno.

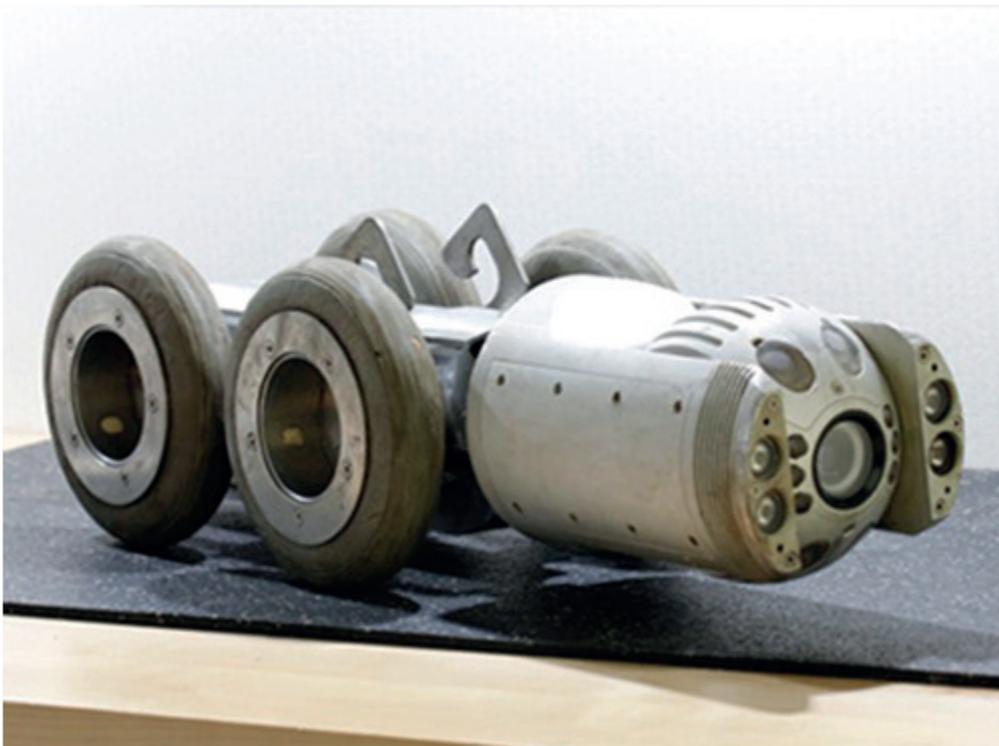


Figura 5. Equipo para inspección interna de cañerías.

6.4. Armado del probador para calibración

En algunas ocasiones la inspección del probador implica el desarme de codos y otros accesorios que permitan la inspección. Por lo tanto, previo a la calibración el probador debe estar completamente armado y realizada una prueba hidráulica (PH) que asegure la estanqueidad del sistema

7 ENSAYO (WATERDRAW/GRAVIMETRÍA)

7.1. Aspectos comunes

El desarrollo del ensayo de determinación del volumen base por cualquiera de los dos métodos tiene aspectos comunes que se desarrollaran a continuación.

Para los probadores de desplazamiento, se debe contar con un sistema que permita circular agua desde el probador hasta las medidas patrón volumétricas (waterdraw) o hasta el contenedor que luego es pesado (gravimetría). El sistema consiste en un juego de válvulas solenoides accionadas con los switch de paso de esfera. De manera tal mientras el sistema esta en reposo, toda el agua es recirculada entre el probador y el reservorio de agua. Cuando se inicia la carrera, la esfera toca el primer switch y esto hace que se cierre la recirculación y se habilite en forma simultánea la carga de los patrones. Al finalizar la carrera, el segundo switch es accionado y se corta la carga de los patrones y el agua pasa a recircular de nuevo. El proceso se repite para la carrera de regreso, y luego las veces necesarias de ida y vuelta para completar el proceso.

