

CADENA DE TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES DE FLUJO DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO EN LA UNIÓN CUBA PETRÓLEO

CHAIN OF TRACEABILITY OF THE FLOW MEASUREMENTS OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS IN THE UNION CUBA PETRÓLEO

José Franco Fernández^a (0000-0002-3624-5013)
Eddy Turiño Echeverría^b (0000-0002-9179-5026)
Ramón Mendoza Sánchez^a (0000-0002-0706-6331)
Alexis Gómez Domínguez^c (0000-0001-6263-4904)

^a Empresa Tecnomática, Unión Cuba Petróleo (CUPET).

^b Centro Territorial de Metrología Mayabeque, Unión Cuba Petróleo (CUPET).

^c Refinería Cienfuegos S. A. Unión Cuba Petróleo (CUPET).

*editorial.cenic@cnic.cu

Recibido: 04 de julio de 2022;

Aceptado: 04 de noviembre de 2022;

RESUMEN

En el presente artículo se presentan los resultados obtenidos durante varios años de trabajo en el aseguramiento de la trazabilidad de las mediciones del gas licuado del petróleo en el país y los resultados de la incorporación de la medición de flujo y su trazabilidad metrológica al Laboratorio de Calibración de Productos Claros de la Unión Cuba Petróleo (CUPET).

Palabras claves: trazabilidad, petróleo, mediciones de flujo, gas licuado.

ABSTRACT

This paper presents the results obtained during several years of work in ensuring the traceability of liquefied petroleum gas measurements in the country and the results of incorporating flow measurement and its metrological traceability to the Calibration Laboratory of Clear Products of the Cuba Petroleum Union (CUPET).

Keywords: traceability, oil, flow measurements, liquefied gas.

INTRODUCCIÓN

La Unión Cuba Petróleo (CUPET) por más de una década ha realizado un esfuerzo importante dirigido al mejoramiento del aseguramiento metrológico de las mediciones del gas licuado de petróleo (GLP), a través de la implementación de un "Programa de automatización de las mediciones de los inventarios y de la instalación de sistemas de medición en cargaderos y descargaderos marítimos y de camiones cisterna", en lo adelante programa.

El Programa comenzó con la automatización de las mediciones de volumen y flujo en los depósitos de almacenamiento y cargaderos de camiones cisterna y continúa con la instalación de equipos de medición en los muelles, en los que se realiza la transferencia de custodia del GLP comercializado por vía marítima. Además, se realizó la puesta en marcha del Laboratorio de Calibración de Productos Claros de CUPET (LCPC), (Franco y otros, 2017).

Estos sistemas permiten establecer errores acordes con las recomendaciones internacionales para el control de los inventarios y las transferencias de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML, 2019), y cumplir con la normativa nacional NC 918:2018 y NC 994:2020 (Oficina Nacional de Normalización, 2019; Oficina Nacional de Normalización, 2020a). El trabajo realizado se complementó con el establecimiento de la cadena de trazabilidad metrológica al LCPC y por esta vía a los patrones de referencias del país trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), (Franco y otros, 2019; Mendoza, 2022; Turiño, 2022).

Por cuanto se ha acumulado una experiencia de trabajo de varios años de explotación de los "Sistemas automáticos de medición de tanques y de transferencia de custodia con flujómetros", con trazabilidad demostrada al LCPC de CUPET, el objetivo de este trabajo es analizar estos resultados y realizar propuestas para su mejora.

Mediciones en la transferencia del GLP

En cualquier industria resulta de vital importancia monitorear y controlar el traspaso de mercancías de alto valor, como por ejemplo los hidrocarburos, esto se logra por medio de contratos entre las partes que interviene, convirtiéndose en actividades de transferencia de custodia. Entiéndase ésta como: el traspaso de responsabilidad de un producto de un propietario a otro. La transferencia de custodia se da en varios puntos de la trayectoria del producto desde el borde del pozo hasta el usuario final. Algunos de los puntos de transferencia de custodia están recogidos en la norma NC 994:2020 (Oficina Nacional de Normalización, 2020a), y se destacan:

- Inyección del crudo al oleoducto (de propiedad del transportador) por el productor (despachador).
- Recepción del crudo en una instalación de almacenamiento de Refinería.
- Inyección de un producto refinado al oleoducto.
- Movimiento de un producto al oleoducto a través de un límite jurisdiccional.
- Entrega del producto refinado en la instalación de almacenamiento para venta.

Para que las mediciones se puedan llevar a cabo de manera correcta, se diseñan y se instalan sistemas de medición en los que el componente principal del sistema de medición es el medidor de flujo. Un sistema de medición de hidrocarburos se define como el conjunto de elementos físicos, equipos, instrumentos e instalaciones, así como también los principios metrológicos, normas y estándares a través de los cuales se cuantifican las cantidades o volúmenes de hidrocarburos que son producidos,

consumidos, transportados o transferidos en custodia o en punto de venta, de petróleo crudo, gas natural y condensados. Un medidor de flujo o flujómetro, no es más que un dispositivo que mide la variación de flujo másico o volumétrico de un fluido que se mueve en un conducto abierto o cerrado (Mendoza Sánchez, 2022).

En la Figura 1 se presenta el esquema de las mediciones que se realizan en la transferencia del GLP. Este comienza con la medición de la transferencia de custodia del arribo del producto por vía marítima, en algunos casos, la recepción del producto se puede realizar desde instalaciones de almacenamiento, a través de ductos de una refinería, por ejemplo, a otra instalación de almacenamiento y distribución. En ambos casos se requiere de calibración acorde a la norma cubana NC 994:2020, la cual establece los errores máximos permisibles y la frecuencia de realización de esta. En esta Figura 1 también aparecen los flujómetros de suministro a estaciones de llenado de cilindros para uso doméstico. Por lo general estos flujómetros se utilizan para realizar balances de entrega y se consideran de proceso, por lo que requieren de calibración. En los cargaderos de camiones también se realiza transferencia de custodia, por lo que los flujómetros se calibran acorde a la NC 994:2020.

