

## **Diagnóstico Metrológico de una instalación automatizada de calibración de metro contadores con agua como líquido de trabajo.**

*Metrological Diagnosis of an automated meter installation with water as working liquid*

Lic. Fran Javier Buzón-González<sup>1</sup>; Lic. Yan Carlos Leyva-Labrador<sup>1</sup>; M. Sc. Regla Inchaurtieta-Ramos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET). Laboratorio de Volumen. Oficina Nacional de Normalización (ONN) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba

Consulado No. 206 e/. Trocadero y Ánimas, Centro Habana. La Habana

Correo: [franb@inimet.cu](mailto:franb@inimet.cu); <https://orcid.org/0000-0001-5157-8564>

### **RESUMEN**

El trabajo presenta las exigencias fundamentales que deben cumplir las instalaciones automatizadas de calibración de metros contadores que utilizan agua como líquido de trabajo y el diagnóstico metrológico de una de estas instalaciones, la APU-011/600. Con este objetivo se utilizó la Norma Cubana Guía 857-1:2011, la documentación tecnológica suministrada por el proveedor y la experiencia profesional de los autores. De manera que al poner en marcha la instalación de calibración de metros contadores, esta cuenta con todos los recursos materiales e instrumentos patrones que garanticen la trazabilidad de sus mediciones y su funcionamiento exitoso en Cuba.

**PALABRAS CLAVE:** metro contadores, agua, flujo, calibración, diagnóstico metrológico, trazabilidad, aseguramiento metrológico

### **ABSTRACT**

This paper shows the fundamental requirements that should fulfill the automated of the flow meter calibration facilities that use water as work liquid and the metrological diagnosis of one of these facilities, the APU-011/600. With this objective it was used the Cuban Standard NC Guide 857-1:2011, the technological documentation supplied by the provider, and the authors' professional experience. So when the flow meter calibration facility starts working it counts with the material resources and standard instruments that guarantee the traceability of its measurements and its successful functioning in Cuba.

**KEY WORDS:** flow meters, water, flow, calibration, metrological diagnosis, traceability, metrological assurance.

### **INTRODUCCIÓN**

Debido a la importancia que tienen en Cuba los metros contadores de agua y otros líquidos no combustibles como son el alcohol, el aceite y el refresco, en el Laboratorio de Volumen del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET) se reciben, con frecuencia, solicitudes para su calibración. Con el fin de garantizar la trazabilidad metrológica en la industria cubana, se considera la posibilidad de adquirir una instalación automatizada de calibración, la APU-011/600 (Fig. 1 y Fig. 2) [1-4], especialmente diseñada para la calibración de metros contadores de líquidos no combustibles, como es el agua y otros. De esta forma se garantizaría la trazabilidad de las mediciones de los metros contadores de agua a través de la instalación de calibración.



Fig 1. Imagen exterior de APU-011/600



Fig 2. Tanques de pesaje de APU-011/600

Es por ello que se hace necesario, en primer lugar, estudiar los requerimientos técnicos de estas instalaciones automatizadas de calibración y, a su vez, realizar un diagnóstico metrológico a la documentación técnica recibida sobre la instalación en cuestión. De este modo se eliminarían demoras y acciones innecesarias a la hora de la puesta en marcha de la instalación y se contribuiría a:

- Asegurar la introducción en la producción, de los métodos y equipos de medición necesarios para garantizar la exactitud requerida, una elevada productividad, y la calidad esperada de los productos y servicios.
- Asegurar la correcta selección de los métodos y equipos de medición en conformidad con las características tecnológicas y de diseño del producto.
- Hacer posible el uso preferente de métodos y equipos de medición normalizados.
- Prever la infraestructura técnica necesaria para ejecutar el control metrológico de los equipos de medición, por el órgano facultado.
- Definir las mediciones y equipos de medición que deben ser sometidos al control metrológico legal.
- Asegurar la correcta utilización y expresión de las unidades de medida del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades de uso permitido junto con las del SI.
- Definir las propuestas de soluciones técnicas para garantizar la trazabilidad de las mediciones a las unidades del SI, así como el mantenimiento y la reparación de los equipos de medición involucrados en los procesos de medición. [5]