7.2. Waterdraw

Los probadores son dispositivos de precisión, definidos como estándares los cuales se usan para verificar la exactitud de medidores volumétricos de líquidos utilizados en la medición de transferencia de custodia. Ambos, probadores de desplazamiento y tanques probadores se utilizan para probar un medidor con el objetivo de obtener un factor del medidor (Meter Factor), que luego se usa para corregir el error del medidor provocado por las diferencias entre el volumen medido y el volumen real. El volumen base de un probador ya sea tanque o de desplazamiento, determinado por calibración, es un requisito esencial en la determinación de estos factores del medidor. La exactitud de un factor de medidor está limitada por varias consideraciones, como se muestra a continuación.

- Desempeño del equipo
- Errores de observación
- Errores de calibración del volumen del probador
- Errores de cálculo

Todos los volúmenes de prueba utilizados para calibrar medidores se determinarán mediante calibración y no mediante cálculo teórico. Los probadores volumétricos tienen un volumen de referencia exacto, que ha sido determinado por un método reconocido de calibración. Las técnicas para la determinación de este volumen de referencia incluyen el ensayo Waterdraw, medidor maestro y los métodos gravimétricos de calibración.

Existen ciertos aspectos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar el ensayo. Estos aspectos que deben ser verificados y se pueden resumir en:

- Verificaciones de los equipos.
- Aspectos asociados a cumplir durante la ejecución.

Los aspectos relacionados con los cálculos posteriores, una vez confeccionada la planilla de campo no son tratados en esta práctica y se pueden consultar en API MPMS 12.2.4 - Calculation of Base Prover Volume by the Waterdraw Method.