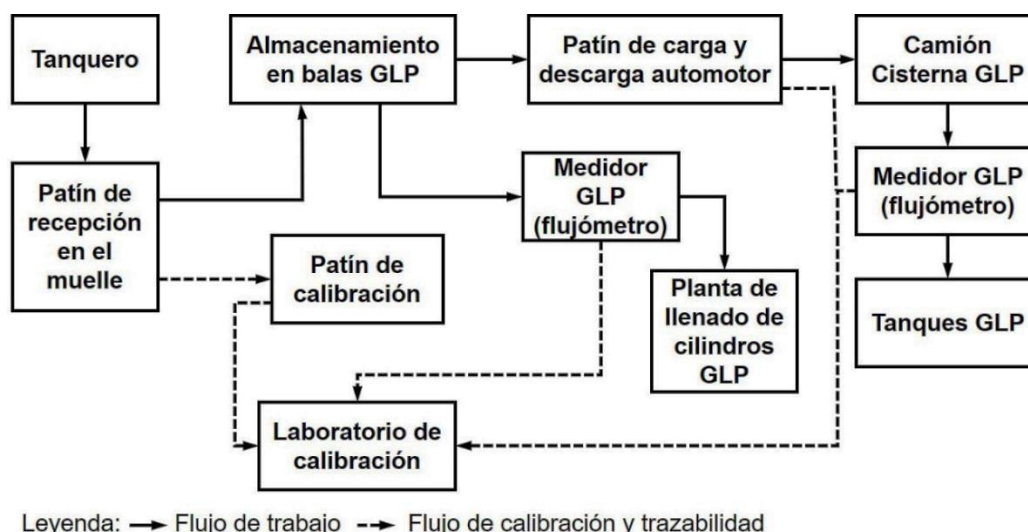


Fig. 1. Mediciones en la transferencia del GLP

Para aseguramiento de la calidad de las mediciones de flujo de combustibles claros se creó un grupo de trabajo que dirigió el proyecto de automatización de los cargaderos de la zona central del país incluyendo la Refinería Sergio Soto, se elaboró la cadena de trazabilidad metrológica a emplear, la concepción y fundamentación de su aseguramiento metrológico.

La confianza en las mediciones que se realizan incluye la trazabilidad metrológica, que, según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), se define como: “propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida” (Oficina Nacional de Normalización, 2020b, pág. 34).

La Dirección de Tecnomática y la Dirección Técnica de CUPET presentaron y discutieron con la ONN el proyecto de la cadena de trazabilidad en CUPET, el que fue aprobado con la participación del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET). Los resultados del trabajo de investigación y conceptualización incluyeron

la creación del LCPC como inversión inducida, laboratorio que constituye la base del aseguramiento metrológico de la magnitud flujo de combustibles claros en todas las instalaciones del país (Turiño, 2022). La trazabilidad al LCPC puede pasar a través de estaciones móviles llamadas también patines (*skid*) de calibración. La Refinería de Cienfuegos posee un patín de este tipo, con el cual se realiza la calibración de sus flujómetros de recepción/entrega en muelle y de cargaderos automotores por lo tanto la trazabilidad de este patín se realiza directamente al LCPC.

Los patines se caracterizan por incluir en una sola instalación de medición todo el equipamiento necesario para la realización de transferencia fiscal, que incluye aireador, válvulas de control de presión para garantizar que el flujómetro mida solo líquido y que no tenga componente gaseoso. Se complementa el equipamiento con una computadora de flujo que recibe los parámetros de temperatura presión y densidad y realiza la corrección del volumen a temperatura de referencia además tiene otras funciones como son almacenar y proteger las mediciones de transferencia con objetivo de auditoría inclusive.

Sistemas automáticos de control de inventarios de GLP

Los sistemas automáticos de medición de nivel (SAMN) en tanques de almacenamiento de GLP permiten fundamentalmente establecer el control de inventarios en tiempo real por cuanto controlan tanto los niveles de líquido en tanques en relación con su correspondiente tabla de aforo o capacidad certificadas, así como los parámetros influyentes para el cálculo del volumen a la temperatura de referencia (temperatura y presión), tanto de la fase líquida como de la fase gaseosa, permitiendo realizar el control total de entradas y salidas del producto y capacidad almacenada. Están también certificados para realizar transferencia de custodia por capacidad de tanque en aquellos casos que no se disponga o que existan problemas con la medición de los flujómetros en la recepción y entrega.

El equipamiento de medición instalado en los tanques se comunica a través del protocolo *Modbus* de campo con el sistema digital de procesamiento, almacenamiento y control. De forma general, los sistemas automáticos de control de inventarios tienen las funciones siguientes:

- Control *online* de inventarios.
- Control de trasiegos.
- Control de fase de líquidos.
- Control de datos del producto t (°C); ρ (kg/m³), P (bar).
- Alarmas de determinados niveles.
- Cálculos de volúmenes corregidos a t de referencia, según las normas API/OIML.
- Balances automáticos de entrega/recepción.
- Almacena la información del sistema, presenta reportes de históricos etc.

Calibración de los depósitos de GLP

La calibración (aforo) de los tanques de almacenamiento de GLP se realiza por el Sistema Nacional de Metrología (SENAMET) y constituye el valor de referencia de volumen en función de la altura de líquido en el tanque, estas tablas se introducen en los SAMN íntegramente.

