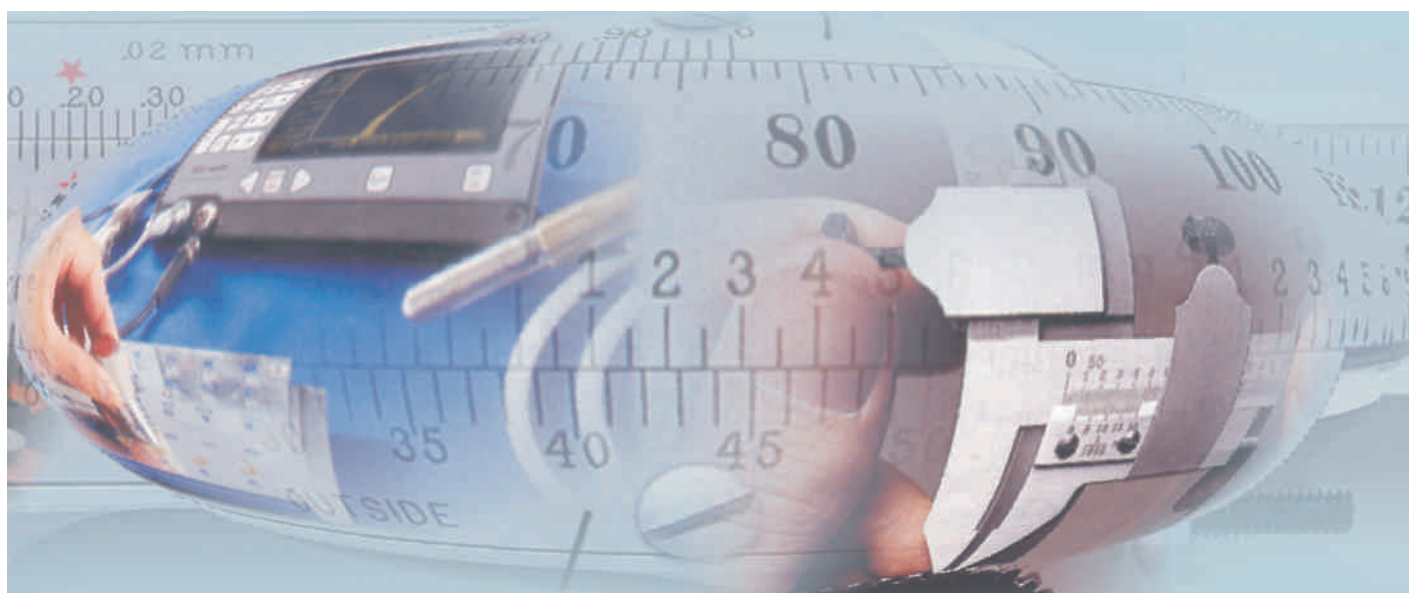


# BOLETÍN CIENTÍFICO-TÉCNICO



**AL SERVICIO DE LA METROLOGÍA**

## **EDITORIAL**

En el marco de las actividades por el 50 Aniversario de la fundación del Primer Laboratorio de Metrología de la República de Cuba, el 6 de noviembre de 1964 y de la celebración en este mes de junio del 9. Simposio Internacional Metrología 2014, editamos el primer número de nuestro boletín.

En esta ocasión los temas seleccionados para el mismo, permiten conocer los resultados de una intercomparación de patrones en mediciones eléctricas, entre institutos nacionales de metrología de la región; los detalles de la construcción y caracterización de un equipo para efectuar mediciones de esparcimiento de la luz en superficies bidimensionales; las políticas y proyectos que se plantean países de América del Sur y del Caribe, agrupados en asociaciones, tratados, acuerdos y pactos, con vista a la mejora de la infraestructura y política metrológica y de calidad de los mismos, como contribución a la eliminación de las barreras técnicas al comercio; se incluye también la experiencia de un nuevo enfoque en la calibración de medidores de pH para tributar a la obtención de resultados de mediciones confiables, de calidad, en diversas aplicaciones, entre las que se encuentra el control de los procesos en la industria.

Imposible pasar por alto el 20 de mayo, Día Mundial de la Metrología, en el que se conmemora el aniversario de la firma de la Convención del Metro en 1875, tratado que constituye la base de un sistema mundial coherente de mediciones. El Buró Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) han dedicado este año a las mediciones y el desafío energético global; lo cual es una alerta ante el reto de la necesidad de perfeccionar la capacidad de medir toda una serie de parámetros que permitan una mejor medición de la calidad de la energía, ante la creciente demanda de la misma en todo el mundo, unida a la necesidad de limitar ó reducir los gases de efecto invernadero.

## **FELICIDADES PARA TODOS LOS METRÓLOGOS EN SU DÍA**

Dra.C. Ysabel Reyes Ponce  
Directora Editorial

## Boletín Científico Técnico INIMET

**Título abreviado:** BCT INIMET

**No. 1 de 2014**

**Cubre:** enero - junio 2014

ISSN versión impresa: 0138-857

ISSN versión electrónica: 2070-8505

### EQUIPO EDITORIAL

#### Directora editorial

Dra. C. Ysabel Reyes Ponce

#### Coordinación, diseño, producción y distribución

Lic. Pablo Hernández Viñas

#### Traducción

Jesús Bran Suárez

#### Impresión

Lic. Luis Álvarez Vasallo

#### 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](mailto: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

Ing. Antonio Alfredo López Maidique<sup>1</sup>

Dr. C. José Ignacio Franco Fernández<sup>2</sup>

Lic. Nuris Eriótida Valdés Pereira<sup>1</sup>

Ing. Eduardo Guillermo Pérez González<sup>1</sup>

Ing. Fernando Antonio Arruza Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), Cuba.

