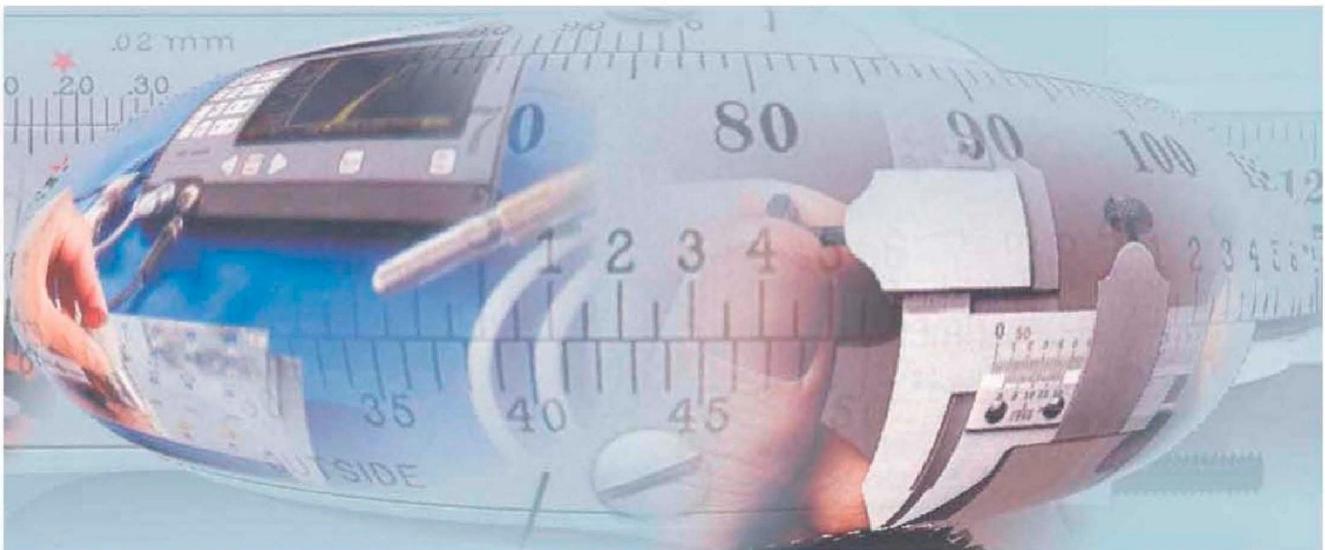


BOLETÍN CIENTÍFICO-TÉCNICO



AL SERVICIO DE LA METROLOGÍA

EDITORIAL

Estimado lector:

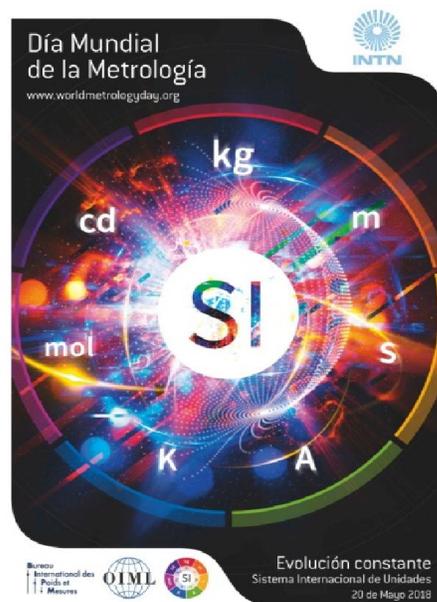
En este primer número del año 2018 quisiera agradecer la designación como nueva Directora Editorial del Boletín Científico-Técnico del INIMET, que se ha mantenido como publicación científica al servicio de la Metrología Cubana durante más de treinta años.

Este es un año importante para la Metrología mundial. En el mes de noviembre deberá sesionar la 26ma. Conferencia General de Pesas y Medidas, en la que se atenderán las recomendaciones del Comité Internacional de Pesas y Medidas para la redefinición de las unidades de medida básicas del Sistema Internacional de Unidades (SI), que en lo adelante estarán basadas en siete constantes fundamentales o de la naturaleza. Este hecho, de gran importancia para los metrologos científicos, no tendrá un impacto notable sobre las mediciones que se realizan en la vida práctica. Pero, según los expertos del Buró internacional de Pesas y Medidas, con el cambio se conseguirá fortalecer los cimientos de la infraestructura de medición global, sin dañar el edificio que se ha construido hasta hoy. Una vez que se apruebe el nuevo SI, no será necesario modificar las definiciones para adaptarlas a las innovaciones que se hagan en el futuro. Estas son las razones por las que el tema escogido para el Día Mundial de la Metrología de este año 2018 es la evolución constante del Sistema Internacional de Unidades.

En el número que hoy ponemos a su disposición continuaremos haciéndonos eco del 10mo. Simposio Internacional Metrología 2017, que fue, sin dudas, un evento de alto nivel científico. Esta vez, junto con una muestra de la innovación en el Laboratorio de Densidad de INIMET para conformar la infraestructura física del candidato a patrón nacional de densidad de líquidos, incluimos dos ponencias de las que fueron presentadas en las secciones de Trazabilidad e Incertidumbre y Metrología en la Industria, por especialistas que hacen un uso intensivo de la Metrología en sus áreas de conocimiento. De manera que hemos seleccionado una ponencia que ilustra la utilización de los resultados de las mediciones para el control de la comercialización de cemento y otra que muestra el diseño y ejecución de los ensayos de aptitud alternativos en la práctica metrología de la Unión Eléctrica. Por último, se incluye un artículo que describe el estudio realizado en el Laboratorio de Volumen del INIMET para determinar las características técnicas y metrologías que debe tener una instalación de calibración de flujómetros con agua como líquido de trabajo que le sirva al Instituto para garantizar en el país la trazabilidad metrología de estos sistemas de medición.

Espero que nuestro número les resulte de interés.

M.Sc. Alejandra Regla Hernández-Leonard
Directora Editorial



Boletín Científico Técnico INIMET

Título abreviado: BCT INIMET

No. 1 de 2018

Cubre: enero-junio 2018

ISSN versión impresa: 0138-8576

ISSN versión electrónica: 2070-8505

EQUIPO EDITORIAL

Directora editorial

M.Sc. Alejandra Regla Hernández Leonard

Coordinación, diseño, producción y distribución

Lic. Herminia E. Díaz Terry

Traducción

Jesús Bran Suárez

Impresión

Editorial IDICT

Redacción, administración e impresión

INIMET. Consulado 206 e/ Animas y

Trocadero. Centro Habana, La Habana, Cuba.

Teléfonos

(537) (07) 8623041-44 ext. 116

(537) (07) 8643365-68 ext. 116

Correo-e: normateca@inimet.cu

Sitio Web

<http://www.inimet.cubaindustria.cu>

Acabado del Boletín

Editorial IDICT. Industria esquina

San José No. 452

Centro Habana, La Habana, Cuba.

CONSEJO EDITORIAL

M.Sc. Nelson Julián Villalobos Hevia¹

Dr. C. José Ignacio Franco Fernández²

Lic. Nuris Eriótida Valdés Pereira¹

Ing. Fernando Antonio Arruza Rodríguez³

¹ Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), Cuba.

² Empresa Tecnomática, Cuba.

³ Oficina Nacional de Normalización (ONN), Cuba.

Los autores son los únicos responsables del contenido de los artículos y de los criterios por ellos emitidos.

Los artículos están protegidos mediante una licencia Creative Commons que funciona bajo las siguientes condiciones:



Nuestra publicación está:

- Certificada por el Sistema de Certificación de Publicaciones Seriadas Científico-Tecnológicas del CITMA.
- Indizada en el Sistema de información Científica Redalyc.



Pueden enviarnos sus opiniones y sugerencias sobre nuestro Boletín o solicitar información por la dirección de correo:

normateca@inimet.cu

Si usted desea suscribirse al BCT INIMET (impreso y/o electrónico) envíe los siguientes datos a nuestra dirección:

Nombre y apellidos, Organismo, Dirección, Teléfono, e-mail.

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

CIENCIA Y TÉCNICA / SCIENCE AND TECHNIQUE

Propuesta de modificación del sistema de suspensión para la medición de densidad de líquidos con esferas de ULE / Proposal to modify of the suspension system for measuring of liquid density with ULE spheres. Ing. Raúl Careaga López, M.Sc. Rodes Yanet Valdivia Medina	4
Sistema de control de pesaje de camiones (SICPCA) / Truck weighing and billing control system (SICPCA) Ing. José Castelvi Matos y Lic. Carmen Sifredo Pascual	12
Desarrollo de programas alternativos de ensayos de aptitud en la Unión Eléctrica / Developing alternative proficiency testing programs in the Electric Union. M.Sc. Pablo Fernández García.	25
Instalaciones de calibración de flujómetros con agua como líquido de trabajo/ Calibration facilities for flow meters with water as working liquid. Ing. Regla Inchaurtieta Ramos; Lic.Fran Javier Buzón González; Lic. Yan Carlos Leyva Labrador; Ing. Maritza Hernández Apaceiro	41
NOTICIAS / NEWS	51
SERVICIOS QUE PRESTA EL INIMET / Services availables at INIMET /	52
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES / Instructions to authors /	53

Ponencia presentada en el 10mo. Simposio Internacional METROLOGÍA 2017.

Propuesta de modificación del sistema de suspensión para la medición de densidad de líquidos con esferas de ULE.

Ing. Raúl Careaga López.

M.Sc. Rodes Yanet Valdivia Medina.

Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET)-NC-ONN-CITMA.

Consulado No. 206, entre Ánimas y Trocadero. Centro Habana. La Habana.

E mail: raulc@inimet.cu; rodes@inimet.cu

RESUMEN

El Laboratorio de Densidad del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET) se encuentra trabajando en el diseño y desarrollo de un sistema de suspensión, basado en el principio de pesaje hidrostático, utilizado para la determinación de la densidad de líquidos, empleando como patrón de referencia una esfera de ULE. Este sistema será el componente principal de la maqueta funcional del patrón de densidad de líquidos.

PALABRAS CLAVES: sistema de suspensión, principio de pesaje hidrostático, patrón (Esfera de ULE).

ABSTRACTS

The Density Laboratory of the National Institute of Metrology Research (INIMET) is working on the design and development of a suspension system, based on the principle of hydrostatic weighing, used to determine the density of liquids, using a ULE sphere as a reference standard. This system will be the main component of the functional model of the liquid density standard.

KEY WORDS: suspension system, hydrostatic weighing principle, standard (ULE sphere).

INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Densidad del INIMET cuenta con dos esferas de ULE (siglas en inglés: Ultra Low Expansion), trazables metrológicamente al Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania (Fig. 1). ULE es un vidrio de silicato-titanio, con coeficiente de dilatación térmica muy bajo.



Fig. 1. Esferas de ULE.

Actualmente se trabaja en el estudio de la maqueta funcional para medir densidad de líquidos, formada por un sistema de medición simple compuesto por: esfera de ULE, balanza Sartorius con capacidad de 220 g con hilo para suspender, soporte móvil para ajustar el nivel del líquido, cesta de nicron, probeta de 2 L.

Se efectuaron pruebas y mediciones, en las que se constató un comportamiento inestable del sistema de medición, manifestado en la alta variabilidad de la lectura de la balanza, la imposibilidad de regular y controlar la temperatura del líquido y del local, por problemas de climatización, además de las afectaciones producidas en el proceso de medición y estimación de las incertidumbres en las mediciones debido a las vibraciones del local. Todo esto provoca la necesidad de aislamiento para este tipo de instalación, que debe hermetizarse con acrílico o cristal, de manera tal que se proteja la balanza de corrientes de aire.

Por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo la propuesta de diseño y desarrollo de un sistema de suspensión, basado en el principio de pesaje hidrostático, utilizado para la determinación de la densidad de líquidos, empleando como patrón de referencia una esfera de ULE.

MATERIALES Y MÉTODOS

La densidad de líquidos se determina por el método de pesada hidrostática utilizando un patrón sólido (esferas ULE 1 y ULE 2) de densidad conocida (masa y volumen), basado en el principio de Arquímedes; para ello es necesario pesar el patrón dentro del líquido al que se quiere determinar su densidad y a partir de la pérdida de peso, obtener la densidad.

Para la puesta en marcha de esta propuesta de sistema de suspensión se necesitan varios accesorios y componentes, tales como como: tanque de vidrio con tapa que contiene el líquido a medir, cesta que cuelga de la balanza y donde descansa la esfera, tapa con 4 tubos que se apoya en el baño termostático, mecanismo de elevación de la esfera.

Descripción de los componentes del sistema de suspensión

- Tanque de vidrio con tapa (Fig. 2), que contiene el líquido a medir. No debe exceder la capacidad de 1 L, para evitar posibles gradientes de temperatura que afecten la medición. Debe tener un cierre hermético con tapa, ya que este se encontrará sumergido en el baño termostático. El material debe ser resistente a cambios de temperatura (termo-resistente).



Fig. 2. Tanque de vidrio con tapa.

- Cesta que cuelga de la balanza, donde descansa la esfera (Fig.3), debe ser de un material que no reaccione químicamente con líquidos, por ejemplo: agua pura, isooctano, benzina de petróleo, entre otros. Además, debe tener como propiedad ser anticorrosivo.

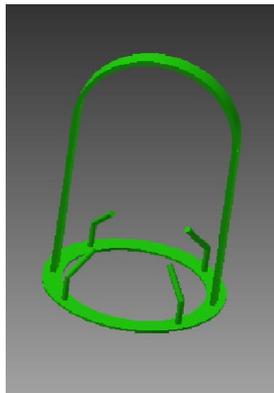


Fig. 3. Cesta.

- Tapa con 4 tubos, se apoya en el baño termostático, sostiene el tanque por medio de soldadura de estos con la tapa del tanque. Esta tapa va acoplada y descansa en la parte superior del baño termostático. Cada tubo tiene su función dentro del sistema. (Fig.4)

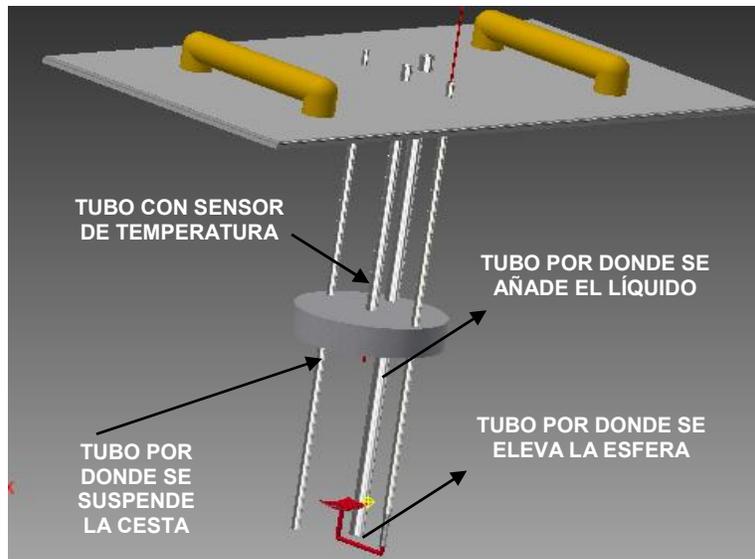


Fig. 4. Tapa con tubos.