Cuando se realizó la puesta en marcha del SAMN, la calibración inicial fue ejecutada por el SENAMET según la norma NC 1065:2015 (Oficina Nacional de Normalización,

2015) y se utilizó agua para realizar las mediciones en varios niveles. De esta forma, el sistema quedó funcionando con su correspondiente certificación, el error permisible de esta calibración es 1 mm

Los tanques de almacenamiento de GLP trabajan presurizados, no siendo posible implementar su calibración periódica de forma similar a la establecida para tanques no presurizados. Para estos fines se considera posible la utilización de cintas de medición especiales para tanques presurizados y dispositivos de acople los cuales se deben prever en la etapa de proyecto o ser incorporados durante reparaciones o mantenimientos constructivos donde se puedan vaciar los mismos. Estas cintas tienen posibilidad de medición de altura desde el fondo y desde el registro de medición, según se necesite. Además, incorporan la medición de temperatura del líquido por lo que son ideales para la calibración de los SAMN.

Aseguramiento metrológico de las mediciones de flujo

Como antecedentes a los actuales sistemas para el aseguramiento metrológico de las mediciones de flujo se tienen los siguientes:

- Hasta la creación del LCPC en 2015 las Empresas Mixtas de manejo de GLP calibraban sus flujómetros principales en el extranjero
- La Refinería de Cienfuegos, en 2015 nombrada Cuvenpetróleo, contaba con una instalación patrón móvil, la cual había sido calibrada en Holanda y con esta establecía una cadena de trazabilidad para sus flujómetros instalados y usados para hidrocarburos ligeros, incluyendo GLP, en recepción marítima, entrega a camiones y a instalación de llenado de cilindros.
- Todas las calibraciones ejecutadas en el extranjero se realizan con agua como líquido de medición incluyendo la certificación de fábrica que traen los flujómetros y que se acepta por las autoridades metrológicas nacionales como válidas para su instalación y uso por un periodo regulado por la disposición general DG-01:2020 "Instrumentos de medición sujetos a Control Metrológico Legal según los campos de aplicación donde serán utilizados", en función de la condición del instrumento de medición si es para transferencia fiscal o de proceso.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se implementó la calibración de los flujómetros de GLP en el LCPC y se evaluó el Aseguramiento Metrológico obtenido por los resultados de las calibraciones realizadas en varios años de los flujómetros.

En la Figura 2 se muestran los resultados de la calibración del flujómetro en la recepción del muelle de la Refinería Níco López-Pumagás. Como se aprecia, todos los valores se encuentran en el intervalo de $\pm 0,1$ %, mientras que el valor del error permisible en la transferencia, según la norma NC 994:2020, es $\pm 0,5$ %, por lo que se cumple holgadamente.

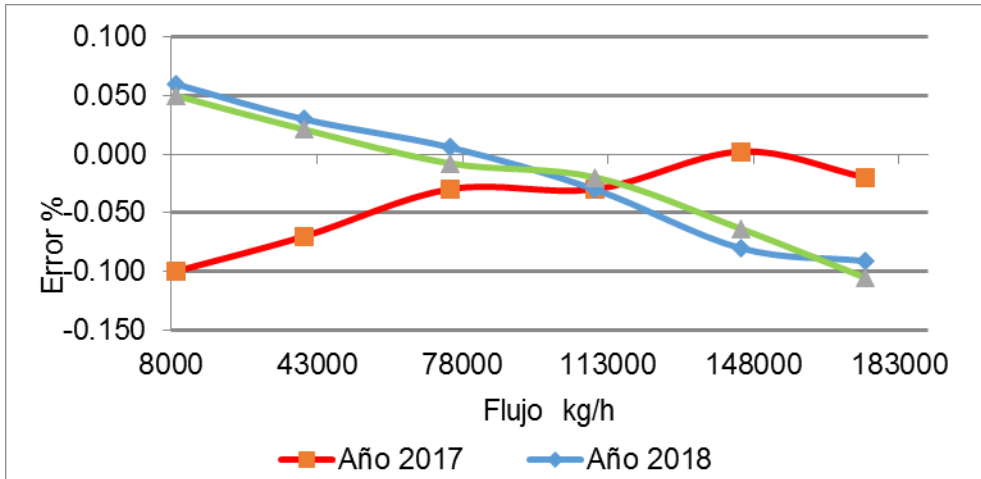


Fig. 2. Resultados de la calibración del flujómetro en la recepción del producto en la Refinería Níco López - Pumagás.

En la Figura 3 se muestran los resultados de la calibración del flujómetro del muelle de la Refinería de Petróleo Hermanos Díaz. En este caso, el 95 % de los valores se encuentran en el intervalo de $\pm 0,1$ %.