En aras del cumplimiento de lo antes mencionado se realizó el estudio bibliográfico de los requerimientos técnicos correspondiente y se elaboró la Tabla de levantamiento de necesidades metrológicas de la inversión, además del informe de diagnóstico. Este último contiene “ las recomendaciones que deberán ser cumplidas por los proyectistas, suministradores y constructores, para garantizar el aseguramiento metrológico de las mediciones que se ejecutarán en la obra concluida, la calidad y trazabilidad de las mediciones realizadas por los otros sujetos de la inversión durante el trabajo que les ha sido contratado, y la planificación de los recursos humanos, materiales y financieros que se requerirán durante el inicio y continuidad de la explotación de la inversión.” [5]

## DESARROLLO

Con el incremento de la demanda de metros contadores en el mercado mundial surgen compañías productoras que sacan a la luz diferentes modelos con diferentes principios de trabajo,

características metrológicas, niveles de confiabilidad, posibilidades funcionales y costos. Sin embargo, cualesquiera que sean estos instrumentos, es obligatorio que pasen por una primera verificación o calibración antes de la salida a la producción y, por supuesto, darle un seguimiento de verificación o calibración periódica durante su explotación, siempre que los metros contadores se utilicen en la esfera de trabajo del control metrológico y vigilancia estatal.

El procedimiento de verificación y calibración de metros contadores encierra en sí mismo la reproducción del flujo de líquido en un amplio diapasón de flujo, la medición de parámetros de ese flujo con medios de medición patrones, el procesamiento de los resultados de medición y la toma de decisiones sobre la idoneidad de estos instrumentos de medición para ser utilizados en correspondencia con lo que fueron designados. Debido a la cantidad de estos metros contadores a verificar, esto se convierte en algo laborioso e inevitablemente surge la necesidad de elevar la efectividad del trabajo de verificación, calibración y aseguramiento de la confiabilidad de los resultados de la verificación. En consecuencia, uno de los lugares donde se da solución a esta cuestión son las instalaciones automatizadas de calibración de metros contadores.

La experiencia positiva de utilización de estas instalaciones en el mundo acumula más de dos décadas. Por ejemplo, existe en Cuba desde el 2016 el Laboratorio de Flujo para Productos Claros en Boca de Jaruco, que se emplea en la calibración y verificación de metros contadores de combustibles y no para metros contadores de otros líquidos no combustibles. Por lo que surge la necesidad de instalar en Cuba una instalación automatizada con agua como líquido de trabajo que sirva para brindar este servicio a estos últimos. Los siguientes requerimientos técnicos a cumplir se formulan sobre la base de la experiencia de producción y explotación de estas instalaciones:

- La instalación debe garantizar la verificación de metros contadores con las señales de salida de (0 a 10) V, de 0(4) mA a 5(20) mA, de (0 a 20000) Hz, salida RS 232 (485), “contacto seco”, “colector abierto”, toma de señal foto-electrónica.
- El régimen de verificación debe establecer “*start-stop* estático” y “*start-stop* dinámico”, “*start-stop*” manual de acuerdo a las indicaciones visuales.
- Las operaciones manuales deben reducirse a la instalación del sensor primario del metro contador en la mesa de trabajo, conectando sus circuitos de salida a los circuitos de entrada de la instalación.
- La instalación debe exigir la creación de diferentes niveles de acceso al programa de trabajo de la instalación, tales como exigencia de contraseña del fabricante, del verificador.
- La instalación debe establecer la señalización y la desconexión de la protección durante situaciones de emergencia, autoevaluación de la instalación con el objetivo de mantener la seguridad del personal.
- Las instalaciones metálicas deben ser construidas de materiales anticorrosivos, ya que la presencia en los instrumentos a verificar de restos de líquido tecnológico en los sensores lleva a una acelerada corrosión en la instalación.
- La instalación debe prever un sistema constante de limpieza de agua para la eliminación de diferentes impurezas en el agua.
- La instalación debe cumplir con las exigencias de un laboratorio de verificación con respecto al nivel de ruido y vibraciones. Es necesario utilizar bombas de circulación económicas y de bajo ruido.
- La instalación debe utilizar un convertidor de frecuencia con filtros de interferencia y bobinas de red para minimizar la influencia de interferencias electromagnéticas en los instrumentos patrones y a verificar, y que complementariamente permita minimizar las pulsaciones del flujo de líquido, generado por las bombas.
- La instalación debe prever la verificación de todos los instrumentos patrones de medición incorporados sin desmontarlos del lugar de explotación.