<sup>2</sup> Empresa Tecnomática, Cuba.

<sup>3</sup> 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 Seriadadas Científico-Tecnológicas del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (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](mailto: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

**Comparación Bilateral de Resistencia de 1  $\Omega$  y 10 k $\Omega$  entre INIMET e INTI / 1**  
INIMET-INTI bilateral comparison of 1  $\Omega$  and 10 k $\Omega$  resistance standards / 1

Ing. Mirtha Juana Navarro - González

**Ajustes previos a la calibración de un esparcímetero goniométrico para medición polarimétrica de la luz esparcida en superficies rugosas / 8**

Adjustments preceding the calibration of a goniometric scatterometer for polarimetric measurements of light spread on rough surfaces / 8

MSc. Rigoberto Navas - Sandoval

**El ámbito metrológico en la comunidad suramericana / 22**

The metrological environment in the south american community / 22

MSc. Alexis Oramas - Pérez

**Calibración de medidores de pH: una visión diferente / 37**

Calibration of pH meters: a different approach / 37

MSc. Ginett Vargas – Hoyo

MSc. Gilberto González - Horta

### NOTICIAS / NEWS

**Nuevas normas / 45**

New Standards / 45

**Convenio de cooperación entre INIMET y la Facultad de Física de la Universidad de La Habana / 46**

Cooperation agreement between INIMET and the Physics Faculty of the Havana University / 46

**9. Simposio Internacional de Metrología 2014. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba / 47**

9. International Symposium of Metrology 2014. Conventions Palace of the Havana, Cuba / 47

**Servicios que presta el INIMET / 49**

Services available at INIMET / 49

**Instrucciones a los autores / 50**

Instructions to authors / 50

## Comparación Bilateral de Resistencia de 1 $\Omega$ y 10 k $\Omega$ entre INIMET e INTI

**Autores:** Dra. Alejandra Tonina <sup>[1]</sup>

Martín Curras <sup>[1]</sup>

Ing. Mirtha Juana Navarro-González <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial Física y Metrología. Laboratorio de Patrones Cuánticos, Argentina. E-mail: [atonina@inti.gob.ar](mailto:atonina@inti.gob.ar).

Teléfono (54 11) 4724 6200/6300/6400, Interno 6254/6278

<sup>[2]</sup> Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, Cuba. E-mail: [mirta@inimet.cu](mailto:mirta@inimet.cu) . Teléfono: 862-3041 al 44 ext: 123

### Resumen:

Una comparación entre dos resistencias patrones una de 1  $\Omega$  y otra de 10 k $\Omega$  fue realizada por los laboratorios de INTI (Argentina) e INIMET (Cuba). En este trabajo se reportamos la comparación donde se describe su importancia, procedimientos y resultados. Concluimos que los resultados de dicha comparación para ambos valores nominales y sus incertidumbres son satisfactorios según las incertidumbres de la comparación

**Palabras claves:** comparación bilateral, incertidumbre, resistencia patrón, comparación clave, comparación suplementaria.

### Abstract :

A comparison between two dc resistance standards of 1  $\Omega$  and 10 k $\Omega$  was made between INTI, Argentina and INIMET, Cuba. We report the comparison, describe its necessity, procedures and results. We conclude that the results of the comparisons in both nominal values are in a good agreement within the uncertainties of the comparison.

**Keywords:** bilateral comparison, uncertainty, standard resistance, key comparisons, supplementary comparisons.

## **Introducción:**

Una comparación de dos resistencias patrones de corriente directa (en lo adelante CD) de valores nominales  $1 \Omega$  y de  $10 \text{ k}\Omega$  fue hecha entre los laboratorios del INTI, Argentina e INIMET, Cuba. En el presente trabajo reportamos los resultados de dicha comparación describiendo los procedimientos y resultados. Como conclusión podemos decir que los resultados de la comparación en ambos valores nominales son concordantes con la incertidumbre de la comparación.

La comparación de patrones de medición juega cada día un papel muy importante para el Reconocimiento Mutuo de Patrones Nacionales de Medición y de los Certificados de Calibración y Medición emitidos por los Institutos Nacionales de Metrología.

El Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) por mandato de la Convención del Metro, establece entre otros aspectos importantes, los principios para organizar y participar en las llamadas “Comparaciones Claves” y “Comparaciones Suplementarias”.

Estas comparaciones de patrones permiten demostrar la competencia técnica entre los laboratorios participantes, cuestión que es de vital importancia para que dichos resultados sean reconocidos a través de los órganos regionales a los que pertenece cada uno de los involucrados.

## **Objetivo:**

Llevar a cabo una comparación de resistencias patrones de marzo a octubre de 2012, que por la importancia de esta comparación, el Comité Técnico de Electricidad y Magnetismo del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), permitió un enlace entre INIMET e INTI, organizado por el SIM y la Cooperación Euro – Asia de Institutos Nacionales de Metrología (COOMET) como una comparación clave del SIM. El protocolo fue preparado siguiendo la guía establecida para realizar, planear, organizar, conducir y reportar comparaciones claves y suplementarias. El INTI ha tenido muchísimas participaciones en comparaciones claves y suplementarias. En particular participó en la comparación EM-K1-K2-S6[1] del SIM.