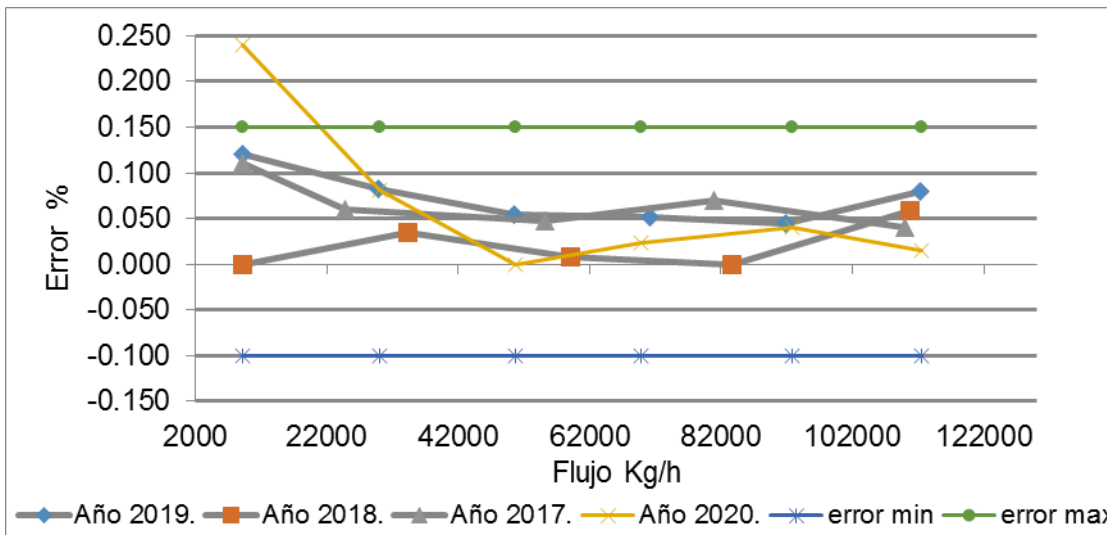


Fig. 3. Resultados de la calibración del flujómetro 3" en la recepción de la Refinería de Petróleo Hermanos Díaz.

En las Figuras 4 y 5 se presentan los resultados de la calibración de los flujómetros patrones, que conforman el patín de la Refinería de Cienfuegos. En estas figuras se incorporan los resultados de dos calibraciones previas realizadas en la fábrica Endress en Suiza en 2010 y una segunda realizada en el Instituto Nacional de Metrología (VSL) de Holanda en 2015.

Las dos calibraciones previas (en fábrica y VSL) fueron realizadas con instalaciones que usan agua como líquido de trabajo y se limitaron a valores menores de flujo que las realizadas en el LCPC. Sin embargo, por su valor como referencia para evaluar los sistemas establecidos en el país se realizó una intercomparación de los resultados de las mediciones.

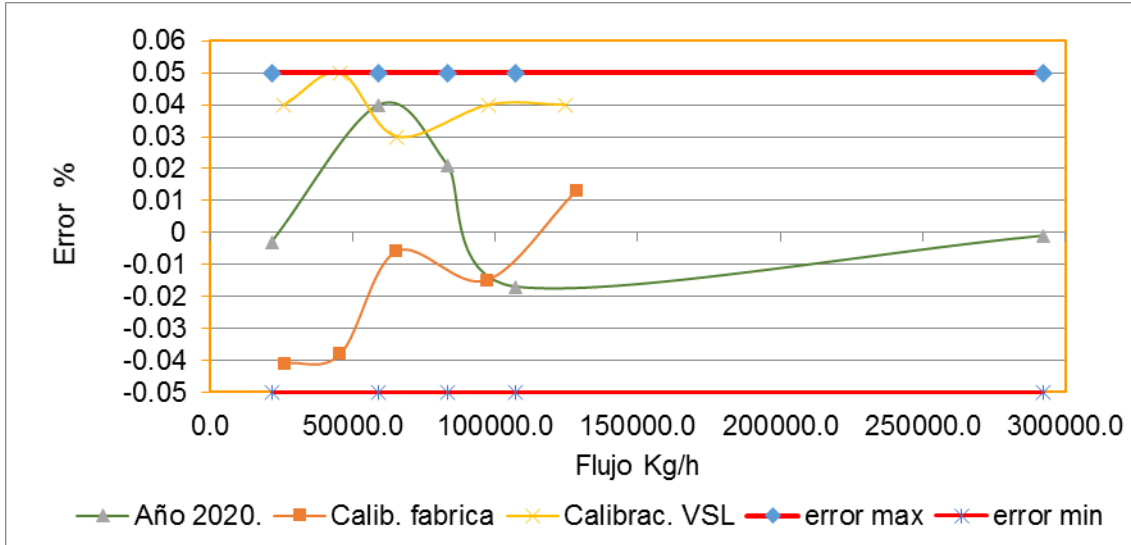


Fig. 4. Resultados de la calibración del flujómetro 6" patrón en el patín de la Refinería de Cienfuegos.

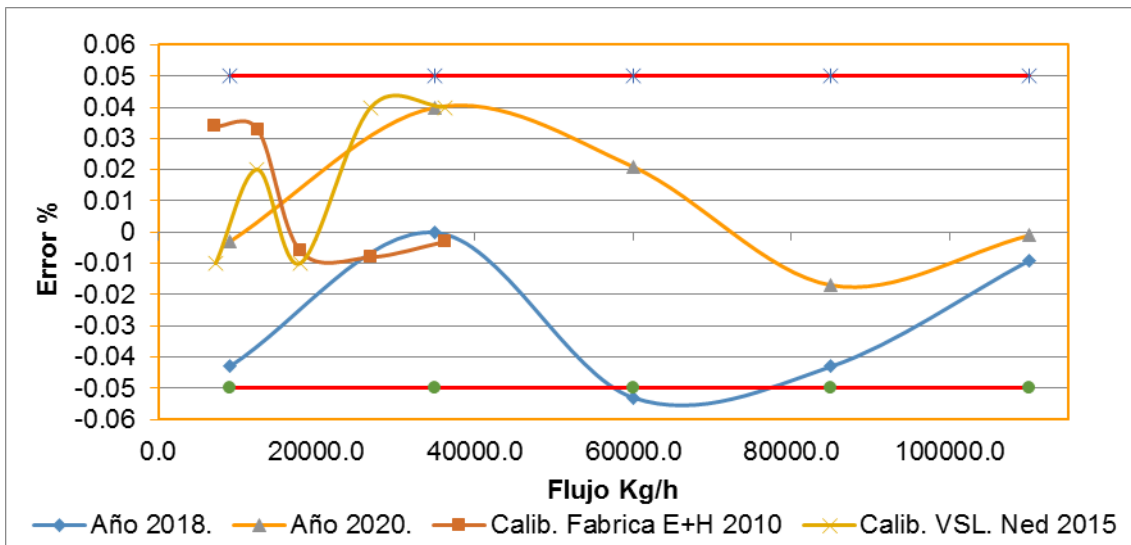


Fig. 5. Resultados de la calibración del flujómetro 3" patrón en el patín de la Refinería de Cienfuegos.

