

Sobre la trazabilidad de las mediciones de volumen de hidrocarburos en PEMEX REFINACIÓN -Proyecto CENAM-PEMEX-

Roberto Arias, Heinz Luchsinger
Centro Nacional de Metrología
rarias@cenam.mx ; heinzl@cenam.mx

Introducción

Las mediciones desde siempre han sido ejercicios fundamentales en las actividades del ser humano. Hoy día, la medición del tiempo es cada vez más importante en nuestras actividades cotidianas, como lo son también las mediciones de longitud para asegurar la intercambiabilidad de piezas en las industrias del ramo automotriz, las mediciones de contenido de plomo en las gasolinas, o las mediciones de colesterol en la sangre, por solo citar algunas. El hecho es que las buenas mediciones son indispensables para la convivencia armónica, mejorar la competitividad de las empresas, para la protección de la salud y del medio ambiente, para asegurar la equidad en los procesos de compra-venta de productos, etc.

De singular importancia son las mediciones de volumen y/o caudal para las empresas que adquieren o venden fluidos valiosos en cantidades importantes. Para estas empresas el buen funcionamiento de los equipos de medición tiene un impacto económico vital, pues se considera que los medidores de volumen se convierten en la caja registradora. Por ejemplo, de acuerdo con datos de PEMEX REFINACIÓN [1], las ventas totales de gasolina PEMEX MAGNA ascienden aproximadamente a 84 millones de litros por día; si consideramos un hipotético error sistemático del orden de 0,1% en los sistemas de medición de volumen empleados para transferir la custodia de la gasolina PEMEX MAGNA, dichos errores se podrían traducir en pérdidas o ganancias cercanas a 200 millones de pesos por año.

Para minimizar los riesgos económicos derivados del funcionamiento “*variable*” de los sistemas de medición, es indispensable comparar, con cierta frecuencia, su desempeño contra equipos de medición de mejores cualidades metrológicas, que a su vez hayan sido calibrados por el Centro Nacional de Metrología (CENAM), o por algún Laboratorio de Calibración debidamente acreditado. El beneficio inmediato de los ejercicios de calibración de los sistemas de medición se traduce en la posibilidad de eliminar errores sistemáticos y en el conocimiento de la incertidumbre de los resultados de medición.

Una vez que un sistema de medición es calibrado, se adquiere la confianza de que los resultados obtenidos por dicho sistema pueden ser comparables con aquellos que hipotéticamente se obtendrían si se emplearan patrones nacionales o internacionales para el mismo propósito. A la cualidad de que los resultados de un sistema de medición “estén conectados” (a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones) con referencias superiores se le conoce como trazabilidad¹; esta cualidad es de vital importancia en los

¹ **Trazabilidad:** Propiedad del resultado de una medición o de un patrón, tal que ésta pueda ser relacionada a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas. [2]

sistemas de medición que se emplean para realizar la transferencia de custodia de fluidos valiosos.

Así como un árbol genealógico traza el linaje de una familia, y muestra además las relaciones entre parientes y ancestros, las cartas de trazabilidad muestran las relaciones entre los instrumentos o sistemas de medición y sus “superiores”. En la figura 1 se muestra una carta de trazabilidad para un sistema de medición empleado para el llenado de autos-tanque en una terminal de almacenamiento de PEMEX-REFINACIÓN. Nótese en esta figura que el Patrón Nacional de Volumen es la referencia superior en medición de volumen, y a partir de él se encadenan los restantes equipos de medición hasta lograr el enlace con las turbinas de medición que se emplean en las Terminales de Almacenamiento de PEMEX REFINACIÓN para el llenado de autos-tanque. También es de destacar que la incertidumbre crece a medida que en la carta de trazabilidad nos alejamos de los Patrones Nacionales; esta situación es normal si tomamos en cuenta que en cada “conexión” cada patrón hereda su incertidumbre a su inmediato inferior, para sumarse con las contribuciones de incertidumbre propias del instrumento que se calibra, y con aquellas asociadas a los efectos ambientales, entre otras.