La comparación EM-S9.b del SIM,  $1 \Omega$  y  $10 \text{ k}\Omega$  entre INIMET e INTI, permitió al INIMET demostrar su capacidad de medición de resistencia en  $1 \Omega$  y  $10 \text{ k}\Omega$  y sirvió sustancialmente para declarar en su CMC el Apéndice C de la KCDB (Base de Dato de Comparaciones Claves).

## **Materiales y Métodos:**

### **Procedimiento de la comparación:**

Dos resistencias patrones, una modelo Leeds and Northrup 1850321, de valor nominal  $1 \Omega$  y un E51 SR104 460037, valor nominal  $10 \text{ k}\Omega$  fueron transportados por vía aérea para el INIMET.

Las mediciones de INIMET fueron llevadas a cabo desde el 30 de julio hasta el 17 de agosto de 2012. En INTI, los patrones fueron calibrados antes y después de las mediciones en el INIMET, por la comparación con otro patrón que tiene trazabilidad al Efecto Hall Cuántico del INTI. Los resultados de todas las mediciones fueron corregidas por desviaciones del valor de las referencias de temperatura.

### **Descripción del procedimiento de medición del INTI:**

Para  $1 \Omega$  y  $10 \text{ k}\Omega$ , las mediciones fueron llevadas a cabo con un puente comparador de corriente automático comercial modelo 6010B de alta exactitud. La trazabilidad fue obtenida a través de patrones calibrados de  $1 \Omega$  con respecto a los patrones de resistencia con el Efecto Hall Cuántico del INTI, usando un puente de CD, dos cajas de resistencia Hammon y un grupo de resistencias patrones calibrados de valor nominal  $10 \text{ k}\Omega$  usando el método de puente. Seis resistencias patrones  $1 \Omega$  fueron usados en estas comparación con intercambios de los valores de los patrones en el puente comparador de corriente para reducir los errores de relación del puente. Las mediciones fueron repetidas por diez días en el primer ciclo de mediciones en INTI. El INTI usó dos resistencias patrones  $1 \Omega$  en la comparación.

Para  $10 \text{ k}\Omega$  fueron usadas dos resistencias patrones  $10 \text{ k}\Omega$  de INTI con intercambios de valores de patrones en el puente comparador de corriente para reducir los errores de relación del puente como en  $1 \Omega$ .

Para  $1 \Omega$  la comparación de los patrones de referencia y el patrón comparado fue medido en un baño de aceite de silicona a una temperatura de  $20,02 \text{ }^\circ\text{C}$ , con incertidumbre  $u=0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se utilizó corriente directa en ambos sentidos, de valor  $45 \text{ mA}$ . No hubo corrección de presión.

Para  $10 \text{ k}\Omega$  la comparación del patrón de referencia y el patrón comparado fue medido en un cuarto de temperatura controlada. Luego los valores de la resistencia fueron

corregidos por la referencia de temperatura de 23 °C. El cuarto de temperatura estuvo a 22 °C, con incertidumbre  $u = 1$  °C. La corriente de prueba utilizada fue corriente directa en ambos sentidos con un valor de 0,3 mA.

### **Descripción del procedimiento de mediciones de INIMET:**

Para 1  $\Omega$  y 10 k $\Omega$  las mediciones fueron llevadas a cabo a través de un puente comparador automático de corriente directa Guildline 6675A. El INIMET usó dos resistores patrones de valor nominal 1  $\Omega$  para el resistor objeto de comparación de 1  $\Omega$ . Las mediciones se repitieron durante tres semanas, cuatro o cinco días por semana, y cada resultado de las mediciones que se reportaron correspondieron al promedio de cuatro mediciones.

El resistor 10 k $\Omega$  fue calibrado con un resistor patrón 1 k $\Omega$  del INIMET usando la relación del puente 10:1. Las mediciones fueron repetidas con ciclos igual que el resistor de 1  $\Omega$ . En todos los casos los valores del resistor fueron corregidos con la temperatura de referencia (20 °C y 23 °C).

Tanto el patrón de referencia como el objeto de comparación para 1  $\Omega$  fueron colocados en un baño de aceite mineral manteniendo una temperatura de 23,00 °C,  $u = 0,05$  °C, el resistor de 1 k $\Omega$  utilizado como referencia para 10 k $\Omega$ , fue medido en el baño de aceite con las características antes descritas. Se utilizó corriente directa en ambos sentidos, de 100 mA para 1  $\Omega$  y 0,316 mA para 10 k $\Omega$ . El resistor objeto de comparación de valor nominal de 10 k $\Omega$  fue medido en un cuarto de temperatura a 23 °C,  $u = 2$  °C. La trazabilidad del INIMET es obtenida a través del Patrón Nacional de Resistencia Eléctrica certificado por la Oficina Nacional de Normalización (ONN), formado por un grupo de 8 resistores patrones de valor nominal 1  $\Omega$  cuyo valor es trazable a INTI e INMETRO (Brasil). Los dos resistores patrones 1  $\Omega$  usados en esta comparación tuvieron sus últimas calibraciones el día 29 de septiembre de 2011. El resistor patrón de 10 k $\Omega$  tuvo su última calibración el día 18 de octubre de 2011.



## RESULTADOS:

### Resultados de 1 $\Omega$ e incertidumbres:

Un ajuste lineal de mínimos cuadrados se aplica a los valores medidos en el INTI para obtener los resultados del resistor patrón objeto de comparación y su incertidumbre con el dato promedio de las mediciones de INIMET como dato común de referencia.