Evaluación de resultados de las calibraciones

Para la determinación del grado de equivalencia (DoE) de los resultados de las calibraciones realizadas en Cuba y en el extranjero, se utilizó el método del error normalizado (En) descrito por Cox (2002) para evaluación de resultados de comparaciones interlaboratorios. El valor de referencia se calcula como la media ponderada de los resultados de las mediciones para cada flujo.

En las Tablas de la 1 a la 4 se muestran los resultados obtenidos para los dos flujómetros estudiados. El grado de equivalencia (DoE) se expresa a través de las diferencias D_i entre los valores obtenidos y la referencia, la incertidumbre asociada UD_i y el error normalizado de las diferencias entre los laboratorios para los tres niveles de flujo estudiados. De forma general, la evaluación realizada demuestra una buena reproducibilidad de los resultados de calibración durante varios años en diferentes laboratorios de referencia e inclusive con diferentes líquidos de calibración. El

flujómetro patrón de 3" muestra los mejores resultados, pues hay mayor coincidencia de los puntos de calibración.

Tabla 1. Resultados de las intercomparaciones de las calibraciones para el flujómetro patrón 6" de la Refinería de Cienfuegos.

Calibraciones	Valores de flujo Q (kg/h)					
	25000		50000		120000	
	D _i	UD _i	D _i	UD _i	D _i	UD _i
LCPC 2020	0,001	0,113	0,037	0,114	-0,024	0,107
Endress 2010	-0,037	0,073	-0,041	0,074	-0,022	0,063
VSL Holanda	0,044	0,076	0,037	0,077	0,033	0,066

Tabla 2. Resultados del error normalizado para el flujómetro patrón 6" de la Refinería de Cienfuegos.

Flujos (Kg/h)	Error normalizado de la diferencia entre laboratorios			
		LCPC 2020	Endress	VSL
25000	LCPC 2020		0,68	-0,757
	Endress	-0,68		-2,201
	VSL	0,757	2,201	
50000	LCPC 2020		0,078	0,000
	Endress	-0,078		-0,078
	VSL	0,000	0,078	
120000	LCPC 2020		0,0002	-0,057
	Endress	0,0002		-0,055
	VSL	0,057	0,055	

Tabla 3. Resultados de las intercomparaciones de las calibraciones para el flujómetro patrón 3" de la Refinería de Cienfuegos.

Calibraciones	Valores de flujo Q (kg/h)									
	9000		12000		17000		26000		36000	
	D _i	UD _i	D _i	UD _i	D _i	UD _i	D _i	UD _i	D _i	UD _i
LCPC 2018	-0,057	0,104	0,019	0,105	0,007	0,103	-0,019	0,103	-0,018	0,102
LCPC 2020	-0,017	0,104	0,049	0,105	0,002	0,103	0,01	0,0103	0,012	0,102
Endress 2010	0,02	0,037	-0,024	0,041	-0,019	0,036	-0,019	0,037	-0,015	0,033
VSL Holanda	-0,024	0,042	0,029	0,045	0,027	0,041	0,029	0,042	0,022	0,038

Tabla 4. Resultados del error normalizado para el flujómetro patrón 3” de la Refinería de Cienfuegos.

Flujos (Kg/h)	Laboratorios	Error normalizado de la diferencia entre laboratorios			
		LCPC 2018	LCPC 2020	Endress	VSL
9000	LCPC 2018		-0,04	-0,077	-0,033
	LCPC 2020	0,04		-0,037	0,0007
	Endress	0,077	0,037		0,044
	VSL	0,033	0,0007	-0,044	
12000	LCPC 2018		-0,03	0,043	-0,01
	LCPC 2020	0,03		0,073	0,02
	Endress	-0,043	-0,073		-0,053
	VSL	0,01	-0,02		
17000	LCPC 2018		0,0005	0,026	-0,02
	LCPC 2020	0,0005		0,021	-0,025
	Endress	-0,026	-0,021		-0,046
	VSL	0,02	0,025	0,046	
26000	LCPC 2018		-0,029	0	-0,048
	LCPC 2020	0,029	,	0,029	-0,019
	Endress	0	-0,029		-0,048
	VSL	0,048	0,019	0,048	
36000	LCPC 2018		-0,03	-0,0003	-0,04
	LCPC 2020	0,03		0,027	-0,01
	Endress	0,0003	-0,027		-0,037
	VSL	0,04	0,01	0,037	

Los flujómetros evaluados se mantienen dentro del rango de error de la clase 0,05 por lo que pueden realizar su función de diseminación de la unidad con trazabilidad metrológica demostrada al SI. A pesar de no ser un ejercicio de intercomparación internacional planificado y realizado en condiciones previamente acordadas es bueno el resultado referente a la calidad de los flujómetros y el desempeño de los laboratorios en la obtención de resultados comparables.

Los resultados de las calibraciones realizadas a dos flujómetros en la cadena de distribución de GLP se muestran en las Figuras 6 y 7 y en la Tabla 5. Los resultados de la calibración del flujómetro del muelle de carga/descarga con el patín de calibración de la Refinería de Cienfuegos fueron satisfactorios para todo el intervalo de flujo (Figura 6) por lo que se declaró apto para el uso.