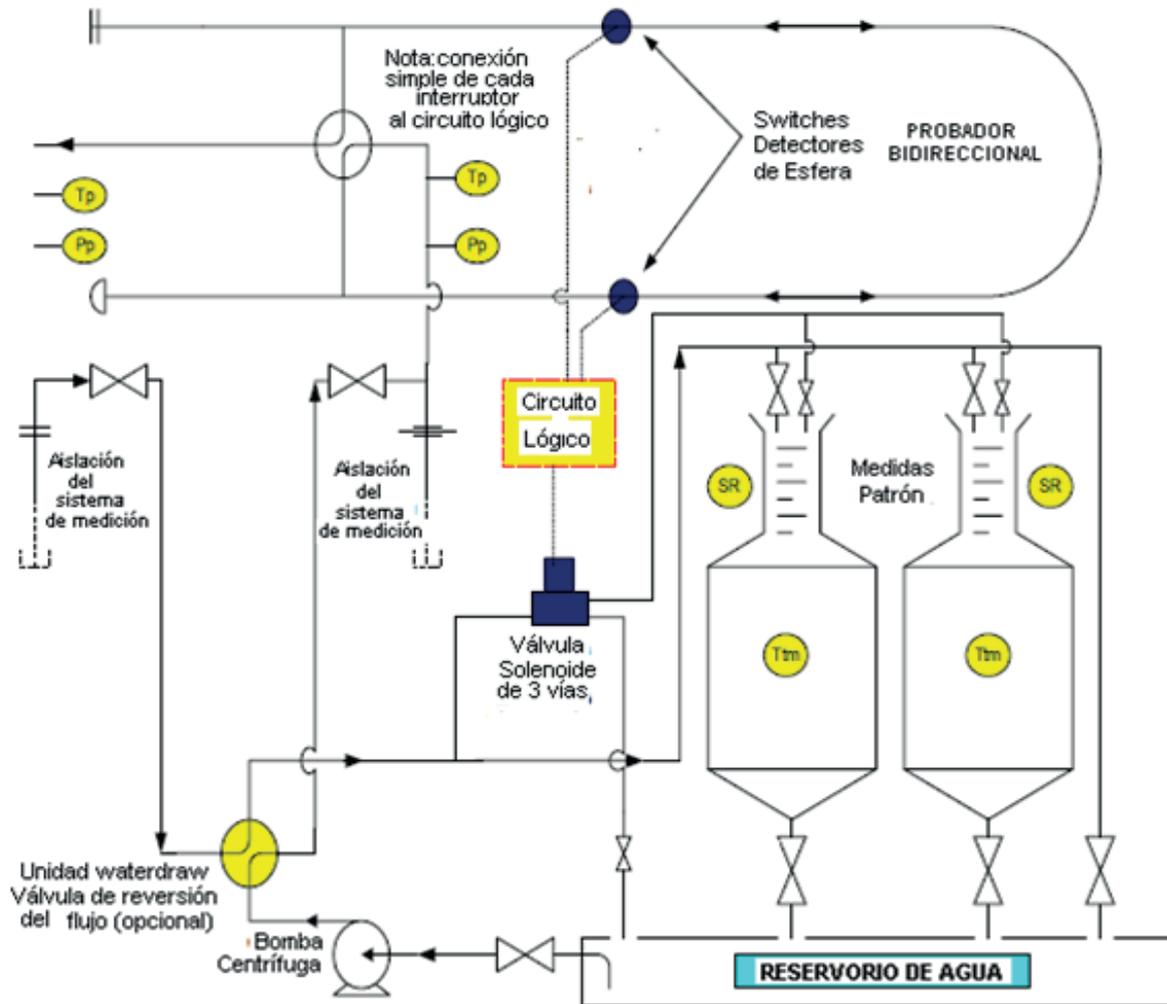


Figura 6. Diseño típico para una calibración por Waterdraw de un probador bidireccional con desplazador esférico utilizando medidas patrón de llenado superior.

7.3. Gravimétrico

La principal diferencia, con el método waterdraw, es que las medidas patrón de prueba son reemplazadas por un pesaje.

La balanza debe ser verificada o calibrada antes de cada procedimiento o serie de procedimientos para probadores del mismo volumen en un período de 24 horas. La Sección 5.2.6.5 del MPMS API Cap. 4.9.4 tiene detalles adicionales relacionados con la verificación o calibración. La balanza se debe verificar antes de la calibración del probador, incluso si se acaba de calibrar. Cualquiera de los procedimientos no se debe realizar hasta que la electrónica de la báscula se haya estabilizado (recomendaciones de los fabricantes de referencia).

No permitir que la báscula se estabilice resultará en lecturas incorrectas o indicaciones no repetitivas.

La masa objetivo para la verificación debe estar dentro del $\pm 20\%$ de la masa total definida. La indicación de verificación (lectura) debe estar dentro del $0,005\%$ de la masa agregada del número total de pesas utilizadas para alcanzar el peso objetivo. Una verificación completa consiste en dos indicaciones (lecturas) consecutivas dentro de la tolerancia en la masa agregada y en la masa cero. Un ejemplo para un probador de 20 galones (75,708 litros) sería:

- masa esperada = 75.659 kg
- masa del contenedor = 18 kg
- masa total = 93.6591 kg
- masa objetivo = 75 kg a 112 kg
- la masa total de cuatro pesas de 22 kg es 90,724 kg.
- la lectura de verificación sería de $\pm 4,5$ g de 90,724 kg

Una vez que se completa el procedimiento de verificación, se debe tarar la balanza. Si solo se usará un contenedor por báscula, entonces la báscula se debe tarar con el recipiente centrado en la plataforma de la báscula. Si se utilizarán varios contenedores por báscula, luego se debe registrar una indicación de masa total y vacía por contenedor para obtener la masa neta de cada contenedor. Aunque no es necesario mojar el recipiente (llenar con agua) antes de una secuencia de calibración, la báscula debe estar nivelada cuando el recipiente está lleno de agua. Una sola báscula y un contenedor pueden tener menos incertidumbre que múltiples básculas y contenedores. Típicamente, las básculas y contenedores de pesaje múltiples solo se utilizan en probadores de menos de 5 gal (19 litros) y / o más de 50 gal (189,2 litros). Múltiples básculas pueden ser necesarias para lograr la precisión de pesaje requerida.