El resultado de la comparación es presentado como la diferencia entre el valor asignado para el patrón 1  $\Omega$  por INTI ( $R_{INTI}$ ), y el asignado por INIMET ( $R_{INIMET}$ ), el resultado de referencia es:

$$R_{INTI} - R_{INIMET} = -0,68 \mu\Omega; uc = 1.07 \mu\Omega \text{ en } 08/08/2012^{[1]}$$

donde uc es la incertidumbre combinada del patrón asociado con la diferencia de medición, incluyendo la incertidumbre del INTI, la del INIMET y la incertidumbre relacionada con la comparación.

Los valores individuales usados para calcular el resultado final están representados en la figura 1.

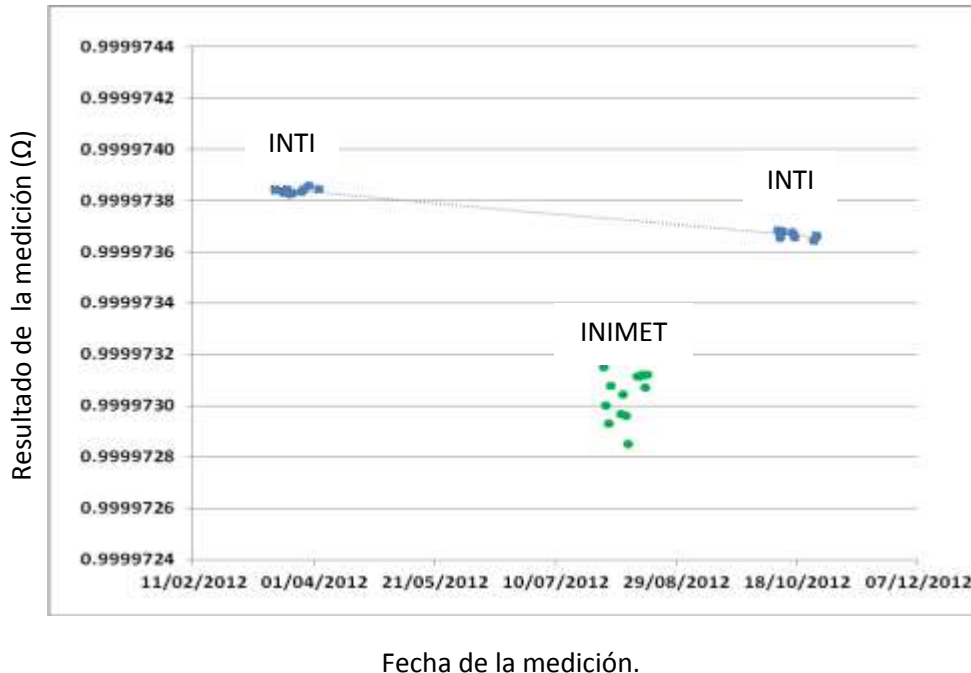


Figura 1. Valores de resistencia individual de 1  $\Omega$  obtenidos por INTI (en azul) y por INIMET (en verde). La línea de puntos se refiere al ajuste lineal por mínimos cuadrados de las mediciones de INTI.

Para la estimación de la incertidumbre, la inestabilidad de los patrones durante la transportación fue despreciada, como se puede apreciar en la diferencia entre las desviaciones del patrón del valor medio calculado por INTI antes y después de la transportación. Tomamos como acuerdo un componente de incertidumbre debido a la diferencia entre las temperaturas de medición en los dos institutos que supera los dos grados, la cual excedió en dos. Esta incertidumbre fue calculada como una incertidumbre en el valor del coeficiente lineal, que determina la relación entre el valor de la resistencia y la temperatura, según la siguiente expresión:

$$u(c_T) = R_0 \cdot |\Delta T| \cdot u_\alpha \quad (2)$$

Donde  $R_0$  es el valor de la resistencia a la temperatura de referencia,  $\Delta t$  es la diferencia entre las temperaturas y  $u_\alpha$  es la incertidumbre del coeficiente lineal.

La incertidumbre  $u_c$  total de la comparación se calculó como la media cuadrática de las incertidumbres típicas combinadas de ambas instituciones y la incertidumbre debido a la corrección de la temperatura.

### Resultados del 10 k $\Omega$ e incertidumbres:

Con el resistor de 10 k $\Omega$ , los resultados fueron:

$$R_{INTI} - R_{INIMET} = 0,005 \Omega; u_c = 0,006 \Omega \text{ en } 08/08/2012 \quad (3),$$

$u_c$  es la incertidumbre estándar combinada asociada con la diferencia medida. Esta fue calculada como la media cuadrática de la incertidumbre típica combinada del INTI, la incertidumbre típica combinada del INIMET y la incertidumbre relacionada con la comparación. El componente de incertidumbre debido a la inestabilidad del patrón viajero fue insignificante.

Los valores individuales usados para calcular el resultado final están representados en la figura 2.