Infraestructura Metrológica en PEMEX REFINACIÓN

La Subdirección de Distribución de PEMEX REFINACIÓN tiene la responsabilidad de la operación de 74 Terminales de Almacenamiento y Distribución (TAD), cuya función es garantizar el abasto de los combustibles refinados a todo el país. Los combustibles producidos en las 6 refinerías que operan en México se distribuyen a través de una red de poliductos de aproximadamente 7 600 km de longitud, a lo largo del territorio nacional. Las TADs que no se encuentran conectadas a la red de distribución por poliductos reciben los combustibles esencialmente de otras TADs que sí están conectadas a la red, usando para este propósito los servicios de transporte de autos-tanque. Finalmente, los combustibles se envían desde las TADs hacia las casi 6 500 estaciones de servicio (FRANQUICIAS PEMEX) por medio de autos-tanque.

En las TADs se disponen de sistemas de medición de volumen de hidrocarburos para: a) cuantificar el volumen de hidrocarburos que la TAD recibe a través del poliducto, b) conocer el volumen de combustible almacenado en los tanques verticales, c) medir el volumen de combustibles que se entregan a los autos-tanque que llevarán el combustible a otras TADs o bien a las estaciones de servicio y d) determinar el volumen que cada auto-tanque puede contener. Para propósitos de transferir la custodia de los combustibles, o con fines de control de inventarios, para PEMEX REFINACIÓN es indispensable que los sistemas de medición mantengan un desempeño confiable y con niveles de incertidumbre² apropiados.

Los sistemas de medición a que se hace referencia en el párrafo anterior son los instrumentos de medición instalados en línea, y los podríamos ubicar en la parte más baja de la carta de trazabilidad mostrada en la figura 1. Para asegurar el buen funcionamiento de

² **Incetidumbre de medición:** Parámetro, asociado con el resultado de la medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando [2].

Nota del autor: El valor de la incertidumbre de medición refleja el conocimiento que tenemos sobre el objeto de medición. En general, a mayor cantidad y calidad de información disponible, menor es la incertidumbre de medición.

los instrumentos de medición se requiere que periódicamente sean comparados (calibrados) contra equipos de mejor calidad metrológica, estos equipos se denominan como “*patrones de referencia*”, y son los instrumentos de mejores cualidades disponibles en un lugar determinado. A nivel nacional, PEMEX REFINACIÓN cuenta con más de 31 medidores de referencia (conocidos como medidores maestros) y son usados para verificar el buen funcionamiento de los más de 900 medidores tipo turbina y de desplazamiento positivo que se usan para medir el volumen de combustibles que se carga y descarga hacia y desde los autos-tanque; funcionan alrededor de 65 probadores bi-direccionales que se emplean para calibrar las turbinas instaladas en los poliductos, específicamente para medir el volumen de combustible que se entrega a cada TAD. También se dispone de alrededor de 41 patrones volumétricos de capacidad del orden de 3000 L, estos patrones de referencia se usan para calibrar el sistema de medición de volumen con el cual se certifica el volumen que contiene cada auto-tanque.

Relación con CENAM

Atendiendo a la definición de trazabilidad, es claro que los patrones de referencia de PEMEX REFINACIÓN (medidores maestros, patrones volumétricos y probadores bi-direccionales o compactos) deben a su vez ser calibrados por una referencia superior. A través de la Subdirección de Distribución, PEMEX-REFINACIÓN mantiene desde 1996 un proyecto con el CENAM para que sus patrones de referencia sean calibrados directamente por el Centro Nacional de Metrología; asegurando de esta forma la confianza en los resultados de medición, a niveles de incertidumbre apropiados para cada tipo de sistema de medición. Es de remarcar que los servicios de calibración que el CENAM presta a PEMEX REFINACIÓN se realizan en los lugares de trabajo, y con los diferentes combustibles (gasolinas, diesel y turbosina).