- Mecanismo de elevación, es la estructura fijada al baño termostático con polea que permite elevar la esfera. Está compuesta por un par de perfiles de aluminio donde el primero contiene la polea por donde va a subir y bajar la esfera, y el segundo se utiliza como guía al alambre, además de posibilitar un seguro o pestillo del mecanismo. Ambas partes se ensamblan al baño termostático. (Figs. 5, 6, 7 y 8).

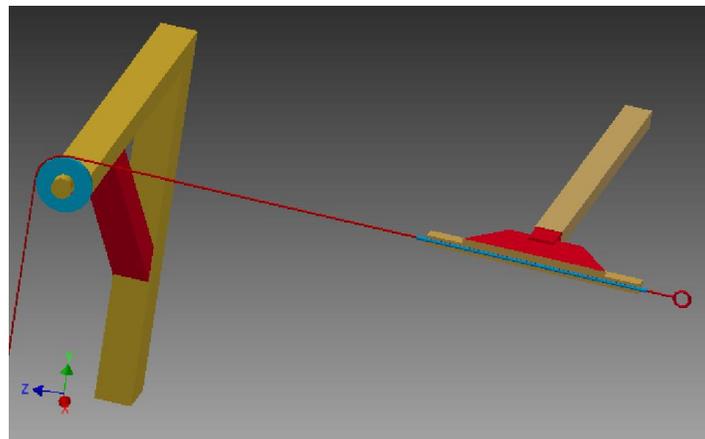


Fig. 5. Mecanismo de elevación de la esfera.

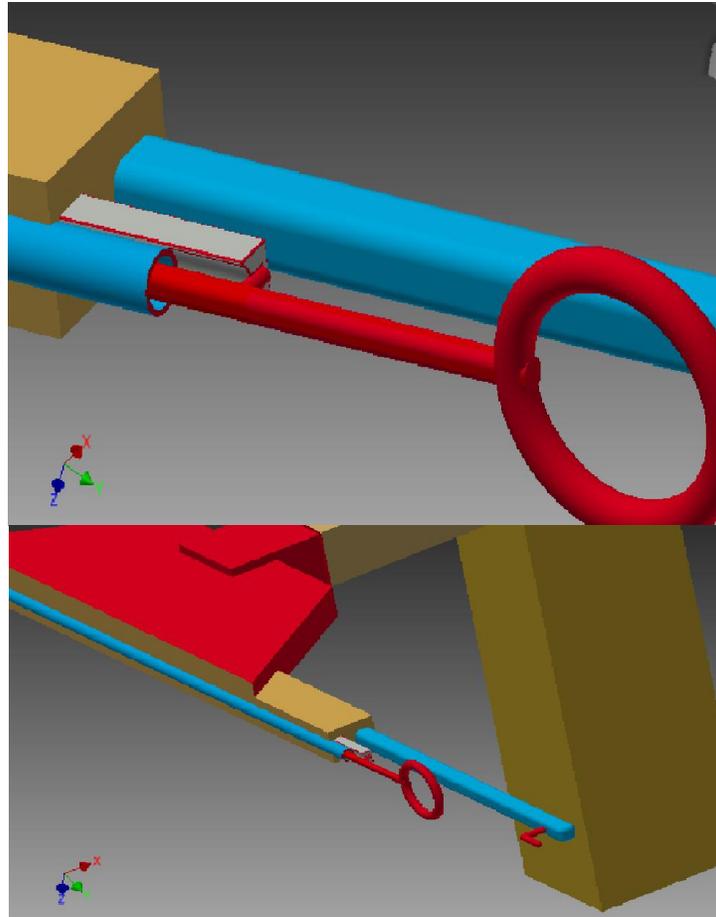


Fig. 6. Detalle del mecanismo de elevación.

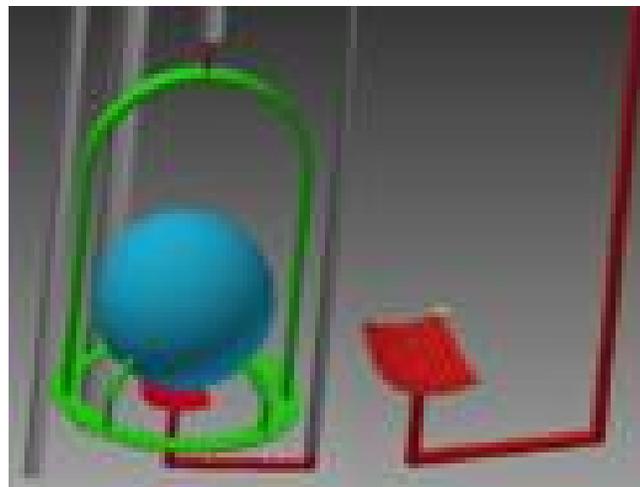


Fig. 7. Soporte para suspender la esfera.

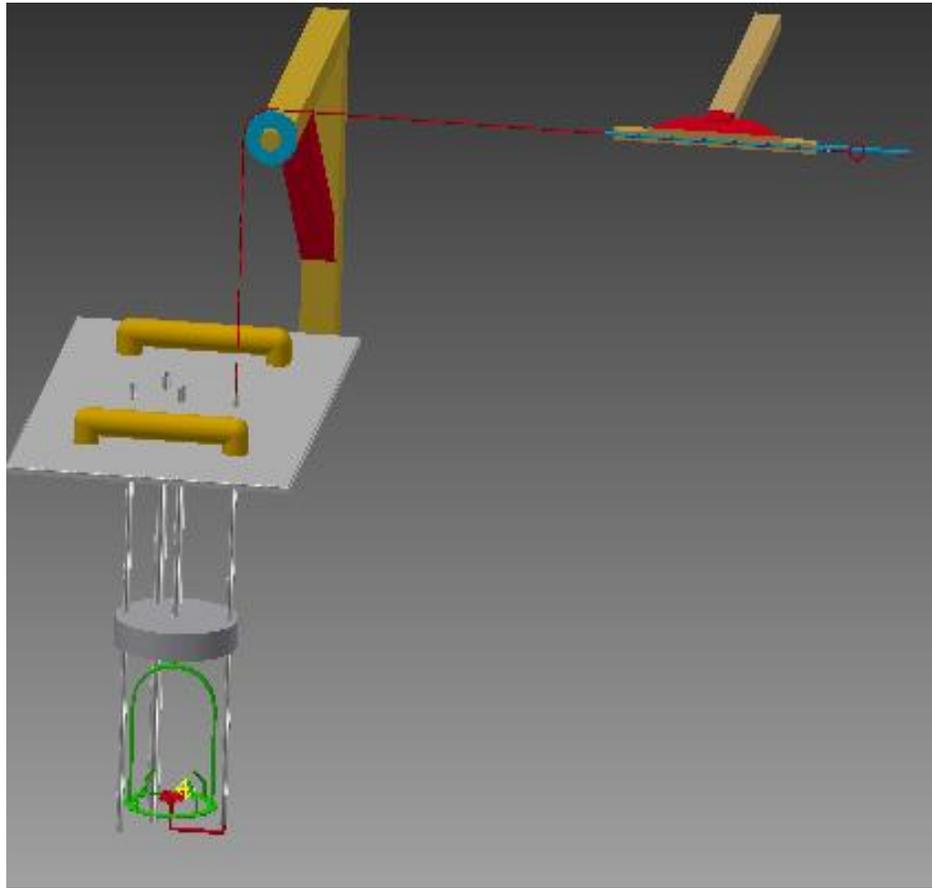


Fig. 8. Tapas con tubos y mecanismo de elevación de la esfera.

RESULTADOS

Con la modificación del sistema de suspensión se evita el contacto directo del operario con el patrón y a su vez evita posibles errores en la medición, además de contribuir a una práctica más rápida y confiable del proceso de medición. Se lograría controlar y regular la temperatura del líquido, trayendo esto consigo mejores resultados en la estimación de la incertidumbre de estas mediciones.

Como resultado se obtuvo el diseño del sistema de suspensión, utilizando un mecanismo de elevación para la esfera por medio de una polea, que permite elevar la esfera de la cesta y así poder pesar la cesta sola y la cesta junto con la esfera dentro del líquido (Fig. 9 y 10).

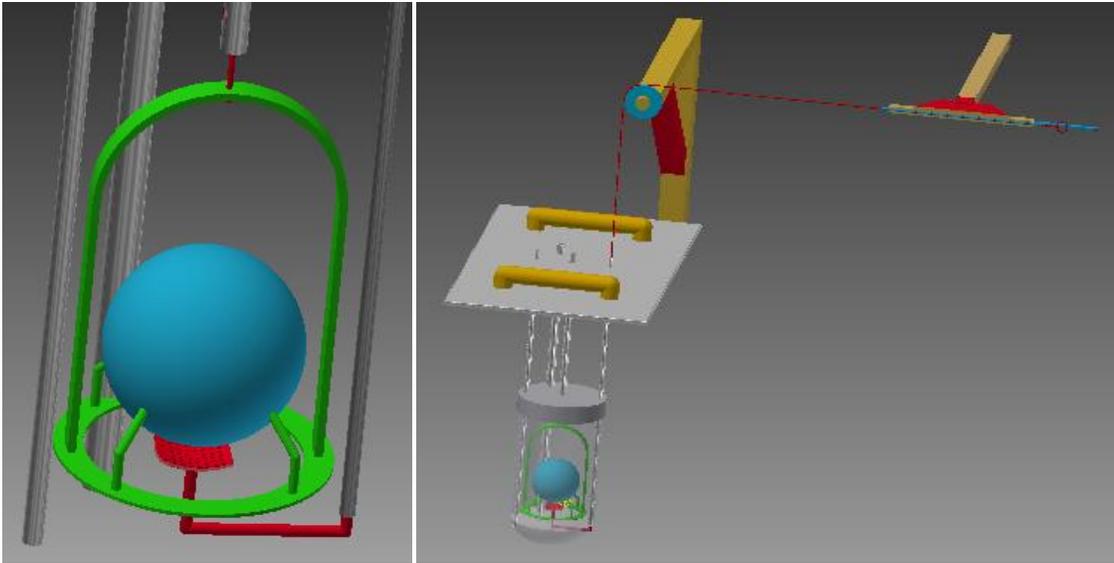


Fig. 9 Sistema de suspensión completo y cesta para soportar la esfera.



Fig. 10 Sistema de suspensión y sistema de medición.

CONCLUSIÓN

Se logró diseñar un sistema de suspensión para el Laboratorio de Densidad del INIMET, que permitirá posteriormente desarrollar el patrón de densidad de líquidos con esferas de ULE y mejorar el valor estimado de las incertidumbres de las mediciones.

RECOMENDACIONES

- Materializar la propuesta de construcción del sistema de suspensión.
- Validar el sistema de suspensión del Laboratorio de Densidad del INIMET.

AGRADECIMIENTOS

A los técnicos Alberto Félix Angueira Sanabria y Arazai Valdés Calderón, por su contribución en la elaboración de los diseños propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Buchner Christian, Automatic testing facility for determining liquids and solids density; and determining the volume of E1 weights, IMEKO Merida, México, noviembre 2007.
- [2]. Tovar L. J., Ramos D., Becerra L. O., Díaz J.C., Automatización del sistema de pesada hidrostática para la medición de densidad del líquidos, Simposio de Metrología Querétaro, México, 2010.

Fecha de recepción del artículo: 2017-06-24
Fecha de aceptación del artículo: 2017-07-30

Ponencia presentada en el 10mo. Simposio Internacional METROLOGÍA 2017.

Sistema de control de pesaje de camiones (SICPCA)

Ing. José Castelvi-Matos y Lic. Carmen Sifredo-Pascual

EES. "Mártires de Artemisa" Finca Santa Teresa. Las Cañas. Artemisa.

e-mail: jose.castelvi@cemart.co.cu y Carmen.sifredo@cemart.co.cu

RESUMEN

El aseguramiento metrológico en la Empresa productora de Cemento, **Mártires de Artemisa** es una actividad fundamental por la incidencia de la misma en sus transacciones comerciales, que son realizadas por peso, utilizando instrumentos de pesar camiones instalados en un punto de medición legal.

El sistema fue creado respondiendo a la necesidad de eliminar varias no conformidades existentes en cuanto al valor promedio permisible en la venta de cemento e interface entre la indicación del visor del Instrumento de pesar, los conduce emitidos por el pesador y prevención de riesgos.

SICPCA es un sistema multiplataforma, destinado para el control y registro del pesaje de materias primas y producción terminada, tanto envasada como a granel. Permite el pesaje y registro de cargas múltiples. Genera los documentos correspondientes al pesaje así como los reportes asociados al mismo. Posee funcionalidades y mecanismos para garantizar un pesaje seguro. Es adaptable y flexible a cualquier entorno empresarial donde se desarrolle este tipo de actividad. Los parámetros específicos pueden ser configurados por el cliente y posee un mecanismo de autenticación de usuarios basado en roles.

Está propuesta por la Dirección Técnica del Grupo Empresarial del Cemento la generalización de este sistema en los puntos de medición legal de todas sus empresas. Posee un mecanismo riguroso de control que permite la toma de acciones basado en un registro de trazabilidad de eventos. El sistema está certificado por ACERPROT desde enero del 2017.

PALABRAS CLAVES: software de pesaje y facturación.

ABSTRACTS:

The metrological assurance in the Cement Production Company "Mártires de Artemisa" is a fundamental activity due to the incidence of the same in its commercial transactions, which are carried out by weight, using truck weighing instruments installed at a legal measurement points. The system was created in response to the need to eliminate existing nonconformities regarding the average allowable value in the sale of cement and interface between the display of the instrument of weighing, the conducts emitted by the weigher and prevention of risks.