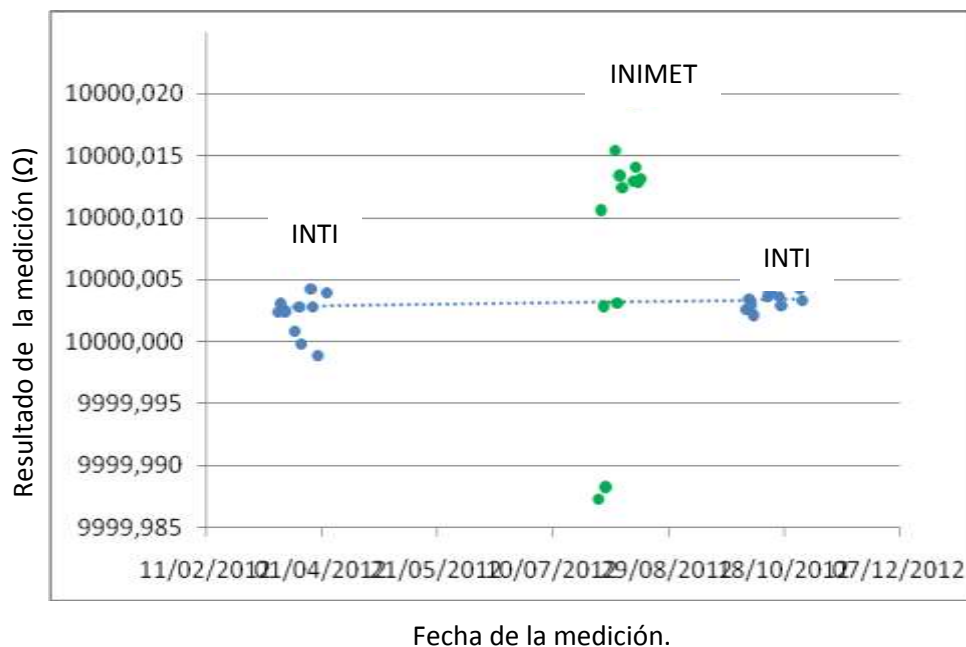


Figura 2. Valores de resistencia individual de 10 kΩ obtenidos por INTI (en azul) y por INIMET (en verde). La línea de puntos se refiere al ajuste lineal por mínimos cuadrados de las mediciones de INTI.

**Discusión:**

Los resultados son satisfactorios. La comparación muestra que los patrones de resistencia calibrados por INTI e INIMET son equivalentes, con sus incertidumbres combinadas, y la incertidumbre de la comparación.

La comparación proporcionará apoyo a la declaración de las capacidades de calibración y medición (CMC) de INIMET y ayudará para incluir a Cuba en la red comercial y de metrología en la región del SIM.

**Agradecimientos:**

A los especialistas del INTI y los directivos que hicieron posible el desarrollo y la ejecución de esta intercomparación agradecemos su colaboración.

**Referencia Bibliográfica:**

[1] D. Jearrett, Senior Member, IEEE, R.Elmquist, Senior Member, IEEE, N.Zhang,A.Tonina, M.Porfiri, J. Fernández, H. Schechter, D. Izquierdo, C. Faverio, D. Slomovitz,D. Inglis, K. Wendler, F. Hernández, and B. Rodríguez, "SIM comparison of DC resistance standards at 1  $\Omega$ ; 1M  $\Omega$  and 1G  $\Omega$ ", IEEE Trans. on Instrum. and Meas. Vol 58 Number 4, (April, 2009) 1188-1195.

**Fecha de recepción del artículo: 2014 – 04 – 29**

**Fecha de aceptación del artículo: 2014 – 06 – 24**

## **Ajustes Previos a la calibración de un Esparcómetro Goniométrico para medición polarimétrica de la luz esparcida en superficies rugosas**

**Autores: M. en I. Rigoberto Nava-Sandoval \***

**Dr. Neil Charles Bruce-Davidson\*\***

**M. en I. Juan Manuel López-Téllez \*\***

**\*Coordinador de Sección de Desarrollo de Prototipos.**

**\*\*Grupo de Óptica Aplicada**

**Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.**

**Correo-e:rigoberto.nava@ccadet.unam.mx**

### **Resumen**

En este trabajo se presenta el procedimiento de medición de parámetros geométricos como paralelismo, perpendicularidad y coaxialidad entre otros, así como los ajustes mecánicos a los que debe someterse un esparcómetro de resolución angular, el cual es utilizado para estudiar el esparcimiento de la luz en superficies rugosas bidimensionales. También se mencionan los instrumentos de medición empleados para alinear sus ejes. El procedimiento descrito en este documento le permite al instrumento estar en condiciones adecuadas para realizar dichas mediciones con la calidad y precisión que este estudio requiere.

**Palabras clave:** instrumentos ópticos, esparcimiento de la luz; medición y ajuste.

### **Abstract.**

A method to measure geometric parameters such as parallelism, perpendicularity and coaxiality, among others, as well as the mechanical adjustments to be made on a goniometric scatterometer for the study the light spreading on two-dimensional rough surfaces is presented. The measuring instruments used to align the axes of the scatterometer are also mentioned. The procedure described makes the instrument fit to carry out the said measurements with the expected quality and precision.

**Key words:** optical instruments, scattering of light, measurement and adjustment

## Introducción

El desarrollo del esparcímetero goniométrico fue presentado en el 8. SIMPOSIO INTERNACIONAL "METROLOGÍA 2011" en la Habana, Cuba y publicado en el Boletín Científico Técnico INIMET, núm. 1, enero-junio, 2011 [1]. El objetivo de tal artículo fue presentar el desarrollo de un equipo automatizado para la toma de lecturas en experimentos relacionados con el esparcimiento de la luz y explicar los aspectos analizados para determinar los requisitos técnicos y metroológicos que debían ser considerados en el diseño del instrumento, todo lo cual se dio a conocer en aquellas publicaciones.

A diferencia del trabajo mencionado en el párrafo precedente, el objetivo de este artículo es mostrar, por un lado, la manera en que se determinaron las desviaciones de posicionamiento mecánico entre los ejes del instrumento respecto a un valor deseado y, por el otro, mostrar cómo tales desviaciones fueron minimizadas mediante los ajustes llevados a cabo, utilizando los mecanismos que para tal efecto fueron diseñados. Este procedimiento de medición y ajuste se relaciona con magnitudes como paralelismo, perpendicularidad y coaxialidad entre otras, cuyos valores, en suma, deben ser adecuados para el buen funcionamiento del equipo.