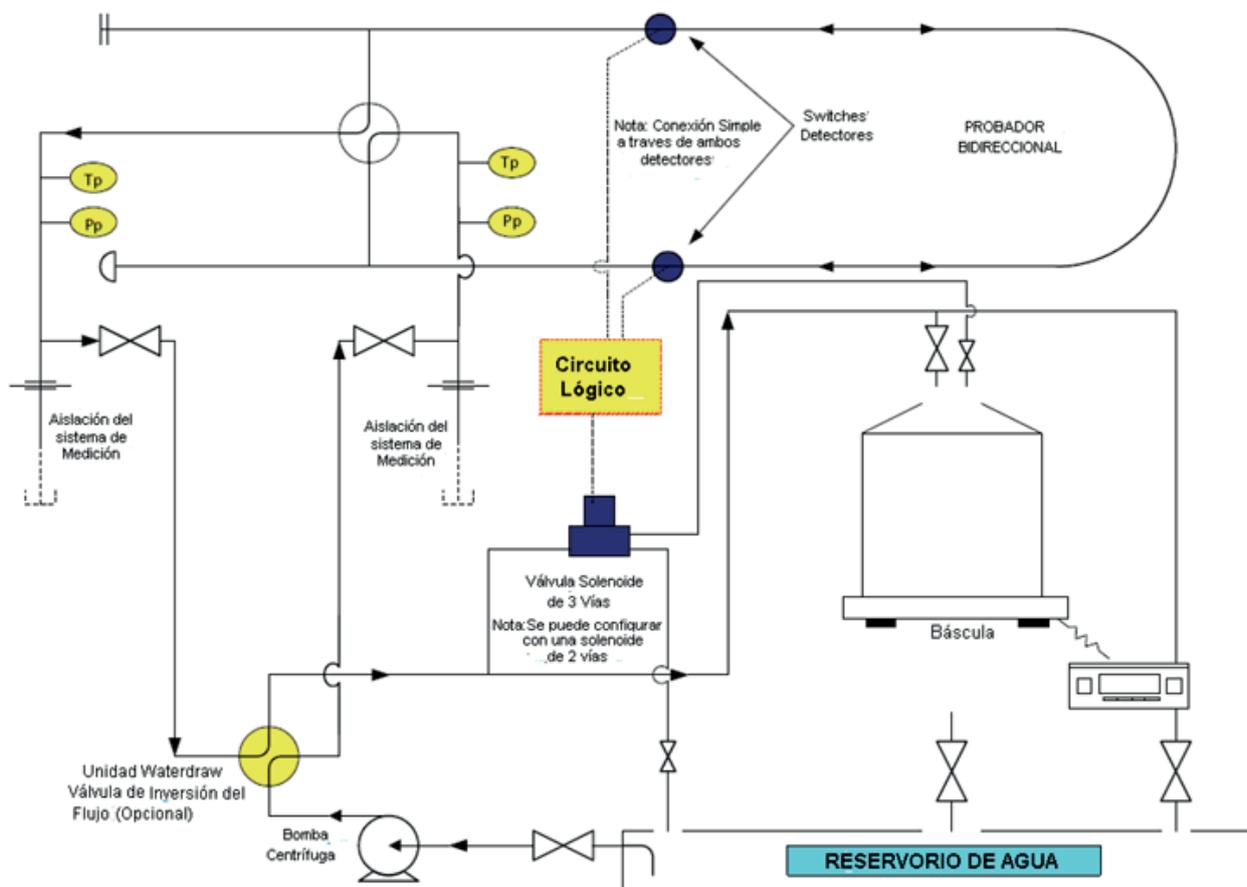


Figura 7. Diseño típico para una calibración por Gravimetría de un probador bidireccional con desplazador esférico utilizando báscula.

8 DOCUMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REGISTROS

Todos los datos observados se escribirán a mano con tinta; o recopilados, registrados y reportados automáticamente por un computador de flujo con capacidad de seguimiento de auditoría.

Los datos de observación deberán ser corregidos con los datos ingresados para los cálculos antes de firmar cualquier documento. En caso de discrepancias o errores descubiertos en una fecha posterior, los datos de observación escritos a mano se utilizarán para corregir el volumen final.