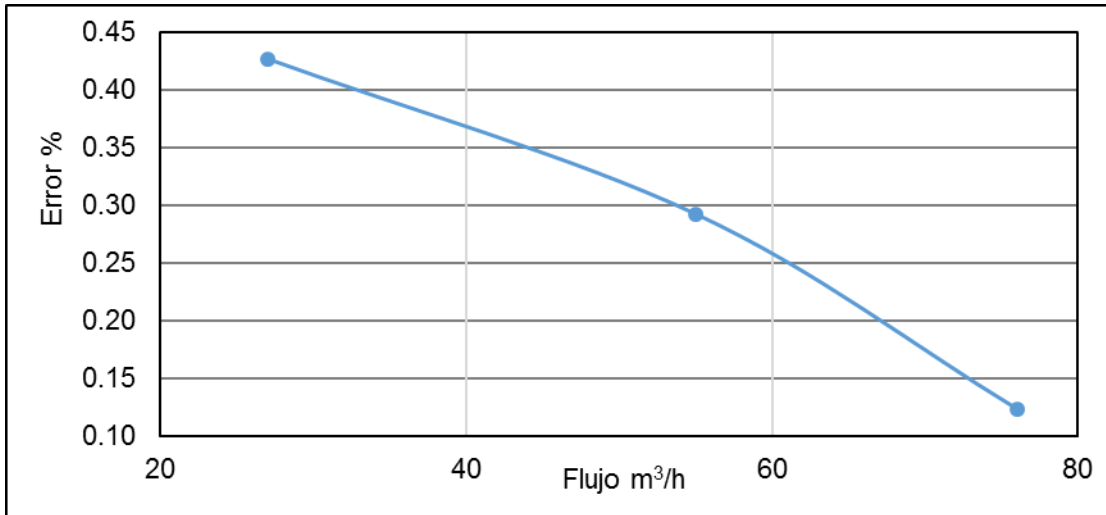


Fig. 6 Resultado de la calibración del flujómetro de carga/descarga con el patín de calibración de la Refinería de Cienfuegos

Los resultados de la calibración de un flujómetro de camión cisterna GLP de Pungas (Figura 7 y Tabla 5) realizado en el LCPC son altamente satisfactorios. Sin embargo, la calibración de este instrumento en el laboratorio implica una seria dificultad relacionada con el desarme del sistema para poder calibrarlo, por lo que es necesario implementar la calibración de este tipo de instrumento a través de un medidor maestro, de forma tal que se realice sin tener que desarmarlo.

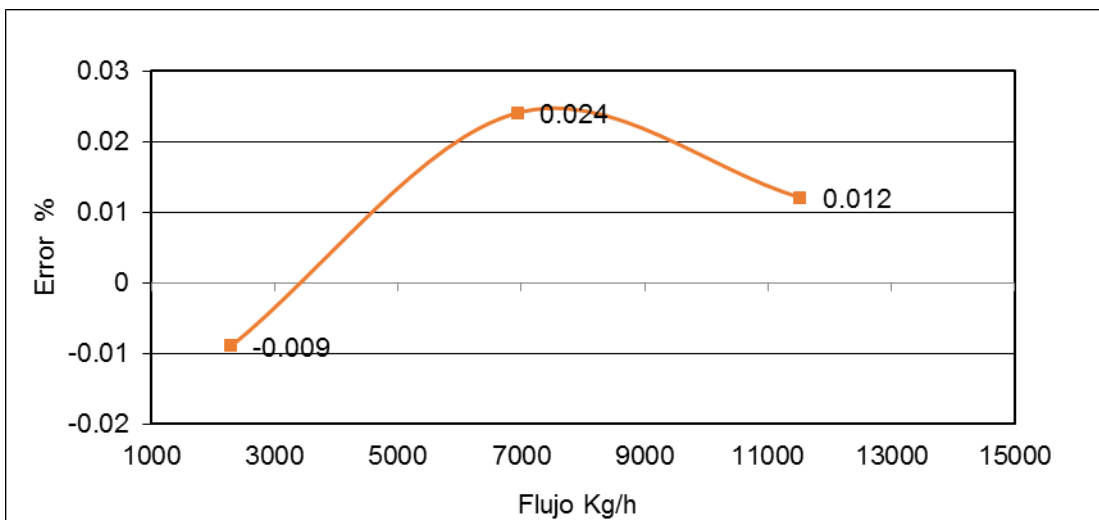


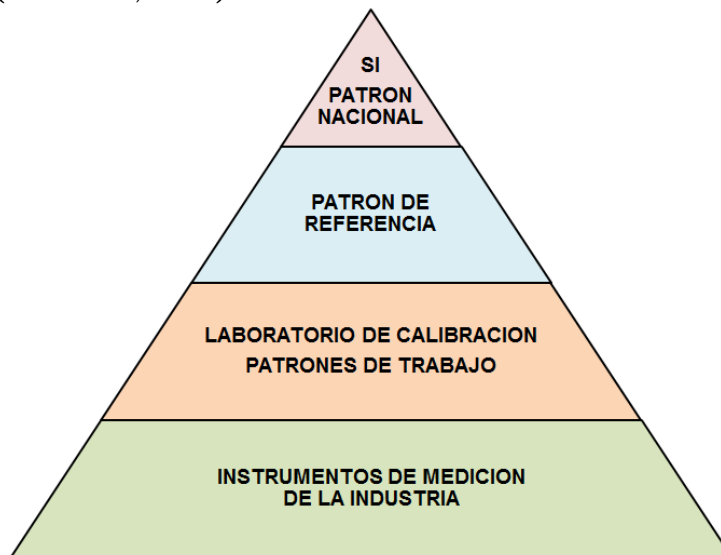
Fig. 7. Resultado de la calibración de un flujómetro de camión cisterna de GLP en el LCPC.