En la literatura se han publicado muchos trabajos sobre esparcimiento en superficies unidimensionales, esto es, en superficies que varían solo en una dirección sobre un plano, como una superficie con un patrón de líneas sobre su plano promedio. El problema de esparcimiento de la luz en superficies bidimensionales, por ejemplo, agujeros circulares o cuadrados distribuidos sobre un plano, ha resultado ser mucho más complicado de atacar teóricamente o numéricamente, pero se conocen avances recientes en esta área. En la práctica, casi todas las superficies tecnológicas de interés para esparcimiento son del tipo bidimensional.

En cuanto a la medición de la luz esparcida en superficies rugosas, también hay mucho trabajo publicado sobre el esparcimiento de la luz en superficies unidimensionales, pero muy poco con respecto a superficies bidimensionales. El problema aquí es que, mientras que una superficie unidimensional esparce la luz en un plano, que involucra una medición rotando un detector alrededor de la superficie, una superficie bidimensional esparce la luz en el hemisferio completo arriba de la superficie, y esto involucra una medición más complicada mecánicamente.

Para describir totalmente el efecto del esparcimiento de la luz sobre el estado de polarización de esta luz, se requiere la medición de la matriz de Mueller de la luz esparcida. Esta matriz es

un arreglo de números reales de  $4 \times 4$ , es decir tiene 16 elementos, y describe el efecto del esparcimiento de la luz sobre cualquier estado de polarización incidente. Con 16 elementos desconocidos se necesitan 16 ecuaciones para poder resolver el sistema y encontrar la matriz de Mueller.

El esparcímetero construido en el CCADET es capaz de realizar la medición de la luz esparcida en superficies bidimensionales. Esto es, puede encontrar la matriz de Mueller de una muestra de una superficie rugosa.

### **Características del instrumento**

El aparato tiene siete mecanismos de ajuste, de ellos, cuatro se ocupan para alinear 4 ejes de giro tanto angular como en desplazamiento longitudinal, uno para posicionamiento en altura de una muestra de la superficie rugosa a estudiar, y dos para alinear un emisor láser y un sensor de luz también de forma angular y longitudinal. En total suman 17 grados de libertad para realizar el alineamiento mecánico de sus componentes.

El instrumento consta de un sistema mecánico y un sistema de control que permite posicionar la fuente de luz láser a una distancia de 50 cm de la muestra y variar el ángulo de inclinación (ver fig. 1) de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  con una resolución angular de  $0,25^\circ$ . A su vez es capaz de posicionar al sensor a una distancia de 75 cm para tomar mediciones de polarización de la luz en toda la región del hemisferio superior en donde ésta se esparce, igualmente la resolución en el posicionamiento es de  $0,25^\circ$ .

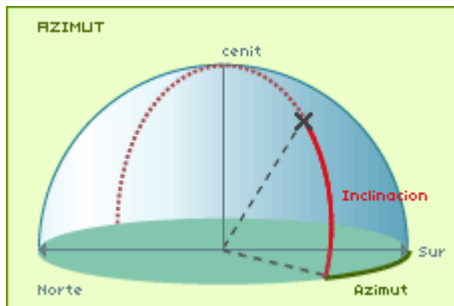


Fig. 1.- Ángulo de inclinación, cenit y ángulo de azimut en el hemisferio superior.

(Imagen obtenida de <http://www.gabitogrupos.com/>)



Fig. 2.- Un mapa del globo terráqueo podría dar idea de un mapeo de esparcimiento.

(Imagen obtenida de <http://www.gabitogrupos.com/>)

## Funcionamiento

El proceso para llevar a cabo la medición polarimétrica de esparcimiento de la luz con este esparcímetero goniométrico, es un mapeo robótico del estado de polarización de la luz en un área esférica definida por el recorrido que hace un módulo analizador de luz polarizada. La fig. 2, ilustra la semejanza con un mapa global del planeta Tierra en el cual el mar podría, por ejemplo, corresponder a zonas donde se detecta luz con un determinado estado de polarización desde el centro del hemisferio y, los continentes e islas, a zonas donde se detecta luz con estados de polarización diferentes al anterior.

Tanto los puntos de emisión como los puntos de detección, en su conjunto forman sendas semiesferas concéntricas desde las cuales se emite o se detecta la luz y en cuyo centro se encuentra la superficie rugosa en estudio. La figura 3 muestra las diversas posiciones del emisor las cuales forman el hemisferio de emisión de 50 cm de radio. El hemisferio de detección solo cambia por su radio que es de 75 cm.

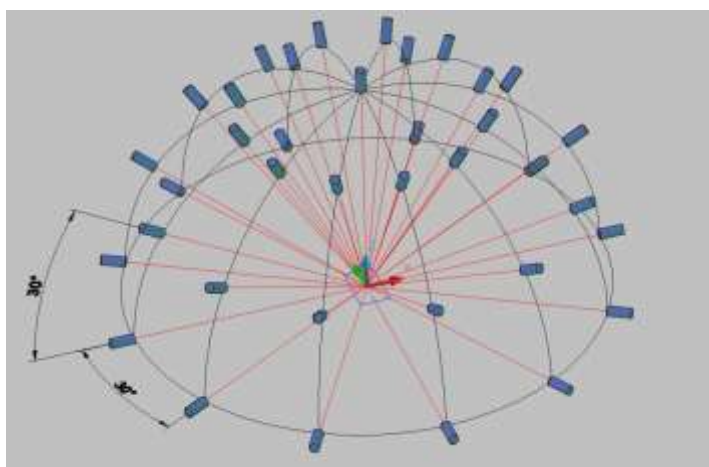


Fig. 3.- Luz emitida desde el hemisferio de emisión sobre la superficie en estudio.