The Truck Weighing Control System (SICPCA) is a multiplatform system, designed to control and record the weighing of raw materials and finished production, both bottled and bulk. It allows weighing and registration of multiple loads. It generates the documents corresponding to the weighing as well as the reports associated with it. The system has functionalities and mechanisms to guarantee a safe weighing. It's adaptable and flexible to any business environment where this type of activity is developed. Specific parameters can be configured by the client and have a role-based user authentication mechanism. It was proposed by the Technical Directorate of the Cement Business Group the generalization of this system in the legal measurement points of all its companies. It has a rigorous control mechanism that allows the taking of actions based on a traceability record of events. The system has been certified by ACERPROT since January 2017.

KEYWORDS: weighing and billing software.

INTRODUCCIÓN

La Empresa productora de cemento Mártires de Artemisa, subordinada al Grupo Empresarial del Cemento (GECEM), comercializa su producción, en unidades de peso a granel y en sacos multicapas de papel Kraft pegado y valvulado, (con 2, 3, 4 ó 6 capas), con una capacidad de 42,5 kg, por lo que es necesario garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Decreto- Ley 183 “De la Metrología” y el Decreto 270 “Reglamento del Decreto-ley de Metrología” en cuanto a garantizar su contenido neto, y promedio además del aseguramiento metrológico sus puntos de medición legal.

Cuando se estableció el control metrológico del cemento empacado en la empresa, el software de pesaje y facturación presentaba no conformidades referidas al contenido promedio neto establecido por la NC OIML R 87 y la seguridad, por lo que se trazaron los objetivos:

1. Diseñar software de pesaje y facturación en punto de medición legal como herramienta para:
 - Garantizar el peso promedio neto en cada lote de inspección del cemento empacado.
 - Asegurar interface entre el instrumento de pesar camiones y el software de facturación.
2. Certificar conformidad del software por la entidad competente.

DESARROLLO

La transacción comercial del cemento empacado, se hace por peso a través de los puntos de medición legal (ver figura No. 1), que cuentan con Instrumentos de pesar camiones con un rango de medición de (0 a 60) t , categoría III y pesadores facturadores que son los encargados de certificar el peso del cemento comercializado por cada planta. Para el control se toma como lote de inspección un camión, el peso promedio neto del lote debe ser igual o exceder el contenido

neto declarado en la etiqueta, como lo establece el artículo 58 del Decreto 270, y la NC OIML R 87, lo cual se tomó en cuenta en la programación del software fijando como valor mínimo de peso bruto de la bolsa de cemento de 42,68 kg , teniendo en cuenta que el peso de la bolsa vacía es de 0,18 kg , con ello se garantiza que el peso neto promedio sea de 42,50 kg como se declara en el pre envase, aun cuando en el Decreto 270 no se limita el peso máximo, se decidió acotar el peso del pre envase para lograr mayor estabilidad en los pesos promedios de los camiones, minimizar el sobrepeso y las posibles pérdidas económicas para la empresa. Como valor máximo fijamos un 1 % por encima del mínimo, quedando de la siguiente manera:

Valor	Peso neto(kg)	Peso bruto (kg)
Mínimo	42,50	42,68
Máximo	42,92	43,10

En el análisis realizado, cada vez que se vendía un camión de 720 sacos (bolsas) con un peso promedio de 43,50 kg, se dejaban de vender 10 bolsas de cemento por concepto de sobrepeso, que para la empresa no es un gran problema porque vende por toneladas pero sí para el cliente que compra por peso y vende por unidades.

Para el control se toma como lote de inspección un camión, el peso promedio neto del lote debe ser igual o exceder el contenido neto declarado en la etiqueta. En el proceso de pesaje y facturación fueron detectados incumplimientos de requisitos establecidos en cuanto a las lecturas del Instrumento y su interface a la facturación.



Figura No.1 Punto de medición legal. EES Mártires de Artemisa.

Para desarrollar el Sistema de Control de Pesaje de Camiones (SICPCA) se decidió aprovechar las ventajas que brinda la web, tales como: lograr desarrollar un sistema multiplataforma, o sea que funcionara perfectamente independientemente del sistema operativo en que se utilice, la centralización de datos al tener la facilidad de que tanto los archivos del sistema como la base de datos se encuentren almacenadas en una PC servidor y la portabilidad, al no existir necesidad de tener que instalar el sistema en ninguna PC cliente incluso en el servidor.

Se ganó en seguridad y robustez de la Base de Datos (BD) al aprovechar las ventajas que brinda MySQL como Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) y en versatilidad gracias al uso de nomencladores genéricos que permiten que sea utilizable por cualquier empresa y en cualquier ministerio.

La aplicación cuenta con todas las funcionalidades básicas que debe tener un sistema destinado a la actividad de control de pesaje como son: la gestión (adicionar, modificar, eliminar y listar) de los nomencladores básicos (productos, almacenes, empresas, destinos, camiones, choferes, visores y usuarios), registrar la entrada y salida de camiones, emitir la documentación pertinente que respalde la realización de dichas actividades (conduces), generar diversos reportes, entre otras. Se le incorporaron al SICPCA varias funcionalidades y mecanismos con las que no contaban los sistemas presentes en el mercado nacional en el momento en que se realizó un estudio pertinente del arte de los mismos.

Entre las nuevas prestaciones se encuentra el sistema de **autenticación de usuarios basado en roles** en el que cada usuario pertenece a un rol determinado y cada rol tiene determinados permisos dentro del sistema. Cada usuario cuenta con una contraseña para iniciar sesión en el sistema y en este sentido se reforzó la seguridad del proceso mediante la implementación de un **mecanismo de chequeo de complejidad y longitud de las contraseñas**, además de lograr un **envío seguro de dichos datos** hacia el servidor habiendo utilizado previamente algoritmos de cifrado para dicha información.

Otra característica que le fue incorporada al SICPCA fue la capacidad de **asignar a cada usuario el tipo de visor con que va a trabajar** una vez iniciada su sesión, permitiendo así que puedan trabajar varios usuarios simultáneamente aun cuando sus respectivos visores sean de modelos y mecanismos de interpretación de datos diferentes.

La llamada "**lista negra**" de los choferes: una vez que se genera un conduce a nombre de un chofer ya el mismo no se podrá eliminar de la BD pero puede ser el caso que al cabo del tiempo dicho chofer ya no se encuentre trabajando o cualquier otro motivo por el que no asista más a la entidad, para que no aparezcan los datos de dicho chofer innecesariamente en la lista de

choferes elegibles a la hora de realizar un conduce, se pone en lista negra y ya el sistema automáticamente lo obvia, sin tener que eliminarlo de la BD.

En el caso de los productos envasados, **cada producto guarda individualmente su propio peso de envasado y su propia tolerancia al peso neto promedio por envase**, por lo que le da al sistema la capacidad de poder operar con cualquier tipo de productos envasados sea cual sea su peso y sin dejar de chequear los parámetros establecidos por las normas obligatorias en un pesaje de este tipo.

El sistema cuenta con un **apartado de configuraciones**, las cuales son definidas solamente por los usuarios pertenecientes al rol “Administrador” dentro del sistema y mediante las cuales se rige para su correcto funcionamiento. En estas configuraciones es donde se especifican las variables normadas a tener en cuenta a la hora de realizar un pesaje, como los pesos máximos, mínimos, valores de tolerancias entre otras.

Dichas configuraciones están lo más flexibilizadas posible, permitiéndoles a los usuarios administradores la modificación de las mismas mediante la activación, desactivación o modificación de los valores de cada uno de los parámetros.

Se incorporaron **mecanismos de control** tales como el control de la trazabilidad del sistema, un mecanismo de bloqueo del sistema ante determinados eventos, ante la ausencia de sensores físicos de posición sobre la báscula se incorporó un mecanismo para dar seguimiento al comportamiento diario de dicho factor.

En aras de agilizar y facilitar las actividades de entradas y salidas de camiones y evitar en la medida de lo posible las cancelaciones de conduces, se les incorporaron a los algoritmos de generación y terminación de conduces, mecanismos que flexibilizan el proceso en el caso de los camiones que realizan **cargas múltiples** y en los casos en que los **camiones no puedan cargar y deban volver a salir de la entidad vacíos o camiones que entran a descargar algún tipo de productos y por alguna razón no puedan descargar y deban volver a salir llenos**.

Después del diseño del SICPCA, se procedió con la implantación del mismo en el punto de medición legal existente en la Empresa Mártires de Artemisa y presentado a la Empresa ACERPROT con el objetivo de lograr la certificación de la conformidad de la seguridad de este software.

RESULTADOS

Los resultados reconocidos de este trabajo son:

- Diseño de software por parte de la Empresa Mártires de Artemisa, que permite controlar el peso promedio neto de cada lote de inspección e incluye interface entre el instrumento de pesar camiones y el software de facturación. En las figuras Nos. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 se muestran las ventanas establecidas en el SICPCA.
- Se logró un sistema web multiplataforma, ligero, portable, seguro, fácil de operar, agradable a la vista del usuario mediante el uso de interfaces amigables, sin dejar de ser un sistema que cumple con todos los requisitos tanto funcionales como de seguridad requeridos en cualquier sistema de su tipo.
- Se implantó en esta empresa el software SICPCA, que permite llevar a cabo un control metrológico efectivo y seguro del peso del cemento empaclado y a granel, teniendo en cuenta para el cemento empaclado la tolerancia establecida en la NC OIML R 87, que es de un 1 %.



Fig. 2 Interface de usuario: Menú principal.



Fig. 3. Menú Administración

Agregar nuevo camión

Tiene remolque?

Chapa: Chapa remolque:

Tara original:

AGREGAR CAMION

Listado de camiones

Chapa	Tara	Remolque?	Chapa_Rom		
038986	4520	no			
038185	3720	no			
0613417	3200	no			
098963	4260	no			
098834	4140	no			
0988643	3600	no			

Agregar nuevo chofer

Nombre: Ct:

No. licencia: Camión:

AGREGAR CHOFER

Listado de choferes

Nombre	No. carnet		
Tiro asbesto	111111111111		
Pedro Alcantara Mesa Rod	42101903286		
Pedro Cadaveco Perez	43102301787		
Emulo Fernando Perez Ortega	45053001785		
Pedro Rondon Rondon	45101908540		
RAUL ORTEGA MARTINEZ	46020700464		

Fig.4 Gestión de choferes y camiones.

Agregar nuevo producto

Materia prima?

Nombre:

Peso envasado (kg):

Tolerancia peso envasado (kg):

AGREGAR PRODUCTO

Listado de productos

Nombre	MP	Peso envasado	Tolerancia peso		
Cemento en Bolsas PP-25	no	42.89	0.21		
Cemento en Bolsas P-35	no	42.89	0.21		
Cemento a Granel PP-25	no	0	0		
Cemento a Granel P-35	no	0	0		
Clinker	si	0	0		
Yeso	si	0	0		
Toba	si	0	0		

Fig. 5 Gestión de productos y almacenes.

Agregar nueva empresa

Proveedor?

Nombre:

REUP:

Dirección:

AGREGAR EMPRESA

Listado de empresas

Nombre	REUP	Proveedor		
ECC UEB Artemisa	126-0-13262	si		
Galma Pinar del Rio	131-0-04925	no		
ECC UEB Mariel	162-0-01362	si		
Empresa de Asistencia y Servicios	126-0-03888	si		

Agregar nuevo destino

Nombre:

AGREGAR DESTINO

Listado de destinos

Nombre		
Desconocido		
MINCIN Pinar Del Rio		
MINCIN Artemisa		
MINCIN Mayabeque		
MINCIN Ciudad Habana		
MINCIN Matanzas		

Fig. 6 Gestión de empresas y destinos

Agregar nuevo visor

Modelo:

Inicio lectura:

Fin lectura:

AGREGAR VISOR

Listado de visores

Modelo	Inicio lectura	Fin lectura		
CPT-01 (PC)	4	9		
CPT-01 (RIPET)	3	8		

Fig. 7 Gestión de visores

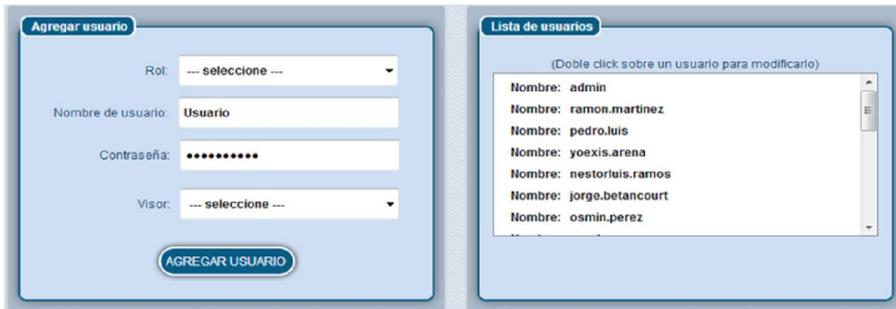


Fig. 8 Gestión de usuarios

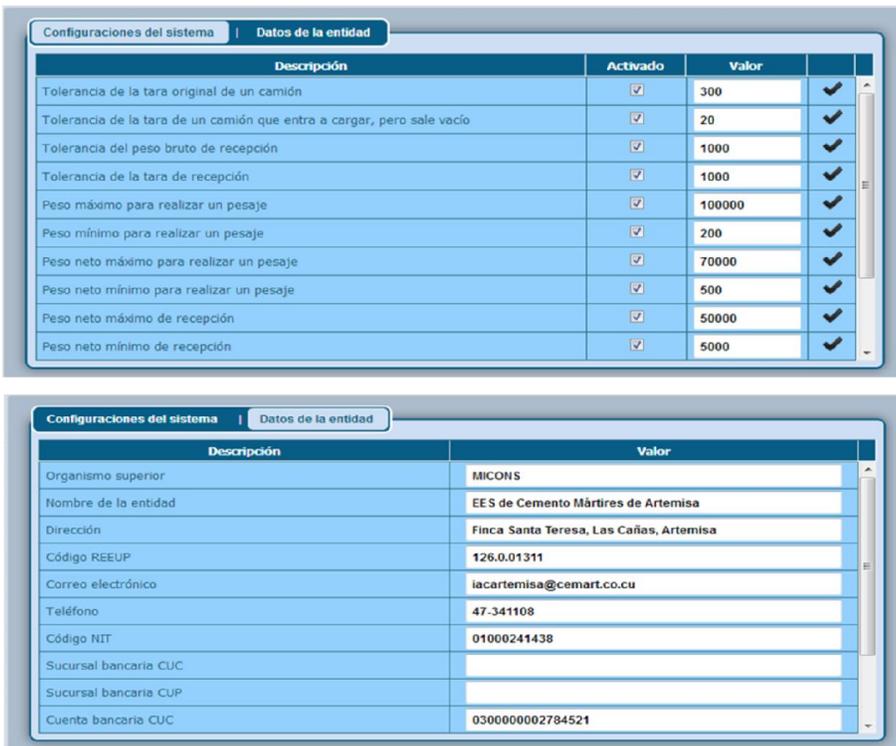


Fig. 9 Configuraciones

Conduces pendientes: Conduces terminados: Conduces cancelados:

PRODUCTOS EN VENTA

Datos del conduce:

El camión no cargó y vuelve a salir vacío

Datos del cliente
 Empresa: ECC UEB Artemisa REUP: 126-0-13262

Datos del chofer y el camión
 Nombre: Abel Diaz Guerrero CI: 66072607286 Licencia: 66072607 Chapa: B130532 Remolque: B088330

Datos del pesaje
 Producto: Cemento en Bolsas PP-25 Cantidad de envases: 100 Peso Envasado: 42.68
 Tara: 20600 BRUTO Neto:

Otros datos
 Almacén: Silo 1 Sellos: Número orden: 22222
 Comentarios...