- La instalación debe garantizar la estabilización de los flujos de verificación con un error dado.
- La amplia difusión de metros contadores tecnológicos de clase de exactitud 0,15 % exige, que la clase de exactitud de la instalación sea no peor que 0,05 %, por lo tanto, debe poseer dos formas de verificación: *master meter* (comparación con metros contadores patrones) y gravimétrica (pesaje estático), convenientemente.
- La instalación debe considerar como imprescindible establecer un sistema para el control de la presencia de fugas de agua en la trayectoria hidráulica.
- La instalación debe garantizar la posibilidad de crear en la trayectoria hidráulica la presión necesaria para el método previsto de verificación a los instrumentos.
- La instalación debe tener en cuenta que el sistema de eliminación de aire debe garantizar la separación del aire del líquido de trabajo (agua) y su eliminación del camino hidráulico. Se debe prever la colocación en la tubería de una ventana transparente para controlar visualmente la presencia de burbujas de aire en el agua.
- La instalación debe monitorear la temperatura y presión en el laboratorio y la ruta de medición de la instalación, la introducción de correcciones apropiadas al calibrar los metros contadores de referencia para tener en cuenta el efecto del desplazamiento de aire y teniendo en cuenta el nivel de aire en el agua utilizada en la instalación.
- La instalación debe ser fabricada en forma de bloques, lo cual es necesario para garantizar la posibilidad de su envío al cliente en cualquier medio de transporte.
- La instalación debe poseer un diseño moderno y garantizar condiciones de confort personal para el trabajo, excepto las necesarias características técnicas. [2] [3] [4]

Conocer estos requerimientos técnicos y aplicarlos ayuda a realizar el diagnóstico metrológico de la documentación técnica de estas instalaciones automatizadas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Del resultado del análisis de la documentación técnica se conformó la Tabla 1 de levantamiento de necesidades metrológicas de la inversión (se muestra un fragmento en la Tabla a continuación), teniendo en cuenta las condiciones de nuestro país, como pueden ser los modelos de metros contadores de líquidos no combustibles que más abundan en Cuba y las posibilidades de futura calibración de los instrumentos patrones de la APU-011/600.

Tabla 1 Levantamiento de necesidades metrológicas de la inversión

No. de orden	Denominación del equipo de medición/ Magnitud (variable) a Medir	Cantidad de equipos de medición previstos	Ubicación/ Lugar/ Proceso	Características técnicas y metrológicas				Cambios propuestos	Control metrológico que requiere	Posibilidades de			
				Valor de división/ Resolución	Error máximo permisible/ Tolerancia	Rango de medición	Otras de interés metrológico			Calibración/ Verificación	Reposición	Reparación	Mantenimiento
1	Termómetro de laboratorio ТЛ - 4,	1	Sistema de la línea de trabajo. (SLT) Medir la temperatura del agua.	0,1 °C	-----	de (0 a 55) °C	-----	Sustituir por una PT-100	Calibración	NO	SI	NO	SI
2	Termo-convertidores de resistencia TCP-1088, 000	1	Sistema de la línea de trabajo. (SLT) Medir la temperatura del agua.	-----	Clase A	de (-50 a +500) °C	-----		Calibración	SI	SI	NO	SI
3	Manómetro indicador del modelo DM05100	2	Sistema de la línea de trabajo. (SLT) Control visual de la presión	-----	Clase de exactitud 1,0	Límite superior de medición 6 kgf/cm <sup>2</sup>	-----		Calibración	SI	SI	NO	SI

Seguidamente, los autores de este artículo elaboraron, en el Laboratorio de Volumen del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, un informe de diagnóstico donde se presentaron los siguientes resultados:

Será necesario:

- Llegar a acuerdos concretos con el proveedor respecto a las balanzas, pues se propone, entre otras cosas, adquirir una balanza de 10 000 kg de límite máximo.
- Sustituir los metros contadores de referencia por otros de error relativo 0,1 %, ya que se pretende calibrar con ellos metros contadores de líquidos no combustibles de hasta 0,3 % de error relativo.
- Comenzar el flujo mínimo de la instalación automatizada desde 0,3 m<sup>3</sup>/h en vez de 0,025 m<sup>3</sup>/h, pues en Cuba, los metros contadores de interés para este tipo de instalación automatizada no llegan a estos valores tan bajos de flujo.
- Utilizar dos metros contadores de referencia en vez de cinco, debido a que se considera que dos sean suficientes para cubrir el intervalo de flujo.
- Incrementar los diámetros nominales de las tuberías hasta 300 mm, pues se dan estos valores en nuestro país para ciertos metros contadores de agua.
- Sustituir el termómetro de laboratorio ТЛ -4 por una PT-100, ya que los termómetros de este tipo no puede calibrarse en nuestro Instituto, por no contar con los medios necesarios.
- Diseñar una instrucción de calibración para metros contadores de agua, una instrucción de calibración para metros contadores de líquidos no combustibles y una instrucción de calibración de la instalación automatizada.