(Elaboración propia)



Tal proceso consiste en hacer incidir un haz de luz polarizada sobre una superficie rugosa, colocando un módulo generador de luz polarizada (emisor L en la fig. 4) en diferentes ángulos de inclinación y medir el cambio en el estado de polarización de la luz esparcida que llega a un módulo analizador de luz polarizada (sensor S en la fig. 4) en diversos puntos de medición. Esta información se utiliza para calcular la matriz de Mueller<sup>[2]</sup> de dicha superficie, con la cual se determinan las propiedades de polarización que posee la muestra de estudio sobre la luz.<sup>[3][4]</sup> El instrumento óptico de medición y el método de medición de la matriz de Mueller que utiliza el esparcímetero están descritos con detalle en un artículo especializado en el tema.<sup>[5]</sup>

Mientras que la luz incidente se dirige hacia la superficie rugosa en un ángulo determinado desde un punto del hemisferio de emisión, el sensor mide el estado de polarización de la luz que llega a los puntos del hemisferio de medición en sus ángulos respectivos. Así, cada ángulo de incidencia está correlacionado con un conjunto de lecturas asociadas a todos los puntos de medición. Es decir, a cada posición del emisor le corresponde un hemisferio de mapeo.

Como puede notarse, la cantidad de mediciones es muy grande como para llevarse a cabo de manera manual. Por ejemplo si se determina que el ángulo de elevación sea cada 30°, se tendrían 7 posiciones en elevación del emisor incluidas las incidencias rasantes de 0° y 180°, y con estas posiciones solo se cubriría un arco del hemisferio de emisión. Ahora bien, para cubrir los demás arcos, se gira la superficie rugosa con respecto a su eje perpendicular por ejemplo cada 30° hasta cubrir 180°, teniendo entonces 6 posiciones rotacionales. En total serían 42 puntos de emisión. En la fig. 3 se pueden apreciar 37 posiciones de emisión ya que la posición del cenit se repite 6 veces. Si los puntos de detección fuesen también cada 30° en elevación y cada 30° en rotación se tendrían 72 puntos de detección. En este caso hipotético se tendrían 2,664 lecturas, las cuales conforman el mapa de esparcimiento de la luz provocado por una superficie rugosa.

De acuerdo con la figura 4, el posicionamiento tanto del emisor láser L como del sensor S, se llevan a cabo por sendos brazos que giran alrededor de los ejes horizontales correspondientes a los actuadores A1 y A3 respectivamente. Nótese que al girar el brazo del emisor en torno al eje de A1, L describe un arco con centro en la superficie de la muestra sujeta por M. De igual forma S describe un arco con centro en la muestra al girar el brazo del detector en torno a A3.



El actuador A4 proporciona movimiento angular a la muestra M en un plano horizontal. Al agregar este movimiento se consigue eliminar la sombra generada por el arco emisor y con ello se aumenta la región de visión del sensor.

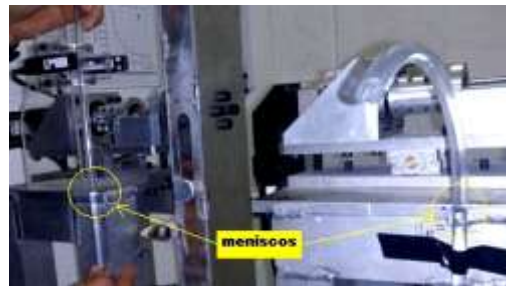
Los mecanismos de alineación M1, M2, M3, M4, M5 y M6 permiten realizar ajustes para garantizar la alineación de cada uno de los ejes de giro de los actuadores, así como el eje del emisor y el eje del detector, punto clave para el correcto funcionamiento del esparcímetro. Finalmente el mecanismo M7 permite variar la altura a la que se expone la muestra, lo que permite incorporar muestras de diferentes espesores.

### **Procedimiento de medición y ajuste de parámetros mecánicos**

Antes de proceder, el equipo debe estar instalado conforme a las especificaciones descritas en su manual de instalación.

Este procedimiento se divide en 12 procesos descritos a continuación, en cada uno de los cuales primero se determinan las desviaciones de alineamiento o de posición y enseguida se lleva a cabo el ajuste necesario para disminuir en lo posible o anular cada uno de los errores. El orden de los procesos no de llevarse a cabo de manera distinta pues cada uno de ellos afecta a los subsecuentes.

1. Determinar la desviación del eje del actuador A2 respecto a la vertical y corregir el error. Esto se logra mediante el principio de vasos comunicantes, utilizando una manguera transparente de 10mm de diámetro llena con agua.
  - a. Primero se coloca el brazo G en la posición  $0^\circ$ . Manteniendo el menisco (fig. 5) de uno de los extremos de la manguera a una altura de referencia fija  $N_R$ , por ejemplo el borde de la base de M3, el menisco del extremo libre el cual tendrá la misma altura o mismo nivel  $N_R$ , servirá para colocar una marca de nivel  $N_R$  denominada  $N_0$  en la base de M1. Véase figura 5.
  - b. Se gira el brazo G a la posición de  $180^\circ$  y se pone otra marca de nivel  $N_R$  la en la base de M1, en el mismo lugar de  $N_0$  denominándola ahora  $N_{180}$ .
  - c. Se traza una tercera marca en el punto medio entre  $N_0$  y  $N_{180}$  y se inclina el brazo G mediante el mecanismo de ajuste de inclinación de M2 de tal manera que la tercera marca coincida con  $N_R$  del extremo libre de la manguera.
  - d. El proceso se repite hasta lograr que  $N_0$  y  $N_{180}$  sean iguales.
  - e. Por último, el brazo G se gira a la posición de  $90^\circ$  y se inclina el brazo G hasta que la tercera marca coincida con  $N_R$ .