TERMINAR CONDUCE CERRAR SIN TERMINAR

Fig. 12. Ventana al hacer click en el botón Modificar/terminar (lápiz)

Realizar cierre (acumular)

Productos en venta Materia Prima

Día Inicial: Día Final:

RELIZAR CIERRE

Fig. 13 Cierre

Reportes del sistema:

Conduces diarios Productos en venta Día Inicial: Día final:

ACEPTAR

Fig. 14 Reportes

Reporte generado por el Sistema de Control Pesaje de Camiones (SICPCA).
 Organismo: MICONS
 Entidad: EES de Cemento Mártires de Artemisa
 Nombre del Reporte: CONDUCE DIARIOS CO TIEMPOS DE ESTANCIA
 Rango de fechas: desde: 2017/07/08 hasta: 2017/07/08

No. orden	Fecha	CI	Nombre del chofer	Chapa	Cant (t)	Envases	Prom (kg)	Almacén	H. inicio	H. fin	Demora	Canc.	Man.
174324	2017-07-08	55082101667	Orlando Martin Ocegüera	8049068	5.16	120	43.00	Silo 4	08:07:04	09:35:47	01:28:43		
174323	2017-07-08	59051100422	Fedel Cruz Rodriguez	8071841	12.14	282	43.05	Silo 4	08:10:39	09:24:27	01:13:48		
174325	2017-07-08	72022401747	JOSE M CAMIÑO GUSMAN	8150822	25.10	587	42.76	Silo 4	08:13:08	10:07:42	01:54:34		
174329	2017-07-08	74071705007	Anier Camejo Flores	8167268	20.10	470	42.77	Silo 4	08:16:04	11:03:01	02:46:57		
174328	2017-07-08	82100602229	Dailan Sanchez Martinez	8080700	30.22	705	42.87	Silo 4	08:18:44	11:39:58	03:21:14		
174327	2017-07-08	77122602048	Carlos Ivan Chan Lazo	8167929	35.24	822	42.87	Silo 4	08:21:22	13:04:42	04:43:20		
174330	2017-07-08	71092105621	Ismark Estevez Diaz	8199480	26.24	611	42.95	Silo 4	08:23:55	14:04:10	05:40:15		
174331	2017-07-08	84012106024	Alexander Castillo Linares	8163572	30.20	705	42.84	Silo 4	08:26:27	14:54:45	06:28:18		

Fig. 15 Ejemplo de conduces diarios (productos en venta).

Los conduce del mes son los utilizados por el Metrólogo en su control metrológico. Revisa que el promedio no exceda los 42,5 kg , que es el peso neto declarado en la etiqueta de cada saco de cemento, ya que cada camión por chofer es el lote de inspección.

Reporte generado por el Sistema de Control Pesaje de Camiones.
 Nombre del Reporte: PARTE POR PRODUCTOS
 Rango de fechas: desde: 2017/06/01 hasta: 2017/06/30

Producto	Cantidad	Envases	Cant. Camiones	P. Prom
Cemento en Bolsas PP-25	4323.12	101408	191	42.63
Cemento en Bolsas P-35	1223.2	28597	65	42.77
Cemento a Granel PP-25	8.62	0	4	0.00
Cemento a Granel P-25	2404.76	0	81	0.00
Total	7959.7	130005		

Fig. 16 Parte por productos (productos en venta) del mes de junio 2017

Fig.. 17 Modificar Conduces

Fig. 18 Control de trazas

Fecha	Hora	Usuario	Acción
2016-05-03	09:36:18	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	09:37:32	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: b048384
2016-05-03	09:40:13	cosme.diaz	Cierre de sesión.
2016-05-03	10:12:09	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	10:14:13	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: 8031452
2016-05-03	10:23:31	cosme.diaz	Cierre de sesión.
2016-05-03	10:37:36	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	10:38:29	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: 8048642
2016-05-03	11:02:07	cosme.diaz	Canceló el conduce de producto en venta con No. orden: 2574
2016-05-03	11:04:42	cosme.diaz	Realizó la entrada del conduce de producto en venta con No. orden: 2574, de forma manual
2016-05-03	11:05:41	cosme.diaz	Cierre de sesión.
2016-05-03	13:18:35	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	13:20:50	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: 8128301
2016-05-03	13:35:52	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: 8031724
2016-05-03	14:10:00	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	14:23:53	cosme.diaz	Agregó un camión con chapa: 8159014
2016-05-03	16:25:53	cosme.diaz	Inicio de sesión.
2016-05-03	16:30:12	cosme.diaz	Realizó la entrada del conduce de producto en venta con No. orden: 2582, de forma manual

Fig. 19 Ejemplo de Trazas del usuario con nombre Cosme Díaz del día 03/05/2016

Certificación de la conformidad de la seguridad del software SICPCA, por la Empresa de Certificación de Seguridad y Protección (ACERPROT) del Ministerio del Interior (MININT). En la figura No. 20 se muestra el certificado emitido por la entidad certificadora.



Fig.: 20 Certificado de conformidad.

CONCLUSIONES

Se logró diseñar un software de pesaje y facturación (denominado SICPCA) que garantiza el peso promedio neto en cada lote de inspección del cemento empacado y asegura la interface entre el instrumento de pesar camiones y el software de facturación, siendo estos requisitos los establecidos en la base legal del país.

Es un sistema lo más flexible y genérico posible, lo cual permite que sea adaptable y utilizable en cualquier entorno o empresa que realice operaciones de pesaje en Instrumentos de pesar camiones.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la Empresa Mártires de Artemisa con la utilización de este software y sus prestaciones, fue propuesta su generalización en el resto de las Empresas productoras de cemento del país, por parte de la Dirección Técnica de GECEM al que pertenece.

Se obtuvo la Certificación del SICPCA por la Empresa de Certificación de Seguridad y protección del MININT (ACERPROT) en enero del 2017, que garantiza la conformidad de seguridad y protección del sistema.

REFERENCIA

1. **Consejo de Estado. 1998.** DECRETO -LEY NÚMERO 183 DE LA METROLOGÍA. La Habana, Cuba, 23 de febrero de 1998.
2. **Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros. 2001.** DECRETO NO. 270. REGLAMENTO DEL DECRETO -LEY DE LA METROLOGÍA. Cuba, 10 de enero de 2001.
3. NC OIML R-87 Cantidad de producto en los preenvases. ICS 17.020; 55. 020
4. www.giropes.com
5. <http://es.mt.com>
6. www.dosideas.com
7. <http://integraciones.com/?ldCon=249&ldIdioma=1&TC=2>
8. <http://kyaserv.com.ar/web/software-pesaje-camiones-kyaserv/>

Fecha de recepción del artículo: 2017-06-20

Fecha de aceptación del artículo: 2017-07-30

Ponencia aprobada para su presentación en el 10mo. Simposio Internacional METROLOGÍA 2017.

Desarrollo de programas alternativos de ensayos de aptitud en la Unión Eléctrica

M.Sc. Pablo Fernández-García. Fábrica de Fusibles y Desconectivos. Empresa de Producciones Electromecánicas. Unión Eléctrica. Carretera a Camajuaní, km 4 ½, Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

Email: pablo@fusibles.epem.une.cu Tel: +53 42281094. CUBA.

RESUMEN

Actualmente se habla mucho en los laboratorios de ensayo y de calibración, en lo adelante laboratorios, de cómo coordinar y llevar a cabo *programas de ensayos de aptitud*, (PEA), sin embargo, poco se comenta sobre la competencia de los proveedores de dichos programas y especialmente, de su acreditación.

En Cuba, cada día son más los laboratorios que se encuentran acreditados o en alguna de las etapas del proceso de acreditación, por tanto, contar con proveedores nacionales de *ensayos de aptitud* (EA) que cumplan las políticas del *Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba* (ONARC), es hoy, una necesidad imperiosa.

La *Unión Eléctrica* (UNE) cuenta actualmente con más de 100 laboratorios, y tiene entre sus principales objetivos priorizar el proceso de acreditación de estos laboratorios en base a los requisitos de la norma NC-ISO/IEC 17025:2006, así como promover, coordinar y realizar PEA.

En el presente trabajo se exponen los impactos causados en los laboratorios de calibración de la UNE con énfasis en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica al desarrollar programas alternativos de EA, y se establecen algunos requisitos pertinentes de la NC-ISO/IEC 17043:2011 en base a lo establecido en la POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud del ONARC con los cuales debería cumplirla UNE para convertirse en un proveedor competente en la gestión de PEA a partir del conocimiento y experiencia de las diferentes organizaciones participantes.

Palabras clave: electricidad, metrología, desarrollo de programas

ABSTRACT:

There is currently much talk about the testing and calibration laboratories, hereinafter laboratories, of how to coordinate and carry out proficiency testing programs (PTP), however, little is said about the competence of the providers of mentioned programs and especially, of its accreditation. In Cuba, every day there are more laboratories that are accredited or in some of

the stages of the accreditation process, therefore, have national proficiency testing (PT) providers that comply with the policies of the National Accreditation Body of the Republic of Cuba (ONARC), is today, an urgent need. The Unión Eléctrica (UNE) currently has more than 100 laboratories, and has among its main objectives to prioritize the accreditation process of these laboratories based on the requirements of the standard ISO-ISO / IEC 17025: 2006, as well as to promote, coordinate and perform PTP. In the present work the impacts caused in the laboratories of calibration of the UNE are exposed with emphasis in the laboratories of calibration of electrical energy meters when developing alternative programs of PT, and some pertinent requirements of the ISO-IEC / IEC 17043: 2011 are established, based on those in the POL 4 Policy for accreditation of proficiency testing providers of the ONARC, with which UNE should comply with to become a competent provider in the management of PTP from the knowledge and experience of the different participating organizations .

Key words: electricity, metrology, program development

INTRODUCCIÓN

La UNE es la organización de la República de Cuba encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica a nivel nacional, lo que la convierte en piedra angular del desarrollo económico y social del país. Esto hace que se requiera de ella una elevada seguridad, disponibilidad y eficiencia, con un mínimo de impactos al medio ambiente, por lo que necesita asegurar la exactitud de las mediciones que realiza en sus procesos, lo cual garantiza con los más de 100 laboratorios con que cuenta.

Un hecho que marcó el rumbo de Cuba y de la UNE ocurrió en el año 2004 cuando comenzó una nueva revolución, la revolución energética. Uno de sus objetivos fue la sustitución masiva de más de ciento diez modelos existentes de contadores de energía eléctrica electromagnéticos por contadores estáticos de energía activa.

Para garantizar la trazabilidad metrológica de los contadores estáticos de energía activa, la UNE cuenta con una red de más de veinte laboratorios de calibración en la magnitud energía distribuidos por todo el país, personal técnico competente, patrones de energía eléctrica de alta exactitud y métodos de medición normalizados.

Un hecho importante para los laboratorios de la UNE ocurrió en el año 2006 cuando el Laboratorio de Calibración de Contadores de Energía Eléctrica de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos, perteneciente a la Empresa de Producciones Electromecánica, logró su

acreditación con el ONARC en base a los requisitos de la norma cubana NC-ISO/IEC 17025:1999 [1], y en mayo del 2007 se convirtió en el primer laboratorio de la UNE en transitar a la nueva norma NC-ISO/IEC 17025:2006 [2]¹.

A partir de este resultado, y dada la importancia estratégica que para el país revisten las mediciones de energía eléctrica, en el año 2007 la Dirección Técnica de la UNE estableció como objetivo de trabajo lograr que todos los laboratorios que verifican o calibran contadores de energía eléctrica demuestren su competencia técnica por medio de la acreditación que otorga el ONARC.

Un nuevo paso hacia el logro de ese objetivo realizaría la Fábrica de Fusibles y Desconectivos cuando en el 2008 coordinó y realizó el primer PEA en la magnitud energía eléctrica con el objetivo de evaluar el desempeño de los laboratorios participantes cuando realizan la calibración de contadores estáticos de energía activa, y minimizar así el riesgo de error en los resultados que proveen.

En el año 2014 con el lema *Acreditación: generar confianza en el suministro de energía*, se realizó un taller en conmemoración del Día Mundial de la Acreditación con el auspicio del ONARC; donde Rodríguez Cardona [3] expuso la situación y proyección para acreditar los laboratorios de la UNE una vez aprobada la *Estrategia de la metrología en la UNE hasta el 2020*, la cual incluyó entre sus principales objetivos priorizar el proceso de implementación de la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 en los laboratorios, y promover, coordinar y realizar PEA.

Sobre la implementación de la NC-ISO/IEC 17025:2006 ya existía un precedente importante en la UNE al ser aprobada dicha estrategia, pues varios laboratorios de calibración se encontraban acreditados o en alguna de las etapas del proceso de acreditación, no así los laboratorios de ensayos.

Lo mismo sucedió con la promoción, coordinación y realización de PEA, pues la mayoría de los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica de la UNE habían participado ya en 4 rondas del PEA coordinado por la Fábrica de Fusibles y Desconectivos.

La experiencia acumulada por la Fábrica de Fusibles y Desconectivos y los estrechos lazos de colaboración existentes con la Dirección Técnica y otras organizaciones de la UNE en el diseño y coordinación de nuevos PEA, unido a la creación del Grupo de trabajo de EA, permitió determinar el impacto sobre los laboratorios de calibración de la UNE al participar en programas

¹ A finales del 2017 se aprobó la NC-ISO/IEC 17025:2017 y se estableció un nuevo período de transición de los laboratorios acreditados, para demostrar el cumplimiento de los nuevos requisitos (N.del E.)

alternativos de EA, y establecer algunos requisitos pertinentes de la NC-ISO/IEC 17043:2011 [4] a partir de lo establecido en la POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud del ONARC [5] que, a nuestro juicio, debe cumplir la UNE para convertirse en un proveedor competente en la gestión de PEA.