El paquete de certificados de calibración deberá incluir el Informe de calibración con la fecha de calibración del probador en un lugar destacado en la parte frontal del paquete certificados. Otros elementos aplicables a la calibración también se registrarán en el paquete de la siguiente manera:

- Ubicación del probador.
- Número de serie del probador.
- Número de serie o número de precinto de cada interruptor detector.
- Propietario u operador del probador.
- Tipo de probador.
- Material de construcción del probador.
- Diámetro interior.
- Espesor de la cañería.
- Los indicadores de temperatura y el indicador de presión utilizados.
- Los certificados de los elementos involucrados (balanzas, pesas, termómetros y manómetro).
- Tipo de desplazador, tamaño y dureza.
- En el caso de probadores de desplazamiento de varios volúmenes.
 - o Una identificación clara de los detectores utilizados para esta calibración.
 - o La ubicación física de cada detector.
- Una copia de la documentación de observación escrita a mano (firmada por todas las partes como testigo de los datos de observación originales).
- Una copia del cálculo y la documentación resumida generada.
- Cálculo de incertidumbre.

9 GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CALIBRACIÓN

Los registros completos de los datos recopilados durante todas las ejecuciones de calibración ya sean válidos o no, deben constar y se deben mantener de manera sistemática.

La fuente principal de una medición cuestionable normalmente se puede identificar como una o más de las siguientes como específicas del método de calibración:

- Aire en el sistema.
- Hidrocarburos en el sistema (cuando el agua es el medio de calibración).
- Fugas en el sistema.
- Inestabilidad de temperatura o presión.
- Errores al determinar las mediciones de las medidas de prueba.
- Válvulas de aislamiento averiadas.
- Válvulas solenoides defectuosas.
- Desplazador de esfera dañado o inflado insuficientemente.
- Sellos dañados o mal ajustados.
- Desgaste en el desplazador de pistón.
- Contaminación del medio circulante (calibración).

- Medidas de prueba estándar de campo dañadas o contaminadas (para el método de Waterdraw volumétrico).
- Medidor maestro o probador maestro dañado (para el método del medidor maestro).
- Dispositivo de pesaje o patrones de peso dañados (para el método gravimétrico).
- Dispositivos de medición de temperatura y presión dañados.
- Interruptores detectores de prueba que funcionan mal.
- Superficies internas dañadas o deterioradas de la cámara.
- Intercambio de esferas dañadas o con fugas.
- Válvula de cuatro vías dañada o con fugas.
- Error humano.
- Errores de medición de los equipos.

Cada una de las fuentes anteriores se deben examinar cuidadosamente hasta que se encuentre la causa de las mediciones anormales.

En el método gravimétrico, debemos tener presente los problemas que pueden aparecer al utilizar balanzas:

- Certificación incorrecta del peso de prueba.
- Balanza desnivelada, vacía o con masa total.
- Tiempo de estabilización insuficiente para la electrónica de la balanza.
- Tara incorrecta de la balanza.
- Calibración incorrecta de la balanza.
- Verificación fuera de la masa objetivo.
- Reubicación de la báscula sin volver a verificar.
- Vientos o corrientes de aire que provocan fluctuaciones en las indicaciones de la báscula.
- Pesar fuera de la masa objetivo.
- Asegurar que la báscula esté autónoma y nada impida el movimiento de la plataforma de la misma.

Los errores de peso implican:

- No utilizar masa agregada en calibraciones o verificaciones.
- Material extraño en las pesas.
- Daño a pesos que cambian su masa.

Los errores de contenedor implican:

- Contenedor fuera de nivel.
- Contenedor no centrado en la plataforma de la báscula.
- Rebalsar un recipiente.
- Salpicaduras de agua del recipiente.
- Evaporación del agua en un ambiente de baja humedad y / o temperaturas atmosféricas altas.
- Válvula de drenaje con fugas en el(los) contenedor(s).