Tabla 5. Resultados calibración de flujómetro de camión cisterna GLP en el LCPC

Caudal, kg/h	Medición del instrumento a calibrar, kg	Medición del patrón, kg	Volumen normalizado del instrumento calibrar, l	Volumen normalizado del patrón, l	Desviación %
2299	514,1	514,1	651,6	651,7	-0,009
6944	1003,9	1003,6	1274,7	1274,4	0,024
11528	996,3	996,2	1269,5	1269,4	0,012
Desviación promedio %		0,009	Factor del metro		0,999909

Trazabilidad metrológica de volumen y flujo

La Figura 8 representa la pirámide, que se tiene en cuenta para el diseño de la cadena de trazabilidad metrológica a aplicar en el país para las mediciones de volumen y flujo de productos derivados del petróleo. Esta agrupación piramidal asegura que todos los equipos y patrones tengan la adecuada trazabilidad metrológica a patrones nacionales o internacionales (Mendoza, 2022).



*Fig. 8. Pirámide de trazabilidad metrológica
Fuente: Villalobos y Valdivia (2019).*

La cadena de trazabilidad al SI de las magnitudes volumen y flujo de combustibles se muestra en la Figura 9. Como se aprecia el LCPC tiene trazabilidad a los patrones de referencias del INIMET y funciona como punta de la pirámide de trazabilidad para todas las mediciones de flujo de productos derivados del petróleo.

La capacidad del LCPC para transmitir la unidad de medida eficientemente y garantizar la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales permite sustituir en gran medida la necesidad de importación de servicios de calibración. La sostenibilidad del aseguramiento metrológico de las mediciones de volumen y flujo en la cadena de distribución de combustibles claros tiene importancia estratégica para el desarrollo energético del país.

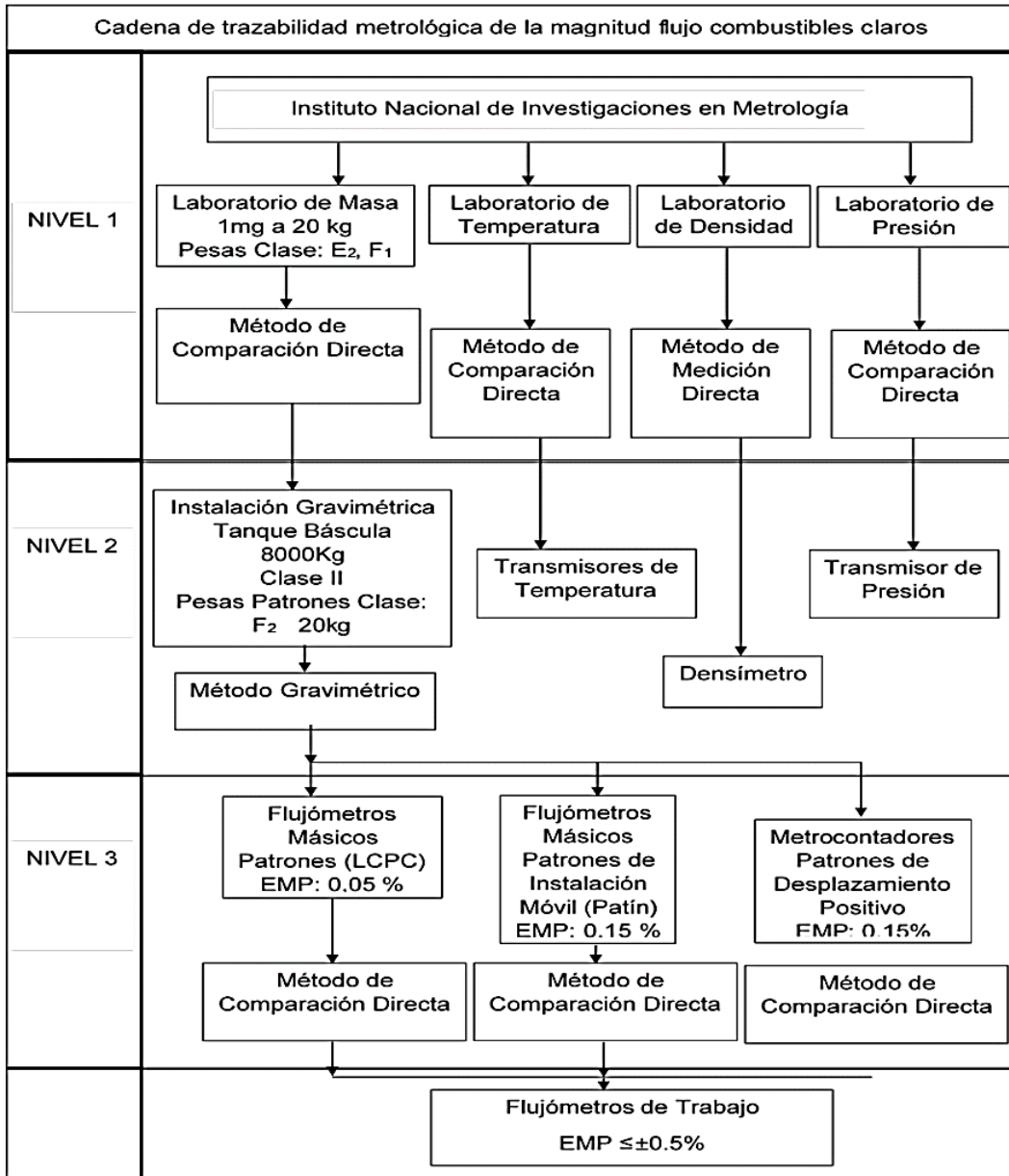


Fig. 9. Cadena de trazabilidad metrológica de la magnitud flujo de combustibles claros para todo el país.