OBJETIVOS

Para cumplir con los objetivos aprobados en la *Estrategia de la metrología en la UNE hasta el 2020* de «priorizar el proceso de implementación de la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 en los laboratorios», estos deben cumplir con la POL 1 Política de ensayos de aptitud del ONARC [6], y para cumplir con el objetivo de «promover, coordinar y realizar PEA» es necesaria la existencia de proveedores de EA reconocidos por el ONARC que provean a los laboratorios de la UNE de PEA.

Actualmente no existen en el país proveedores reconocidos de PEA, por lo que la Dirección Técnica de la UNE ha desarrollado programas alternativos de EA para dar respuesta a esta carencia con el fin de que sus laboratorios puedan demostrar al ONARC que cumplen con la POL 1 Política de ensayos de aptitud [6].

Adicional a esto, en la POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud [5] el ONARC establece que «podrá aceptar resultados de esquemas o programas alternativos que se organicen por los reguladores, asociaciones técnicas u otras estructuras con funciones de supervisión y seguimiento del desempeño técnico de redes de laboratorios. Dichos esquemas o programas alternativos deben tener en cuenta los requisitos pertinentes de la norma ISO/IEC 17043 para garantizar un mecanismo de evaluación del desempeño técnico de los laboratorios participantes con el rigor técnico y transparencia necesaria, de interés para todas las partes», por lo que la Dirección Técnica de la UNE debe conocer los requisitos pertinentes que debe cumplir para lograr el reconocimiento del ONARC como proveedor de EA.

Por tanto, el *objetivo principal* de esta investigación fue *determinar los requisitos pertinentes que debe cumplir la UNE para acreditarse como proveedor de ensayos de aptitud en base a los requisitos de la NC-ISO/IEC 17043:2011 a partir de lo establecido en la POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud del ONARC.*

Se establecieron como *objetivos específicos*:

- determinar el impacto causado sobre los laboratorios de calibración de la UNE, con énfasis en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica, al participar en programas alternativos de EA; y

- determinar los requisitos pertinentes de la NC-ISO/IEC 17043:2011 a partir de lo establecido en la POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud del ONARC con los cuales debería cumplir la UNE para convertirse en un proveedor competente en la gestión de PEA y lograr el reconocimiento del ONARC como proveedor de EA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de aptitud

Las normas NC-ISO/IEC 17043:2011 [4] e ISO 13528:2015 [7] definen ensayo de aptitud como la evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios preestablecidos por medio de comparaciones interlaboratorios. Además, la NC-ISO/IEC 17043:2011 [4] describe en su introducción los propósitos típicos de los EA y especifica requisitos generales para la competencia de proveedores de esquemas de EA, y para el desarrollo y operación de dichos esquemas.

Asimismo, la ISO 13528:2015 [7] proporciona una descripción detallada de los métodos estadísticos que los proveedores de EA pueden utilizar en el diseño de PEA para analizar los datos obtenidos por medio de dichos programas, así como recomendaciones para la interpretación de los datos de los participantes en los PEA y por los organismos acreditadores.

Los PEA varían de acuerdo con las necesidades del sector en el que se usan, la naturaleza de los ítems de EA, los métodos en uso y el número de participantes.

Sin embargo, en su forma más simple, la mayoría de los PEA poseen la característica común de comparar los resultados obtenidos por los laboratorios participantes con un valor asignado a través de estadísticos de desempeño normalizados o mediante la comparación de la diferencia con un criterio definido.

La naturaleza del ensayo o de la medida que se efectúa en los PEA determina el método de comparación del desempeño, es por ello que existen tres tipos básicos de exámenes de laboratorio: cuantitativos, cualitativos e interpretativos, aunque existen otros PEA que poseen características adicionales que dependen de su objetivo, entre ellos los programas de participación secuencial, de participación simultánea y de evaluación externa de la calidad.

El tipo de PEA que se utilizó en esta investigación fue el programa de participación secuencial, a veces conocido como programa de comparación de mediciones, el cual consiste en distribuir el ítem de EA sucesivamente de un participante al siguiente, o devolverlo ocasionalmente al proveedor de EA para una nueva verificación.

El reporte técnico de la IUPAC/CITAC [8] proporciona una guía útil para PEA donde hay pocos participantes y recomienda que los valores asignados debieran basarse en mediciones independientes confiables.

Por su parte, la ISO 5725-1:1994 [9] refiere que la selección del número de laboratorios será un compromiso entre la disponibilidad de recursos y el deseo de reducir la incertidumbre de los estimados a un nivel satisfactorio, ya que los estimados de la desviación típica de repetibilidad y reproducibilidad van a diferir sustancialmente del valor verdadero si el número de laboratorios participantes es pequeño ($p=5$), mientras que existirá una reducción considerable de la incertidumbre si el número de laboratorios es mayor de 20.

En ocasiones no existe la cantidad apropiada de laboratorios participantes para un ítem de EA determinado por lo que es común escoger un valor de p entre 8 y 15, por tanto, el número mínimo de participantes necesarios dependerá entre otros aspectos de los métodos estadísticos utilizados, la experiencia de los participantes en el PEA, la experiencia del proveedor del PEA, el mensurando, los métodos y los grupos de participantes.

En la ronda 1 del PEA objeto de investigación participaron 7 laboratorios, cifra que aumentó en las rondas 2 y 3 con la participación de 17 y 16 laboratorios respectivamente.

En la ronda 4 disminuyó el número de laboratorios participantes a 8 y en las rondas 5 y 6 la participación fue idéntica a las rondas 2 y 3. La oscilación en el número de laboratorios determinó el método a emplear para la determinación del valor asignado y su incertidumbre.

El valor asignado es el valor atribuido a una propiedad particular de un ítem de EA [4].

También se define como el valor atribuido a una propiedad particular y aceptado, a veces por consenso, que tiene una incertidumbre apropiada para el uso previsto [7]. El valor asignado se utiliza como referencia para evaluar el desempeño de cada laboratorio participante a partir de un estadístico seleccionado.

En el caso del PEA objeto de estudio se utilizaron dos procedimientos para establecer los valores asignados, los cuales comprenden el uso de:

- a) valores de referencia (rondas 1, 4 y 6) determinados por comparación del ítem de EA con un patrón trazable a un patrón internacional a partir de utilizar el método estadístico descrito por Dziuba, R. F. y Jarrett, D. G [10]; y

- b) valores por consenso de los participantes (rondas 2, 3 y 5) a partir de utilizar los métodos estadísticos descritos en la norma ISO 13528:2015 [7] y en el Protocolo Internacional Armonizado de IUPAC [11], y de tener en cuenta los efectos de los valores atípicos [12].

La Guía para la expresión de la incertidumbre de medida [13] ofrece orientaciones sobre la evaluación de la incertidumbre de medida y la NC-ISO Guía 35:1998 [14] proporciona orientaciones sobre la incertidumbre del valor asignado para los valores de las propiedades certificadas, que se puede aplicar para el diseño de muchos PEA.

La Unión Eléctrica y los ensayos de aptitud

La UNE es la organización de la República de Cuba encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica a nivel nacional, así como de dirigir y controlar su uso racional. Cuenta para ello con 42 empresas subordinadas y una Organización Superior de Dirección (OSDE).

En sus procesos productivos y de servicio realiza mediciones en magnitudes tales como electricidad, presión, temperatura, físico químico, tiempo, gasto, volumen, densidad, dureza, dimensional, fuerza, vibraciones, ruido, termografía, rayos X y ultrasonido.

Cuenta con una red de 101 laboratorios distribuidos en 17 laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica, 21 laboratorios de calibración de instrumentos de electricidad, presión y temperatura, 8 laboratorios de ensayos eléctricos a medios dieléctricos, 7 laboratorios de ensayos eléctricos a equipos y componentes eléctricos, 44 laboratorios de ensayos químicos y físico químicos, y 4 laboratorios de ensayos y control de metales, dimensional y combustión.

La historia de la promoción, coordinación y realización de PEA en la UNE se remonta ya a más de una década, y tiene su génesis en el año 2006 cuando el Laboratorio de Calibración de Contadores de Energía Eléctrica de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos logró su acreditación con el ONARC en base a los requisitos de la norma cubana NC-ISO/IEC 17025:1999 [1], condición que mantuvo al transitar a la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 [2] en el año 2007.

Este resultado marcó un hito en la UNE, pues demostró la viabilidad del proceso de acreditación de los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica que desde hacía varios años llevaba adelante la Dirección Técnica de la UNE como objetivo de trabajo priorizado con el apoyo de la Dirección Comercial, y sirvió para instar a sus laboratorios a incorporarse en las rondas de EA que se organizaban y realizaban en el país.

Para los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica se presentaron dos retos importantes a superar, la trazabilidad metrológica y la participación exitosa en PEA, requisitos exigidos por ONARC en sus políticas para lograr la acreditación.

Otro reto se derivó de esta situación al no existir experiencia en los laboratorios de la UNE en la coordinación y realización de PEA.

Para dar respuesta a esta situación, en el año 2008 el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos decidió asumir la coordinación y realización de un PEA en la magnitud energía eléctrica con el objetivo de evaluar el desempeño de los laboratorios cuando realizan la calibración de contadores estáticos de energía activa y minimizar así, el riesgo de error en los resultados que proveen.

De forma paralela la Fábrica de Fusibles y Desconectivos trabajó incansablemente en recuperar la trazabilidad metrológica de la magnitud energía eléctrica.

En la ronda 1 del PEA participaron solo 7 laboratorios y el valor de referencia y su incertidumbre fueron provistos por el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos al ser éste el único laboratorio de calibración de contadores de energía eléctrica acreditado por el ONARC. El resultado al aplicar el estadístico de desempeño E_N fue de 6 laboratorios con desempeño satisfactorio y 1 laboratorio con desempeño no satisfactorio.

Esta primera ronda dotó a los laboratorios participantes de una herramienta de aseguramiento de la calidad que no poseían, lo que les permitió comparar su desempeño con el resto de los laboratorios participantes, identificar problemas en las mediciones que realizaban, comparar sus procedimientos de calibración, confirmar la validez de las verificaciones y calibraciones que realizaban, mejorar el desempeño y competencia de su personal, y aumentar la confianza de la Dirección Técnica y de la Dirección Comercial de la UNE.

En enero del año 2009 el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos había restablecido la trazabilidad metrológica de la magnitud energía eléctrica en el país, y garantizaba la trazabilidad de todos los patrones monofásicos de energía eléctrica con que contaban los laboratorios de la UNE hasta los patrones internacionales, por lo que el coordinador del PEA estaba en condiciones de establecer los valores asignados de referencia con su incertidumbre por comparación del ítem de EA con un patrón trazable a un patrón internacional.

Sin embargo, ante la existencia de posibles conflictos de intereses entre el coordinador y el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos en las rondas 2 y 3, llevadas a cabo en los años 2009 y 2010 con la participación de 17 y 16 laboratorios respectivamente, se

establecieron los valores asignados a partir de los valores por consenso de los participantes, por lo que el estadístico de desempeño utilizado fue *Z score*.

La ronda 2 dejó 12 laboratorios con desempeño satisfactorio y 5 con desempeño no satisfactorio, mientras que la ronda 3 tuvo 8 laboratorios con desempeño satisfactorios e igual número de laboratorios con desempeño no satisfactorios.

En la ronda 4 realizada en el año 2011 todos los laboratorios participantes alcanzaron un desempeño satisfactorio, no obstante, esta ronda mostró una disminución del número de laboratorios participantes a 8, por lo que el valor de referencia y su incertidumbre fueron provistos nuevamente por el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos.

Ante este hecho, dicho laboratorio se vio obligado a coordinar y participar en un PEA bilateral desarrollado ese propio año para demostrar ante el ONARC su participación sistemática y exitosa cuando realiza la calibración de un contador patrón de energía eléctrica, clase 0,1 % .

Un hecho relevante ocurrió en el año 2012, cuando la Dirección Técnica de la UNE creó un Grupo de trabajo de EA formado por especialistas de diferentes organizaciones de la UNE con probada experiencia en temas relacionados con la metrología, el cálculo de incertidumbres, la acreditación de laboratorios y el diseño y coordinación de PEA, con el objetivo de diseñar un Programa nacional de EA en las magnitudes de mayor impacto dentro de la UNE y dar seguimiento a los laboratorios participantes.

Ese propio año, la Fábrica de Fusibles y Desconectivos dio un nuevo paso de avance al coordinar un PEA en la magnitud presión con la participación de 18 laboratorios de todos los sectores de la economía nacional, y en el año 2013 coordinó un PEA bilateral en la magnitud energía eléctrica con el China Quality Supervision and Inspection Center for Electrical Measuring Instruments, laboratorio acreditado por el China National Accreditation Service for Conformity Assessment (CNAS), organismo firmante del MRA de ILAC.

A solicitud del ONARC, en el año 2013 la Fábrica de Fusibles y Desconectivos coordinó un PEA bilateral en la magnitud masa para la calibración de un instrumento de pesar de funcionamiento no automático clase III.

Luego de tres años sin realizar EA en la magnitud energía eléctrica, en el año 2014 se realizó la ronda 5 con la participación de 17 laboratorios, y nuevamente los motivos existentes en las rondas 2 y 3 obligaron a utilizar valores asignados a partir de los valores por consenso de los laboratorios participantes. En esta ronda, 13 laboratorios tuvieron un desempeño satisfactorio y 5 presentaron un desempeño no satisfactorio.

La trazabilidad metrológica del valor de referencia y su incertidumbre en las primeras 5 rondas se obtuvo siempre del Laboratorio de Calibración de Contadores de Energía Eléctrica de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos, el cual está acreditado por el ONARC y tenía para esas rondas trazabilidad directa con el DKD de Alemania.

Finalmente, en el año 2016, y con la coordinación por primera vez de la Dirección Técnica de la UNE y la colaboración de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos, se lleva a cabo la ronda 6 del PEA en la magnitud energía eléctrica con la participación de 16 laboratorios.

Esta vez el valor de referencia y su incertidumbre no fueron determinados por comparación del ítem de EA con un patrón trazable a un patrón internacional; sino que el laboratorio de la Fábrica de Fusibles y Desconectivos determinó el valor de conceso a partir de realizar 10 series de mediciones con 10 de sus patrones de energía eléctrica, y calcular la media robusta y la desviación típica robusta de dichas series de mediciones, por ser este un algoritmo que produce valores robustos del promedio y la desviación típica de los datos a los que se aplican, lo que disminuye los efectos de los valores extremos.