10 TESTIGOS DE CALIBRACIÓN

Un técnico generalmente realiza la calibración en compañía de varios otros que son designados como testigos. Un testigo suele ser un representante de una empresa asociada que tiene intereses operativos, financieros o de otro tipo en las funciones de transferencia de custodia en esa instalación. Los empleados de la empresa o de otras divisiones de esta a menudo están involucrados y, ocasionalmente, los funcionarios gubernamentales. Sin embargo, todas las partes que asistan a la calibración como testigos (representantes de otros intereses involucrados) serán igualmente responsables del resultado exitoso de la calibración. De ello se deduce que todos los testigos deben, por tanto, participar en todas las actividades de calibración necesarias.

11 MÉTODO PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN DE PROBADORES

A continuación, se indica el método utilizado para determinar la frecuencia de recalibración de un probador, descrito en API MPMS 4.8 Anexo B.

Este método reconoce que cada probador de medidores es una unidad individual, que tiene su propia cantidad de uso a lo largo del tiempo, su propia gravedad de las condiciones durante el uso y sus propios patrones de desgaste específicos. Por lo tanto, es razonable esperar que cada probador tenga una frecuencia de calibración única. Sin embargo, la pregunta importante es qué tan bien se mantiene el probador en su volumen calibrado actual.

Si el volumen del probador se mantiene dentro de las tolerancias específicas, entonces no es necesario volver a calibrar hasta que el volumen haya cambiado en una cantidad definida aceptable.

El método establece el cambio permisible en el volumen del probador antes de la recalibración en 0,06% y usa el cambio de volumen real entre calibraciones sucesivas, junto con el tiempo (en meses) entre las dos calibraciones, para calcular un tiempo proyectado (número de meses). cuando se puede esperar que el volumen cambie en un 0,06%.

La única parte que puede discutirse es si la cantidad de cambio permisible en el volumen de prueba debe ser de 0,06%. Se ha argumentado que el cambio de volumen debe establecerse en 0,02%, porque esa es la tolerancia de la calibración del probador. Sin embargo, poner el punto de activación en 0,02% puede resultar en calibrar algunos probadores con más frecuencia de la necesaria. Basado en este argumento, 0,06%, es un compromiso razonable.

Para utilizar este método, debe aplicarse la siguiente fórmula:

$$MPC = (Mec \times 0,06\%) / Pv$$

donde:

MPC: Meses para la Próxima Calibración (expresado en meses enteros, redondeado al siguiente mes entero (50,1=51)).

Mec: Meses entre calibraciones (se expresa de la misma manera que MPC).

Pv: Variación porcentual del volumen entre calibraciones (expresado en X.XX%, con truncamiento de los decimales).

Se deben cumplir las siguientes pautas con respecto al uso del cálculo anterior:

En ninguna circunstancia el tiempo proyectado para la próxima calibración debe exceder los 60 meses (5 años).

Es común acordar que la frecuencia no sea menor a los 12 meses. Por lo tanto, si la ecuación arroja un valor de MPC menor a los 12 meses, se puede fijar la siguiente calibración a los 12 meses.

Si se realizan reparaciones mecánicas, alteraciones o cambios que afectan el volumen certificado al probador antes de la próxima fecha de calibración proyectada, entonces calibrar el probador inmediatamente después de completar este trabajo, y luego, programar otra calibración del probador a los 12 meses para empezar la determinación de la frecuencia.

Por ejemplo:

Fecha calibración actual = 27/08/2020

Volumen determinado en la calibración actual = 320,094 litros

Fecha calibración anterior = 25/04/2016

Volumen determinado en calibración anterior = 319,950 litros

Tenemos que:

Mec = 52 meses

$$Pv = (320,094 - 319,950) / 319,950 = 0,045\%$$

$$MPC = (Mec \times 0,06\%) / Pv = (52 \text{ meses} \times 0,06\%) / (0,045\%)$$

MPC = 78 meses

Como MPC es mayor a 60 meses (5 años), debe fijarse la fecha para la nueva calibración para el 27/08/2025.