Estos resultados y las necesidades metrológicas de la inversión expuestas en la Tabla 1 permiten establecer la comunicación cliente-proveedor, de manera tal que la instalación automatizada sea montada en Cuba teniendo en cuenta los criterios de la contraparte cubana, y no sea una asimilación automática, que deje de tomar en cuenta las condiciones técnicas de nuestro país.

El diagnóstico da solución al problema de encontrar la información necesaria para contribuir al aseguramiento metrológico de las mediciones que se ejecutarán en la obra concluida, y la planificación de los recursos humanos, materiales y financieros que se requerirán durante el inicio y continuidad de la explotación de la inversión. La elaboración del informe de diagnóstico entra dentro del esquema de trabajo de la Norma Cubana Guía 857-1:2011 concerniente a la organización y ejecución de programas de aseguramiento metrológico. Su novedad científica consiste en que no se ha realizado un informe como este en Cuba a una instalación de calibración de metros contadores que use agua como líquido de trabajo hasta el momento. Podría tomarse también como referencia el trabajo realizado para el Laboratorio de Flujo para Productos Claros de Boca de Jaruco, donde la calibración de metros contadores usa combustible como líquido de trabajo.

Este diagnóstico forma parte del Proyecto de investigación “Instalación de calibración de metros contadores con agua como líquido de trabajo” del Laboratorio de Volumen del INIMET, dirigido a la adquisición y puesta en marcha de la instalación de calibración de metros contadores patrones usando agua como líquido de trabajo.

## CONCLUSIONES

Este trabajo muestra las exigencias fundamentales que deben cumplir las instalaciones de calibración de metros contadores que utilizan agua como líquido de trabajo, así como los resultados del informe de diagnóstico metrológico de una de ellas, la APU-011/600, para la que se considera la posibilidad de montaje en Cuba.

El diagnóstico resultó favorable para el aseguramiento metrológico del proyecto “Instalación de calibración de metros contadores con agua como líquido de trabajo” que lleva a cabo el Laboratorio de Volumen del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología.

Este trabajo contribuye a ampliar el conocimiento referente a la elaboración de informes de diagnóstico metrológico de una instalación automatizada de flujo con agua como líquido de trabajo, tema de interés metrológico.

## AGRADECIMIENTOS

A los especialistas en Metrología M. Sc. Rodes Valdivia Medina, M. Sc. María de los Ángeles Álvarez Álvarez, Téc. Lorenzo Delgado Rodríguez, Téc. Angel Font Hernández, por su cooperación en establecer la posibilidad de calibración de los instrumentos de medición.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Documentación del Proyecto: Автоматизированная поверочная установка АПУ-011/600/0,025/5Е/3/3-50-500-6000/30
- [2] Каргапольцев В. П., Мицкевич А. А., Автоматизированные расходомерные установки – Общие требования и практическая реализация, Автоматизация сфера нефтегаз, 2012. Disponible en URL : <https://en.calameo.com/read/0054049033aff898c08e2>
- [3] Каргапольцев В.П., Мицкевич А.А. О метрологическом обеспечении расходомеров и счетчиков жидкости, применяемых в жилищно-коммунальном хозяйстве. Портал по Энергосбережению ЕНЕРГОСОВЕТ. Disponible en: <http://www.energsovet.ru/stat771.html>
- [4] Каргапольцев В.П. О необходимости создания системы сервисного обслуживания теплосчетчиков и водосчетчиков. Disponible en: <http://www.centrexpert.ru/Docs/kargapolcev.pdf>
- [5] NC Guía 857-1: 2011 Organización y ejecución de programas de aseguramiento metrológico- Parte 1: Diagnóstico metrológico a la documentación de proyectos de inversiones.

**Fecha de recepción del artículo:** 2019-11-28

**Fecha de aceptación del artículo:** 2019-12-25