La trazabilidad metrológica de la ronda 6 se obtuvo del Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia de España, laboratorio que participa en intercomparaciones aceptadas por el Buró Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y está acreditado por el Ente Nacional de Acreditación (ENAC) de España.

Los impactos causados por el PEA en la magnitud energía eléctrica coordinado por la Fábrica de Fusibles y Desconectivos sobre los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica de la UNE se exponen como resultados de esta investigación y coinciden con lo expresado por el autor de esta investigación [15] al término de la ronda 4.

Fruto del esfuerzo realizado por el Grupo de trabajo de EA, es la presentación en el 2015 por la Dirección Técnica de la UNE al ONARC del Programa nacional de EA [16] del que asume su coordinación, de conjunto con una serie de especialistas seleccionados como colaboradores pertenecientes a diferentes organizaciones de la UNE.

Así vio la luz en el año 2015 un PEA en la magnitud electricidad para la calibración de un amperímetro del cual actualmente se realiza la ronda 2. También en el 2017 se encuentran en proceso de realización dos PEA en la magnitud de electricidad (voltímetro e indicador de temperatura) y uno en la magnitud físico químico (medidor de pH). Todos estos programas son coordinados por la Dirección Técnica de la UNE y cuentan con colaboradores de las diferentes organizaciones involucradas en el Grupo de trabajo de EA de la UNE.

Fruto de la colaboración del ONARC para lograr la participación de los laboratorios cubanos en los EA que proveen las organizaciones regionales y nacionales, fue la participación en marzo del 2015 de un representante de la Dirección Técnica de la UNE en el taller *Infraestructura de la calidad para la eficiencia energética y energía renovable en América Latina y el Caribe* desarrollado por IAAC, lo que permitió el intercambio de experiencias con proveedores de EA en el campo de la eficiencia energética, energías renovables, seguridad eléctrica, mediciones eléctricas y otros campos relacionados; así como la armonización de criterios sobre la interpretación e implementación de los requisitos de la norma NC-ISO/IEC 17043:2011 [4].

Requisitos mínimos para ser proveedor de programas de ensayos de aptitud

El primer requisito que debe cumplir un proveedor de EA es ser *competente*, según se indica en el apartado 4.1 de la NC-ISO/IEC 17043:2011 [4].

Una forma de demostrar su competencia es por medio de la acreditación que otorga un organismo competente, acreditación que es reconocida por todos los órganos de acreditación firmantes de los acuerdos de reconocimiento mutuo (MRA por sus siglas en inglés) de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC por sus siglas en inglés) bajo la observancia de la política de EA emitida por la ILAC [17]. Ese organismo competente en Cuba es el ONARC, el cual es firmante de dicho MRA.

Otro requisito importante es contar con una *estructura organizativa* que permita la gestión eficiente de los PEA, es por ello que, a partir del liderazgo de la Dirección Técnica en la coordinación de PEA, la experiencia acumulada por el Grupo de trabajo de EA y la existencia del Programa nacional de EA, se propone como estructura organizativa para la gestión de los PEA la que se muestra en la figura 1.

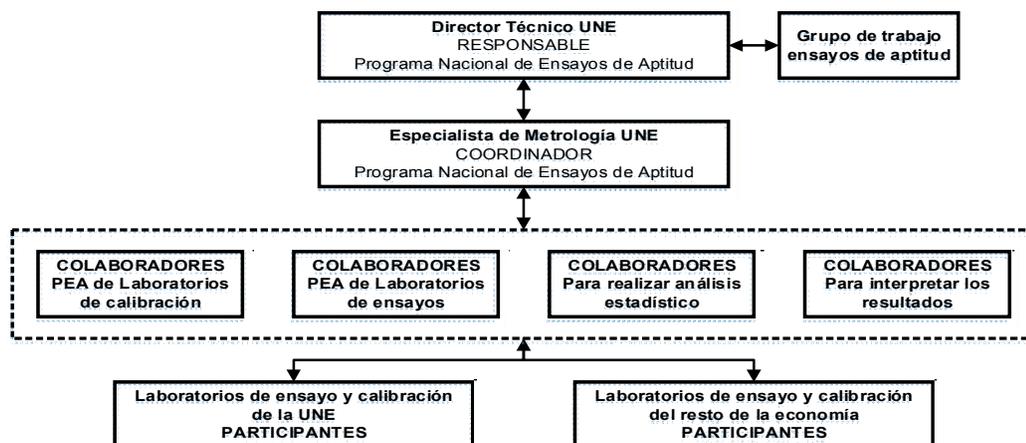


Fig. 1 — Propuesta de estructura organizativa para la gestión de los PEA en la UNE

Como se observa la propuesta no prevé una estructura independiente con el único objetivo de gestionar PEA, sino que aprovecha la estructura existente en la UNE para la gestión de la metrología, al considerar que la gestión de los PEA es una herramienta más a utilizar por los laboratorios para asegurar y gestionar la calidad de las mediciones que realizan.

En esta propuesta el Director Técnico tiene, entre otras, la responsabilidad de planificar el Programa nacional de EA, supervisar las actividades relacionadas con el desarrollo de los PEA, y proponer las mejoras necesarias para una gestión eficiente de dichos PEA.

Por su parte el Especialista de Metrología sería el responsable de coordinar la ejecución de los PEA y definir los colaboradores que gestionarán cada PEA. Es importante señalar que el coordinador UNE tiene autoridad para autorizar personal específico para que lleve a cabo las tareas descritas en el requisito 4.2.4 de la NC-ISO/IEC 17043:2011 [4], además de considerar como *colaboradores* a especialistas que no formen parte del sistema UNE, pero que por su competencia puedan ayudar al buen desarrollo de los PEA.

Contar con un *sistema de gestión documentado* es un requisito imprescindible para cualquier organización que gestione PEA. La UNE tiene varios sistemas de gestión documentalmente integrados, pero no tiene un sistema que cumpla con la NC- ISO/IEC 17043:2011 [4].

Los sistemas implementados poseen manuales, procedimientos, instrucciones y otros documentos generales que pueden ser comunes al sistema de gestión de EA, sin embargo, es necesario tener un documento maestro que establezca la misión, visión, políticas, objetivos, estructura organizativa, descripción general del sistema, documentos derivados, etc, que garantice una gestión eficaz de los PEA. A partir de este documento maestro se elaborarán los procedimientos, instrucciones, y otros documentos que establezcan las condiciones generales y bases sobre las cuales se gestionarán los PEA, así como los indicadores que medirán la eficacia de dicha gestión.

La *gestión de los PEA* es otro requisito a cumplir, pues a partir de conocer las necesidades reales de los laboratorios, las capacidades de medición y equipos que poseen, los métodos de medición que emplean, entre otras variables, se seleccionarán el tipo o tipos de PEA.

De vital importancia resulta la selección del laboratorio de referencia, conocer cuántos laboratorios pueden participar, si es necesario o no subcontratar algún servicio, cómo se manipulan los ítems y se asegura su homogeneidad y estabilidad, el envase y embalaje que se utilizará, los requisitos de transportación de los ítems a los laboratorios participantes [18], así como el tiempo necesario para cada una de las etapas del PEA. Con esta y otras informaciones

se elabora el plan del PEA, el cual debe cumplir con el apartado 4.4.1.3 de la NC- ISO/IEC 17043:2011 [4].

En el caso específico del PEA en la magnitud energía eléctrica, la Dirección Técnica de la UNE tiene un espacio reservado dentro del Taller de Metrología que realiza todos los años para que participantes del programa puedan debatir sobre los resultados de la ronda precedente y dar a conocer el plan de la próxima ronda. En estos debates siempre están presentes el coordinador UNE y los colaboradores participantes.

RESULTADOS

Desarrollar programas alternativos de EA permitió determinar el impacto causado sobre los laboratorios de la UNE que han participado en alguno de los PEA llevados a cabo, específicamente en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica. Entre estos impactos tenemos que:

- se logró capacitar y crear habilidades en los técnicos de los laboratorios en temas relacionados con el desarrollo de PEA, las metodologías utilizadas para interpretar los datos y resultados, y determinar la incertidumbre de las mediciones que se realizan;
- aunque el método utilizado en la calibración de contadores de energía eléctrica está normalizado, se logró confirmar la validez del método de medición directa del error utilizando un comparador de energía eléctrica, cuando se calibran contadores estáticos de energía activa monofásicos clase 2 con comparadores patrones clase 0,1 % y comparadores patrones clase 0,3 %, a partir de obtener resultados estadísticamente iguales;
- se identificaron los principales problemas existentes en los laboratorios a partir del análisis de las series de mediciones y de los resultados obtenidos en diferentes PEA, lo que permitió tomar las acciones de mejora necesarias para eliminarlas;
- se mejoró el diseño de los PEA lo cual, junto a las acciones emprendidas por los laboratorios, contribuyó a mejorar el desempeño de los participantes al tener bajo control estadístico un mayor número de variables;
- se logró restablecer la trazabilidad metrológica de la magnitud energía eléctrica en los laboratorios de la UNE hasta los patrones internacionales, lo que permitió a los laboratorios cumplir con la POL 2 Política de trazabilidad del ONARC [19];
- se estableció un esquema de trazabilidad de la magnitud energía eléctrica en la UNE;

- los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica de la UNE lograron cumplir con la Política de ensayos de aptitud del ONARC y mostrar evidencias apropiadas de participación satisfactoria en EA antes de obtener la acreditación en, al menos, uno de los alcances solicitados; y
- ayudó a la acreditación de 8 laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica.
- permitió determinar los requisitos pertinentes de la NC-ISO/IEC 17043:2011 con los cuales debe cumplir la UNE para convertirse en un proveedor competente en la gestión de PEA y lograr el reconocimiento del ONARC como proveedor de EA. Estos requisitos fueron:
 - competencia;
 - estructura organizativa;
 - sistema de gestión documentado; y
 - gestión de los PEA.

Desarrollar programas alternativos de EA en la UNE coadyuvó a la creación del Grupo de trabajo de EA; al diseño, elaboración y presentación del Programa nacional de EA; y a que la Dirección Técnica y la Dirección Comercial aumentaran su confianza en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica.

Los resultados del trabajo tienen un significativo impacto en el ámbito científico, económico, político y social porque evidencian una solución en correspondencia con las tendencias más actuales en materia de gestión y evaluación de la conformidad, lo que permite mejorar la infraestructura técnica de normalización, metrología y calidad en correspondencia con los objetivos de la UNE de generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica a nivel nacional, con una elevada seguridad, disponibilidad y eficiencia, con un mínimo de impactos al medio ambiente.

Los resultados de esta investigación le permiten a la UNE crear las capacidades para convertirse en un proveedor de EA acreditado por el ONARC en base a los requisitos de la NC-ISO/IEC 17043:2011 [4].

CONCLUSIONES

El desarrollo de programas alternativos de EA en la UNE:

- permitió determinar el impacto causado sobre los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica participantes en el PEA llevados a cabo en la magnitud energía eléctrica;

- permitió determinar los requisitos pertinentes de la NC-ISO/IEC 17043:2011 con los cuales debe cumplir la UNE para convertirse en un proveedor competente en la gestión de PEA y lograr el reconocimiento del ONARC como proveedor de EA.
- coadyuvó a la creación del Grupo de trabajo de EA; al diseño, elaboración y presentación del Programa nacional de EA; y a que la Dirección Técnica y la Dirección Comercial aumentaran su confianza en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] NC ISO/IEC 17025:1999 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y de calibración. 1999.
- [2] NC ISO/IEC 17025:2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y de calibración. 2006.
- [3] Rodríguez Cardona, J G. Situación y proyección de la acreditación de laboratorios en la Unión Eléctrica. 2014.
- [4] NC-ISO/IEC 17043:2011 Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud. 2011.
- [5] POL 4 Política para acreditación de proveedores de ensayos de aptitud. ONARC. Rev 00. 2016.
- [6] POL 1 Política de ensayos de aptitud. ONARC. Rev 06. 2016.
- [7] ISO 13528:2005 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. 2005.
- [8] Ilya Kuselman and Aleš Fajgelj. Pure Appl. Chem., Vol. 82, No. 5, pp. 1099–1135, 2010. IUPAC, Publication date (Web): 18 February 2010. IUPAC/CITAC Guide: Selection and use of proficiency testing schemes for a limited number of participants—chemical analytical laboratories (IUPAC Technical Report). 2010.
- [9] ISO 5725-1:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and result – Part 1: General principles and definitions. First edition, 1994.
- [10] Dziuba, R. F. y Jarrett, D. G. CCEM-K2 Key Comparison of Resistance Standards at 10 M Ω and 1 G Ω . . National Institute of Standards and Technology (NIST). 2001.

- [11] M. Thomson, S.L.R. Ellison. R. Wood. Pure Appl. Chem., Vol. 78, No. 1, pp. 145–196, 2006., 2006 IUPAC The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of the analytical chemistry laboratories. 2006.
- [12] Kay, S. Evaluation of the use of consensus value in proficiency testing programs. Acred. Qual. Assur 2005. 10: 409-414.
- [13] JCGM 100: 2008 Evaluación de datos de medición. Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. 2008.
- [14] NC-ISO Guía 35:1998 Certificación de materiales de referencia. Principios generales y estadísticos. 1998.
- [15] Fernández García, P. Impacto de los ensayos de aptitud en los laboratorios de calibración de contadores de energía eléctrica de la Unión Eléctrica. 2014.
- [16] Programa nacional de ensayos de aptitud. Unión Eléctrica. 2015.
- [17] ILAC P9:06/2014 Policy for participation in proficiency testing activities. 2014.
- [18] Camacho, E. Prieto, J. Rivera, C. Rodríguez, R. Gestión conjunta de ensayos de aptitud. 2012.
- [19] POL 2 Política de trazabilidad de las mediciones. ONARC. Rev 04. 2016.

Fecha de recepción del artículo: 2017-07-30
Fecha de aceptación del artículo: 2017-09-04

Instalación de calibración de flujómetros con agua como líquido de trabajo.

Ing. Regla Inchausti Ramos; Lic. Fran Javier Buzón González; Lic. Yan Carlos Leyva Labrador; Ing. Maritza Hernández Apaceiro.

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

Correo: regla@inimet.cu; franb@inimet.cu

RESUMEN

El presente trabajo presenta una panorámica de las instalaciones de calibración de flujómetros que utilizan agua como líquido de trabajo, los métodos de medición, los regímenes de trabajo que permiten garantizar trazabilidad metrológica a los flujómetros. Además, de mostrar el avance del proyecto de investigación "Instalación de calibración de flujómetros utilizando agua como líquido de trabajo", que se lleva a cabo en el Laboratorio de Volumen del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET).