La demostración de la trazabilidad metrológica de los resultados de las mediciones realizadas con los instrumentos de medición patrones en los laboratorios de calibración es uno de los requisitos fundamentales de la competencia técnica, establecido en la norma internacional NC-ISO/IEC 17025:2017 (Oficina Nacional de Normalización, 2017). Esta condición debe ser gestionada adecuadamente, partiendo de los requerimientos del estado actual y deseado del desarrollo económico y social del país, y teniendo en cuenta tanto la selección de los instrumentos de medición patrones que se necesitan, como los proveedores de los servicios de calibración que garantizarán la cadena ininterrumpida de calibraciones hasta los patrones primarios de las unidades de medida.

La cadena cuenta con tres niveles, el nivel I de la misma, es responsabilidad de la ONN, y es ejecutado por el INIMET, el laboratorio de masa de este instituto, con sus

masas patrones calibran el sistema de medición gravimétrico instalado en el LCPC, el cual tiene un alcance de hasta 8000 kg. Los laboratorios de Presión, Temperatura y Densidad del INIMET también forman parte del Nivel I y tienen su trazabilidad metrológica demostrada (Villalobos y otros, 2019).

En el nivel II de la cadena están los instrumentos auxiliares que realizan las mediciones complementarias del proceso de calibración en el LCPC, en las magnitudes presión, temperatura, además de densidad con el densímetro de inmersión oscilatorio, el cual es parte importante del proceso, ya que sus mediciones son utilizadas en el resultado final de la calibración, y para las calibraciones de los flujómetros volumétricos.

Al constituir el LCPC fue propuesta del Instituto Nacional de Metrología asegurar la calibración en el país en las magnitudes de flujo de combustibles claros, masa, temperatura y presión, pues el INIMET garantiza la trazabilidad metrológica de sus patrones de referencia al SI, siendo los responsables de garantizar el servicio de calibración de los instrumentos de medición que están instalados en este laboratorio.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado, tanto de calibración de flujómetros como de sistemas automáticos de medición de nivel de los depósitos, garantiza el aseguramiento metrológico de las mediciones de GLP en el país. La calibración de sistemas automáticos de medición de nivel de los depósitos permite una elevada exactitud en la puesta marcha, siendo periódica en su implementación al agregar los accesorios de acople y el uso de cintas de medición para tanques presurizados, asegurándose el control sistemático y la medición en condiciones de fallo o avería de los SAMN. El LCPC cuenta con la capacidad de transmitir la unidad de medida eficientemente y garantizar la trazabilidad metrológica a los patrones de referencia trazables al SI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cox, M. (2002). The evaluation of key comparison data. *Metrologia*, 39, 589-595.
- Franco, J., Turiño, E., Estévez, A., Hernández, M., & Mendoza, R. (2019). Aseguramiento Metrológico de la medición de flujo y volumen en la Industria Petrolera Cubana. AMMAC XXVII Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Evaluación de la Conformidad. México.
- Franco, J., Turiño, E., Mendoza, R., Pérez, F., Hugues, A., Tamayo, J., Hernández, J. M. (2017). Puesta en Marcha del Laboratorio de Calibración de Flujómetros para Productos Claros de CUPET (LCPC). *Boletín Científico Técnico INIMET* (2), 31-25. Obtenido de <http://www.cgdc.cu/sites/default/files/publicaciones/bct-inimet-2-2017.pdf>
- Mendoza, R. A. (2022) Aseguramiento Metrológico a los Sistemas de Medición Automáticos de Carga de Camiones para Combustibles Claros en Depósitos y Refinerías del País. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Metrología. Universidad de La Habana.
- Oficina Nacional de Normalización. (2020a). NC 994:2020 Condiciones y requisitos técnicos para la medición fiscal y transferencia de custodia o propiedad de petróleo y sus derivados. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Oficina Nacional de Normalización. (2020b). Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados – VIM (NC-OIML V2-200: 2020, publicado por la OIML en 2012).

- Oficina Nacional de Normalización. (2019). NC 918:2019 Metros contadores para combustibles líquidos derivados del petróleo — métodos y equipos para la calibración. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Oficina Nacional de Normalización. (2017). NC-ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Oficina Nacional de Normalización. (2015). NC 1065:2015 Sistemas Automáticos de Medición de Nivel en Tanques Estacionarios de Almacenamiento — Métodos y Equipos de calibración Sistemas Automáticos de Medición de Nivel en Tanques. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- OIML. (2019). OIML R 117-1:2019 Dynamic measuring systems for liquids other than water. Part 1 Metrological and technical requirements. Paris: International Organization of Legal Metrology.
- Turiño, E. (2022). Aseguramiento Metrológico de los flujómetros en el Laboratorio de Calibración de Productos Claros de CUPET. Tesis de Maestría en Metrología. Universidad de La Habana.
- Villalobos, N.; Valdivia, R. Y., Pedro, S. C., Hernández, A. R., Navarro, M. J., Inchaurtieta, R., Álvarez, M. A., La Rosa, N., Buzón, F. J., López, A., Frometa, I., Limonta, M., Pérez, E., Valdés, N., Oharriz, A., Gil, C. Trazabilidad Metrológica del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología. Proyección como Instituto Nacional de Metrología de la República de Cuba. Boletín Científico Técnico - INIMET, 1-2, 5-15. Obtenido de <http://www.cgdc.cu/sites/default/files/publicaciones/bct-inimet-1-2-2019.pdf>

Este artículo no tiene conflicto de intereses

CONTRIBUCCION AUTORAL

José Franco Fernández: conceptualización, curación de datos, análisis formal, redacción del borrador original y por último la redacción (revisión y edición).

Eddy Turiño Echeverría: supervisión, redacción del borrador original.

Ramón Mendoza Sánchez: redacción del borrador original y por último la redacción (revisión y edición).

Alexis Gómez Domínguez: supervisión, redacción del borrador original.