Los medidores maestros (del tipo de desplazamiento positivo de paletas deslizantes) son calibrados por personal del CENAM usando patrones volumétricos de cuello graduado, con incertidumbre de medición del orden de 0,02 %. La calibración se realiza con los diferentes combustibles y a diversos valores de caudal volumétrico; los mismos patrones volumétricos, instalados en un remolque y con capacidades de 100 y 3 000 L, se usan para calibrar el patrón volumétrico que sirve de referencia para verificar el buen funcionamiento de los sistemas de calibración de autos-tanque.

La calibración de los probadores se realiza usando diversos patrones volumétricos de cuello graduado instalados en un remolque. El remolque cuenta con los recursos necesarios para almacenar la cantidad de agua necesaria para la calibración, así como de los medios de impulsión y control de caudal necesarios. Personal de CENAM realiza estos servicios de calibración en las TADs donde se encuentran instalados estos patrones de referencia de PEMEX REFINACIÓN.

Resultados

Después de más de 8 años de respaldo del Centro Nacional de Metrología en materia de calibración de instrumentos de medición, de capacitación al personal que opera los sistemas de medición, y de asesorías para el mejoramiento del desempeño de los sistemas de medición, los beneficios de esta fructífera relación CENAM-PEMEX REFINACIÓN son importantes: los balances internos dentro de las TADs han mejorado en forma notoria, en términos de las diferencias entre lo que se recibe y lo que se vende. En general, las

transferencias de custodia de los combustibles se realizan hoy día con niveles de exactitud acordes con la normatividad internacional [3], gracias a la ejecución de servicios de calibración periódicos y oportunos, conjuntamente con la aplicación de programas de mantenimiento que permiten que los sistemas de medición funcionen bajo condiciones de operación apropiadas, y semejantes a las que prevalecieron durante su calibración.

Referencias

- [1] PEMEX REFINACIÓN, “Informe de resultados Agosto 2004”, www.pemex.gob.mx
- [2] BIPM/IEC/ISO/OIML, “Internacional vocabulary of basic and general terms in metrology”, 1984.
- [3] OIML R117, “Measuring systems for liquids other than water”; International Organization for Legal Metrology, 1994

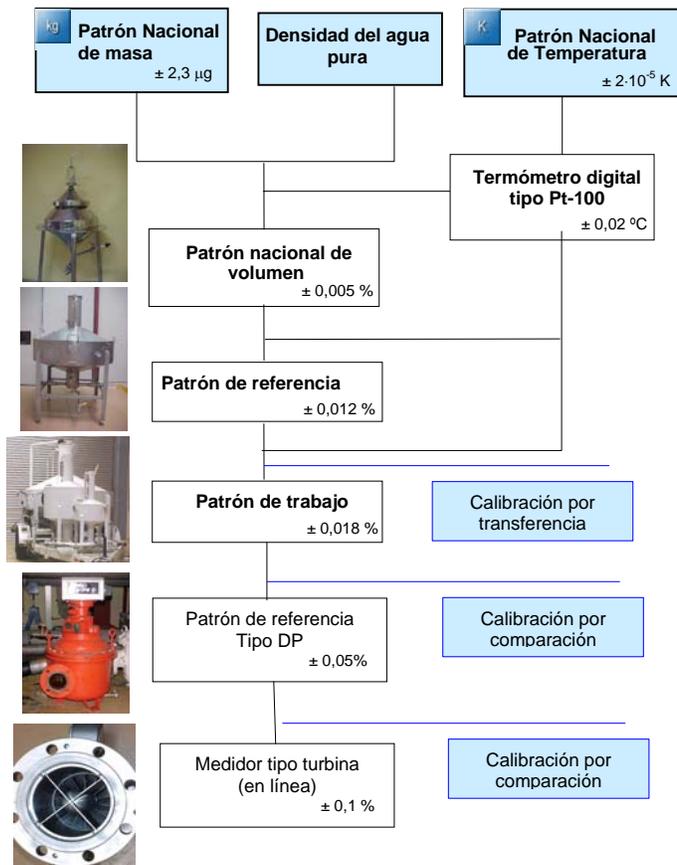


Fig. 1 Carta de trazabilidad para un sistema de medición para la carga de autos-tanque en una TAD.