PALABRAS CLAVE: flujómetros, agua, trazabilidad metrológica, método de mediciones, regímenes de trabajo, calibración

ABSTRACT

The present work presents an overview of the calibration facilities of flow meters that use water as a working liquid, the measurement methods, the work regimes that allow to guarantee metrological traceability to the flow meters. In addition, to show the progress of the research project "Installation of calibration of flow meters using water as working liquid" that takes place in the Volume Laboratory of the National Research Institute of Metrology (INIMET).

KEY WORDS: flow meters, water, metrological traceability, measurement method, work regimes, calibration

INTRODUCCIÓN

Los Institutos Nacionales de Metrología (INM) de Alemania, Estados Unidos, México y Japón, entre otros, cuentan con instalaciones para las mediciones de flujo, certificadas y con altas tecnologías incorporadas, a través de las cuales se garantiza la trazabilidad metrológica de los

flujómetros que intervienen en transacciones comerciales. Cuba no cuenta hoy con la infraestructura para dar trazabilidad metrológica a los flujómetros que existen en el país, por no contar con una instalación de calibración de este tipo. En el país, en la industria, existen estos equipos como sistema de medición para la comercialización nacional e internacional, que respalda la exportación o importación de productos tales como: alcohol, lácteos, rones, entre otros.

El INIMET, INM de la República de Cuba, tiene como misión desarrollar y crear los patrones en la magnitud de flujo. Partiendo de esta consideración, el objetivo de esta investigación es diseñar, construir y certificar una instalación para la calibración de flujómetros utilizando agua como líquido de trabajo, teniendo como actividad principal recopilar datos e información que permita elaborar una tarea técnica que describa, desde el punto de vista técnico y metrológico, todos los elementos principales de este sistema de medición, los requisitos de estos instrumentos de medición patrones y auxiliares, además de las especificaciones técnicas del equipamiento principal de dicha instalación. Lograr este objetivo es de gran importancia para la economía nacional y nos permitiría contar con el laboratorio para mediciones de flujo de más exactitud del país.

Los flujómetros son los instrumentos de medición que garantizan una parte primordial de las transacciones fiscales de líquidos, así como los aforos volumétricos de la considerable cantidad de tanques de almacenamiento de diferentes productos, que son usados en la economía. La calibración y verificación de los mismos son la base esencial del control metrológico. Partiendo de estas consideraciones, se trabajó en diagnosticar la fundamentación del alcance de la instalación de calibración y en diseñar la instalación para la calibración de los flujómetros para el INIMET.

DESARROLLO

Las instalaciones de calibración de flujo de agua son ampliamente utilizadas para la calibración de flujómetros de agua en todo el mundo. También se utilizan para la calibración inicial de flujómetros que posteriormente se usan en otros líquidos, se utilizan además para calibración de flujómetros patrones, para aprobación de modelos. Las últimas dos décadas han sido testigos de las constantes contribuciones en el desarrollo de instrumentación y técnicas con especial énfasis en reducir los errores de medición y mejorar la incertidumbre de medición de flujo. (Ver tabla 1) [1] [2] [3] [4] [5]

Tabla 1 Instalaciones de calibración con agua de algunos INM del mundo

INM	PTB (ALEMANIA)	NIST (E.U)	KRISS (COREA)	CENAM (MÉXICO)	NMIJ (Japón)
ALCANCE ³ (m /h)	(0,3 a 2100)	(0,48 a 2280)	(0,6 a 2000)	(1,5 a 720)	(0,002 a 12 000)
DIÁMETRO (mm)	(20 a 400)	(100 a 400)	(25 a 400)	(25 a 250)	-----
MÉTODOS DE CALIBRACIÓN	Gravimétrico- Volumétrico	Gravimétrico- Volumétrico	Gravimétrico- <i>Master meter</i>	Gravimétrico- Volumétrico	Gravimétrico- <i>Master meter</i>
SISTEMA DE PESAJES (Método gravimétrico)	3 sistemas (0,3; 3; 30) t	3 sistemas (1,1; 3,7; 22,5) t	4 sistemas (0,1; 1; 5; 25) t	2 sistemas (1,5; 10) t	4 sistemas 10 kg; 500 kg; 5 t; 50 t
PROBADOR DE TUBO (Método volumétrico) (L)	250	(2; 20)	-----	(500; 1000)	-----
FLUJÓMETRO PATRÓN (Método <i>master meter</i>)	-----	-----	Flujómetro electromagné- tico o coriolis	-----	Flujómetro de referencia probador de bolas
INCERTI- DUMBRE %	0,02	0,033	< 0,06	0,05 (masa) 0,1 (volumen)	(0,039 a 0,081)

Además, existen fabricantes de flujómetros en todo el mundo como son Alden Labs, Micro Motion, Endress + Hauser, Krohne, ABB, Siemens, Yokogawa, OVAL Corporation, entre otros. La mayoría de los fabricantes de flujómetros mantienen sus propias instalaciones para la calibración inicial de los flujómetros antes de su envío a los clientes. Para asegurarse de que un flujómetro está funcionando correctamente, debe ser calibrado después de que se ensambla y antes de que se entregue al cliente. Muchos también ofrecen servicios de recalibración a sus propios clientes, y algunos ofrecen estos servicios de manera más amplia.

Un flujómetro es un instrumento destinado para la medición de flujo o cantidades de fluido. La medición de volumen y flujo en función del sistema de medición establecido puede ser

volumétrico o másico; el flujo volumétrico es el volumen de fluido que pasa por una superficie dada en un tiempo determinado. Usualmente es representado con la letra Q mayúscula. Mientras que el flujo másico no es más que la variación de la masa con respecto al tiempo en un área específica. En el Sistema internacional de Unidades (SI) se mide en kilogramos por segundo.

Por otra parte, la medición del flujo de agua tiene gran importancia a nivel mundial. El agua es un recurso fundamental para el sostenimiento de la vida en el planeta que, además, satisface las principales necesidades humanas en las actividades de tipo doméstico, agrícola e industrial. Ha sido un elemento básico para el desarrollo de la humanidad a través del tiempo, convirtiéndose en uno de los recursos que mayor presión enfrenta en la actualidad debido al desmesurado crecimiento poblacional. Lo anterior ha obligado al diseño e implementación de políticas y estrategias que permitan realizar una adecuada gestión del recurso hídrico a nivel mundial, regional y local, como respuesta a la denominada crisis del agua. [6]

Para la ejecución de las diferentes etapas de investigación se tuvo en cuenta el esquema que aparece en la Fig. 1.

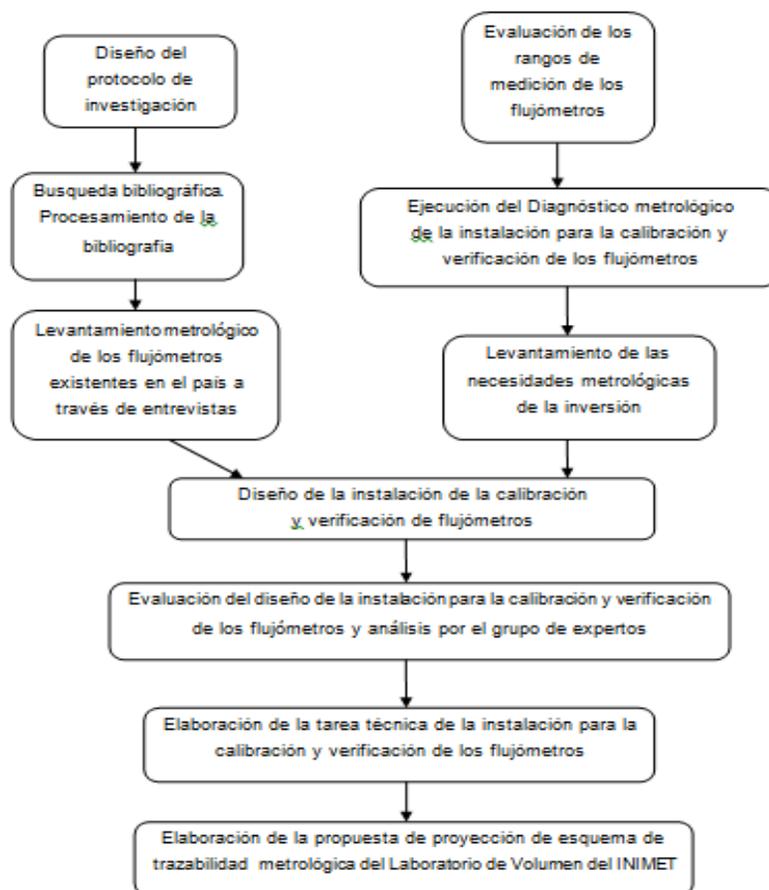


Fig. 1 Esquema de trabajo para la ejecución de las diferentes etapas de investigación

MATERIALES Y MÉTODO

Para elaborar el diseño de la instalación para la calibración de los flujómetros en el Laboratorio de Volumen, se realizó la:

➤ **Identificación de las características metrológicas**

Esta investigación nos permitió determinar que las calibraciones con agua de los flujómetros en la instalación serán en un intervalo de flujo desde 0,3 m³/h hasta 600 m³/h y con diámetro nominal desde 15 mm hasta 300 mm, con incertidumbre expandida para k=2 y 95 % de nivel de confianza en el rango de (0,05 a 0,10) %.

➤ **Métodos de mediciones de flujo**

Las instalaciones de calibración de flujómetros utilizan diferentes métodos de medición que las caracterizan, tales como: método de medición gravimétrico, método de medición volumétrico y método de medición de *master meter* o de medidor maestro. La instalación diseñada utilizará los métodos de medición gravimétrico y *master meter*, que asegurarán en el futuro mediciones más exactas, con niveles de incertidumbres mejores que los flujómetros para líquidos como el agua, o para diferentes combustibles que existen en el país en las entidades de la economía nacional. Con el método gravimétrico específicamente se garantizará trazabilidad metrológica a los flujómetros patrones de la instalación de calibración, así como a todos los flujómetros con indicación en unidades de masa.

- **Método Gravimétrico**

Este método consiste en pesar la cantidad de líquido colectado en un recipiente. El recipiente se pesa vacío, luego lleno y la diferencia es calculada. Esto da el peso del fluido colectado, la cantidad es la masa (y probablemente convertir a volumen) el peso colectado debe ser corregido por el efecto del empuje del aire. Para determinar el volumen, la masa colectada se divide por la densidad en el contador de flujo. La densidad en el contador se calcula a partir de la densidad medida utilizando un densímetro en la línea o en el propio tanque pesa, el factor de expansión del fluido y la temperatura y presión en el contador.

- **Método *Master Meter* o Medidor Maestro**

El líquido circula a través del *master meter* y el flujómetro bajo prueba y se comparan las indicaciones de ambos flujómetros.

➤ **Regímenes de trabajo**

Existen dos regímenes de trabajo para ambos métodos, el *start-stop* estático y *start-stop* dinámico.

- **Régimen *start-stop* estático**
 - La colección de datos comienza y termina a condiciones de cero flujo.
 - En este caso, el tiempo de la corrida debe ser suficiente para considerar los errores provocados por las variaciones en el flujo al comienzo y al final de la corrida.
- **Régimen *start-stop* dinámico**
 - La colección de datos comienza y termina mientras el fluido se mantiene en movimiento a un flujo estable. [7]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño de la instalación para la calibración de los flujómetros ofertada por el proveedor

El proveedor de la instalación de calibración es la empresa rusa Rosenergouchet, de la cual se recibió la oferta de una instalación que ya tienen diseñada y en explotación con la denominación de Instalación de calibración automatizada APU-011/600. En la Tabla 2 se muestra el resumen de las características técnicas de la instalación propuesta por el INIMET y la ofertada por el proveedor.

Tabla 2 Resumen de las características técnicas de la instalación ofertada por el proveedor y la propuesta por el INIMET

INSTALACIÓN	APU-011/600 (PROVEEDOR)	PROPUESTA INIMET
ALCANCE (m ³ /h)	(0,025 a 600)	(0,3 a 600)
DIÁMETRO (mm)	(15 a 200)	(15 a 300)
SISTEMA DE PESAJE (m ³) (tanque pesa sobre celdas de carga)	(0,05; 0,5; 6,0) Resolución celdas de cargas (2; 20; 200) g	(0,3; 10) Resolución celdas de cargas (10; 100) g Clase II 100 000 divisiones
FLUJÓMETROS PATRONES (<i>master meter</i>)	Electromagnéticos (4) con error de 0,25 %	Electromagnéticos (2) con error de 0,1 %
FLUIDO OPERANTE	Agua tratada	Agua tratada
MÉTODOS DE CALIBRACIÓN	Gravimétrico- <i>Master meter</i>	Gravimétrico- <i>Master meter</i>

Dentro de los resultados de la validación del diseño de la instalación para la calibración de los flujómetros, un paso necesario antes de adquirir la instalación APU-011/600, lo constituye el diagnóstico metrológico a la instrumentación de la misma utilizando para esto la Norma Cubana NC Guía 857-1: 2011, la cual establece las disposiciones generales para la organización y ejecución del diagnóstico metrológico a la documentación tecnológica y de proyecto de las nuevas inversiones industriales, teniendo en cuenta la etapa del proceso inversionista en que se encuentre. De manera que cuando sea adquirida, cuente con los recursos materiales e instrumentos patrones que garanticen la trazabilidad de sus mediciones. Este análisis de la documentación técnica de la instalación permitió elaborar la tabla de "Levantamiento de necesidades metrológicas de la inversión", de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- El proveedor oferta una balanza de 6 000 kg, la cual no cubre el rango de medición para la calibración de todos los flujómetros existentes en el país. Se propone su sustitución por una balanza de 10 000 kg
- El termómetro de laboratorio ТЛ -4, que se oferta no puede calibrarse en el Instituto, pues no se cuenta con los medios necesarios, lo que presupone la búsqueda de un proveedor de servicios de calibración en un INM extranjero.
- De los controladores de los desviadores KS-011P y los controladores de los contadores KS-011 no se pudieron encontrar referencias en el mercado internacional, por lo que se desconoce la posibilidad de asegurar su trazabilidad metrológica.

CONCLUSIONES

Con el diagnóstico para el diseño de la instalación para la calibración de los flujómetros utilizando agua como líquido de trabajo, se logró seleccionar, definir e identificar las características metrológicas de todos los instrumentos de medición patrones y auxiliares que integrarán la misma, lo que contribuirá a garantizar la trazabilidad metrológica de estos flujómetros en el país. Se seleccionaron los métodos de medición, Gravimétrico y *Master Meter*, los regímenes de trabajo *start-stop* estático y *start-stop* dinámico, utilizados ampliamente para este tipo de instalación, con lo cual se logrará dar aseguramiento metrológico a los flujómetros para líquidos diferentes de combustible. Esto permitirá al Laboratorio de Volumen del INIMET garantizar las mediciones de flujo en el país en correspondencia con su condición de Instituto Nacional de Metrología de la República de Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pöschel Walter, Engel Rainer, El concepto de un nuevo patrón primario para medición de flujo de líquido en PTB Braunschweig. 9th Conferencia Internacional sobre Medición de Flujo FLOMEKO´98, 15 al 17 de junio de 1998 - Lund, Suecia, [en línea] Disponible en: https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_1/1.5_fluessigkeiten/1.52/flome_98.pdf, Consultado el 12 septiembre de 2017.

[2] Anónimo, Calibraciones de mediciones de flujo, NIST, [en línea] Disponible en: <https://www.nist.gov/calibrations/flow-measurements-calibrations>, Consultado el 12 septiembre de 2017.

[3] Sejong Chun, Byung-Ro Yoon, Yong-Bong Lee, Hae-Man Choi, Desarrollo del sistema patrón de flujo de agua para la calibración flujómetros hasta 2000 m³/h en KRISS, FLOMEKO 2016, Sydney, Australia, 26 al 29 de septiembre 2016, [en línea] Disponible en: http://metrology.asn.au/flomeko2016/papers/57a197d188531-WaterFlows_KRISS.pdf, Consultado el 12 septiembre de 2017.

[4] Loza Guerrero, Dario Alejandro, La Metrología de Flujo de Líquidos en México, CENAM, XV SEMINARIO Y II ENCUENTRO Nacionales de Metrología y Normalización, Para la Industria y la Educación, [en línea] Disponible en: <http://www.cenam.mx/fyv/publicaciones/mfl.pdf>, Consultado el 12 septiembre de 2017.

[5] Anónimo, Web National Institute of Advance Industrial Science and Technology, National Metrology Institute of Japan (NMIJ), Mechanical Standards and Flow Standards, Flow Measurement, [en línea] Disponible en: <https://www.nmij.jp/english/org/lab/3/>, Consultado el 12 septiembre de 2017.

[6] Del Castillo Pinto Laureano, Tratamiento Legislativo de las Aguas, Seminario Subregional Sudamérica, [en línea] Disponible en: <http://parlatino.org/pdf/temas-especiales/pnuma/seminario/tratamiento-legislativo-agua.pdf>, Consultado el 6 julio de 2017.

[7] BS ISO 10790:1999 Incorporating Amendment No. 1, Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidance to the selection installation and use of Coriolis meters (mass, flow, density and volume flow measurements).

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Espinosa G, Franco J I, Peón M, Cabrera R, Torras O, Acosta M., APUNTES METROLÓGICOS SOBRE LOS METROS CONTADORES DE CORIOLIS, Boletín Científico Técnico INIMET, 2010, (2).
- Franco J, Turiño E, Mendoza R, Pérez F, Hugues A, Tamayo J, Estévez A, Hernández M, León J A, Hernández J, I. Romero J L, Pascual P, Hernández J M, Puesta en Marcha

del Laboratorio de Calibración de Flujómetros para Productos Claros de CUPET (LCPC), Boletín Científico Técnico INIMET, 2017, (2).

- Franco J , Hugues A, Pérez F, Mendoza R, Tamayo J, Hernández M., León J, Hernández J , Romero J.L, Pascual P, Turiño E , Torras O, García O, Brito Y, Sardaña A; García M, Laboratorio de Calibración de Flujómetros para Productos Claros de Cupet, 18 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VII Congreso Internacional de Telemática y Comunicaciones CITTEL 2016 Cuba 2016, [en línea] Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/329626441_Laboratorio_de_Calibracion_de_CUPET_2017.
- Loza Guerrero Dario Alejandro, Engel Rainer, Water Flow Comparison Measurements between Centro Nacional de Metrología (Mexico) and Physikalisch – Technische Bundesanstalt (Germany) by using a CENAM 100 mm Double-Turbine Meter Transfer Standard. Conference: 6th International Symposium on Fluid Flow Measurement, At Querétaro, Mexico [en línea] Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/261171327_Water_Flow_Comparison_Measurements_between_Centro_Nacional_de_Metrologia_Mexico_and_Physikalisch_-_Technische_Bundesanstalt_Germany_by_using_a_CENAM_100_mm_Double-Turbine_Meter_Transfer_Standard
- OIML R49-1, Contadores de agua destinados a la medición de agua potable fría y agua caliente Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos, 2013.
- OIML R 117, Sistemas de medida de líquidos distintos del agua, 2010.
- ISO 4185, Medición del flujo de líquidos en conductos cerrados. Método de Pesaje (Measurement liquid flow in closed conduits Weighing method), 1980.
- ISO 10790, Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidance to the selection installation and use of Coriolis meters (mass, flow, density and volume flow measurements), 2000.
- NC OIML R 76-1, Instrumentos de pesar no automáticos. Parte 1: Requerimientos metrológicos y técnicos. Ensayos, 1999.
- Decreto-Ley 183 de la Metrología, Gaceta Oficial No. 17 Ordinaria, Cuba, Febrero 1998.
- DG 01, Instrumentos de medición sujetos a verificación y los campos de aplicación donde serán utilizados, 3. Edición, Septiembre 2014.
- DG 10, Política de Trazabilidad Metrológica, 2013.

- NC ISO/IEC 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, ICS: 03.120.20, 3. Edición, Diciembre 2017.

Fecha de recepción del artículo: 2018-04-13
Fecha de aceptación del artículo: 2018-05-25

NOTICIAS/ News

PARTICIPACIÓN DE LOS INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA DE CUBA EN EL FORUM DE CALIDAD DE COOMET.

La M.Sc. Rodes Valdivia Medina participó en la sesión ordinaria del Comité Técnico 3.1 Fórum de Calidad de COOMET, celebrada en el mes de enero, en el que presentó el Sistema de Gestión de la Calidad del INIMET, como paso previo a la evaluación por pares que tuvo lugar en el mes de abril.

RATIFICADA POR TERCERA VEZ CONSECUTIVA LA COMPETENCIA TÉCNICA DE LOS INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA DE CUBA.



Evaluadores de COOMET (a la derecha), junto a la Directora General de la ONN, el Director del INIMET y dos trabajadores del Instituto (a la izquierda).

Del 2 al 6 de abril de 2018 se realizó en La Habana la evaluación por pares de la Cooperación Euro-Asiática de Institutos Nacionales de Metrología (COOMET) a los Institutos Nacionales de Metrología de Cuba, con el objetivo de examinar el cumplimiento de los requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de calibración y ensayo, establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025.

Por las misiones que cumplen en el Servicio Nacional de Metrología, se han designado como Institutos Nacionales de Metrología (INM) de Cuba al Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), para longitud, masa y magnitudes relacionadas (volumen, presión y densidad de líquidos), temperatura, así como magnitudes eléctricas y físico-químicas y al Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) y al Centro de Isótopos (CENTIS), para las magnitudes relacionadas

con las radiaciones ionizantes.

Aunque los INM cubanos ya se sometieron a la evaluación por pares en los años 2008 y 2013, por primera vez esta se realizó de forma conjunta con expertos técnicos de COOMET y la Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología (EURAMET).

En la reunión de cierre los equipos auditores reconocieron la competencia técnica de los especialistas cubanos para ejecutar los servicios metrológicos que han sido declarados, y garantizar la trazabilidad de las mediciones que se realizan en el país a los patrones internacionales de las unidades de medida, con lo que se protege al país de los efectos desfavorables de mediciones incorrectas o no reconocidas por los socios comerciales. Fueron también identificadas las oportunidades de mejora de los sistemas de gestión de la calidad de los INM cubanos, y algunas de las prácticas de nuestros laboratorios serán implementadas en los laboratorios de los expertos técnicos, según sus propias declaraciones.

SE MANTIENE LA CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL INIMET POR LA NORMA NC-ISO 9001:2006

La evaluación de seguimiento de la Lloyd's Register confirmó que el sistema implantado para el ámbito especificado ha demostrado efectividad en el cumplimiento de los requisitos reglamentarios y en la satisfacción de los requisitos de los clientes. Las acciones de mejora continúan su curso previsto, con vistas a la transición del Sistema de Gestión de la Calidad a la nueva versión de la norma ISO 9001:2015.

SERVICIOS QUE PRESTA EL INIMET/ Services available at INIMET

El INIMET presta servicios científicos y tecnológicos especializados en la esfera de la Metrología, consistentes en:

Investigaciones en el campo de la Metrología.

- Aforo de tanques horizontales, verticales y soterrados para líquidos.
- Mediciones de alta exactitud.
- Calibración y verificación de instrumentos de medición.

Magnitudes que trabaja el INIMET

- | | |
|------------------|-----------------|
| - Electricidad | -Volumen |
| - Densidad | - Masa |
| - Presión | - Temperatura |
| - Físico Química | - Dimensionales |

Se brindan servicios de:

- Información Científico – técnica y asistencia bibliográfica
- Cursos y adiestramientos

Para más información contactar a: M.Sc. Maydelín Limonta Cairo.

Tel: 7863 7023 / Correo-e: maydelin@inimet.cu

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES/ Instructions to authors

Requisitos técnicos para presentar un artículo para su publicación en el Boletín.

El Boletín Científico Técnico INIMET se edita desde el año 1982. Es una publicación semestral (junio y diciembre) que surge debido a la necesidad de divulgar los resultados de la investigación y de los trabajos científico técnicos efectuados en el campo de la Metrología y sus aplicaciones. Su objetivo es contribuir al incremento de la visibilidad del impacto de los resultados y tributar a la formación de una cultura general sobre esta ciencia.

Datos de los autores:

Escribir el nombre y los dos apellidos de cada autor, los dos apellidos separados por un guión. Indicar una muy breve reseña curricular de los autores: el grado científico o académico del autor o autores y la categoría científica o docente si se posee. Indicar la Institución a la que pertenecen, el Organismo correspondiente y el país. En caso de ser más de una Institución se utilizará números para su identificación, incluyéndose la leyenda correspondiente. Indicar la responsabilidad administrativa que ocupa, si procede. Incluir la dirección de correo electrónico de al menos un autor, para su localización.

2. Tipos de colaboración aceptadas:

Los trabajos deben ser originales y no deben estar postulados de forma simultánea en otra publicación. Deben estar enfocados hacia la Metrología, ya sean trabajos de divulgación científica, de presentación de resultados de la actividad de investigación científica o de la actividad laboral. Se aceptarán artículos y otros materiales como comunicaciones, noticias y cartas al editor.

Se requiere adjuntar la carta de originalidad en ocasión de la presentación del artículo y la cesión de derechos para su difusión con la firma de todos los autores cuando les sea comunicada la aprobación para la publicación del trabajo.

3. El artículo en su estructura debe incluir:

Título (en español e inglés); resumen (en español e inglés); palabras clave (en español e inglés); introducción; materiales y métodos o Desarrollo (según el tipo de artículo); resultados; discusión; conclusiones; agradecimientos; referencias bibliográficas; bibliografía.

4. Los artículos se presentan con el siguiente formato:

Los trabajos se envían en soporte informático (Microsoft Word), en español, con título, resumen y palabras clave en español e inglés. La extensión aceptada del trabajo es de 8 páginas a 15 páginas (incluyendo tablas y gráficos), con una tipografía Arial, tamaño de fuente 11, interlineado de párrafo a un espacio, en formato normal, dejando 2,5 cm de espaciado en los cuatro márgenes y en formato carta 8 ½ " x 11" (216 mm x 279 mm). Las tablas y gráficos deben presentar su correspondiente leyenda, la cual no debe ser mayor que 2 líneas.

5. Las ilustraciones:

Fotografías, diagramas y dibujos: Con formato JPG o TIFF, ancho entre 455 píxeles y 2005 píxeles.

Figuras y gráficos: Se aceptan los gráficos en Excel y Power Point, adjuntando el archivo con las planillas de datos.

En la versión impresa los gráficos se verán en blanco y negro por lo que deben tener cuidado de utilizar tramas claramente definidas para distinguir el contenido.

6. Las Referencias Bibliográficas:

Deben aparecer al final del texto, ordenado numéricamente según el orden en que aparezcan y estructurado siguiendo lo indicado en los requisitos uniformes (Vancouver) en su quinta edición (1997).

7. Proceso de arbitraje:

El BCT INIMET somete los artículos a un proceso de arbitraje, en la modalidad a doble ciego. Una vez que se presenta el artículo y la carta de originalidad se evaluará si cumple con los lineamientos establecidos en la política editorial, de ser así pasa a ser evaluado por los árbitros, que serán especialistas en los temas y pueden dictaminar los siguientes resultados: *aprobado sin cambios*, aprobado con sugerencias opcionales, condicionados a cambios obligatorios (reenvío), rechazado.

En el caso de que los árbitros no coincidan en la aceptación o rechazo de un artículo se recurrirá a un tercero, en dependencia de los resultados, corresponde a la Directora editorial tomar la decisión final.

8. Política de propiedad intelectual

El autor autoriza al INIMET de manera ilimitada en el tiempo para que incluya su trabajo en el BCT INIMET y para reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y diseminarlo en el país y en el extranjero ya sea de manera impresa, electrónica o en cualquier otro medio. Todo esto sin perjuicio del respeto a los derechos de autoría moral de los autores. El autor cede derechos no exclusivos al Boletín, por lo que puede utilizarlo siempre que cite el documento original.

Los autores igualmente deben estar conscientes de que el Boletín protege su contenido (los artículos científicos) mediante una licencia Creative Commons (bienes comunes creativos) que funciona bajo las siguientes condiciones:



Permite copiar, distribuir, mostrar y ejecutar la obra, siempre dando testimonio de la autoría del mismo, pero solo copias literales (sin derivaciones del mismo) y sin propósitos comerciales.

Por problemas de espacio en esta sección no podemos incluir las instrucciones a los autores de manera íntegra. Dicho documento incluye una guía detallada de cómo se deben redactar las diferentes secciones de un artículo científico, así como más información sobre el proceso de arbitraje. También ejemplos concretos del orden y la puntuación que deben seguir al elaborar la bibliografía y las referencias bibliográficas. Si desea esa información escriba a nuestra dirección electrónica solicitando las instrucciones completas.

Correo-e: normateca@inimet.cu

Los originales pueden remitirse además a: Consulado No. 206 e/ Animas y Trocadero, Centro Habana, La Habana, Cuba. CP 10 200.