*Fig. 5.- Mientras el menisco izquierdo permanece fijo en el borde de la base de M3 usado como referencia  $N_R$ , el menisco derecho sirve para poner las marcas en la base de M1.*

2. Determinar la diferencia de altura entre el eje de A1 y el eje de A3 y corregir el error. Se utiliza la manguera de nivel y el nivel electrónico.
  - a. Se coloca el menisco en la parte superior de la placa del pedestal donde descansa el mecanismo de ajuste M3 del eje A3 (fig. 5) y con el menisco del extremo libre se determina la diferencia de altura con respecto a la placa.
  - b. Se ajusta la altura de la placa de M3 con los tornillos de ajuste del pedestal (fig. 6).
  - c. Con ayuda del nivel electrónico (fig. 7), se vigila que la base de M3 se conserve horizontal.



*Fig. 6.- Tornillos de ajuste de altura y horizontalidad de la placa de M3*



*Fig. 7.- Uso del nivel electrónico sobre la placa de M3*

3. Determinar la desviación de horizontalidad del eje de A3 y corregir el error. En este caso se utiliza un bloque “V” y un nivel electrónico como se indica en la fig. 8.

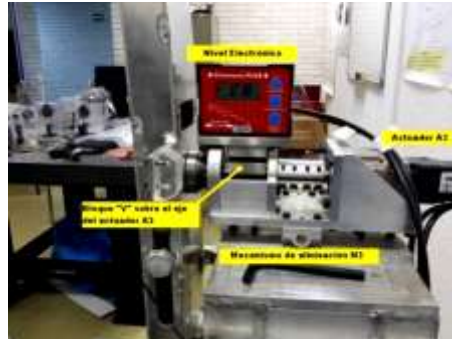


Fig. 8.- Elementos de alineación del eje A3

- a. Se coloca el bloque “V” sobre el eje de A3 y sobre este una paralela para aumentar la superficie de contacto con el nivel electrónico.
  - b. Se coloca el nivel electrónico alineado con el eje de A3 sobre la paralela,
  - c. Se mide la desviación respecto a la horizontal y se corrige el error mediante el mecanismo M3.
4. Determinar la desviación de horizontalidad del eje de A1 y corregir el error. En este caso se repiten los pasos del proceso 2 sobre el eje del actuador A1.
  5. Determinar el error de coaxialidad del eje de A2 con respecto al eje del porta muestra y corregir el error. El ajuste de verticalidad de A2 se hizo en el proceso 1. Ahora debe ajustarse el eje del porta muestra para que sea coaxial al de A2. Se requiere un apuntador láser en una posición fija como referencia (ver fig. 9).
    - a. Se desmonta el sujetador de muestra M a fin de que el rodamiento superior del porta muestras quede visible.
    - b. Se coloca un apuntador láser fuera del sistema para que no interfiera con el giro de del brazo G, de tal manera que permanezca fijo para ser usado como punto referencia.
    - c. Se coloca el brazo G en la posición de 0° y se apunta el láser hacia el rodamiento superior del porta muestra de tal manera que el haz roce la pista exterior del mismo como se indica en la fig. 9. Este es el punto de referencia.



Fig. 9.- Punto de referencia sobre el rodamiento.

- d. Se gira el brazo G a la posición de  $180^\circ$ . El desvío del rodamiento con respecto al haz sirve para determinar la excentricidad.
  - e. Con los tornillos de ajuste de M7, se corrige la mitad del error en dirección del desvío  $0^\circ - 180^\circ$  y se modifica la posición del apuntador láser a fin de que quede otra vez rozando la pista exterior (fig. 9).
  - f. Ahora, sin mover el apuntador láser, se gira el brazo G a la posición de  $90^\circ$  para determinar el desvío del rodamiento con respecto al haz en la dirección  $90^\circ - 270^\circ$ .
  - g. Con los tornillos de ajuste del mecanismo M7 se corrige la mitad del error en esta dirección ortogonal.
6. Determinar la desviación de convergencia de los ejes A1 y A2 y corregir el error. Los ajustes hechos a estos ejes solo garantizan la horizontalidad y la verticalidad respectivamente, sin embargo ambos deben converger en el centro de la superficie de la muestra. En este caso se aprovecha el hecho de que por diseño, ambos costados del mecanismo M1 son paralelos y equidistantes al eje de A1.
- a. Se coloca el apuntador recargado en un costado del mecanismo M1 apuntando el haz hacia M7 como se muestra en la figura 10 y se determina una referencia sobre M7.
  - b. De la misma manera, se recarga el apuntador sobre el otro costado apuntando hacia M7 y se determina la distancia entre el punto de simetría y el punto donde cae el haz.
  - c. Se corrige la mitad del error girando M1 sobre su propia base y se verifica que el haz cae en puntos simétricos cuando el apuntador se recarga alternativamente en ambos costados de M7.

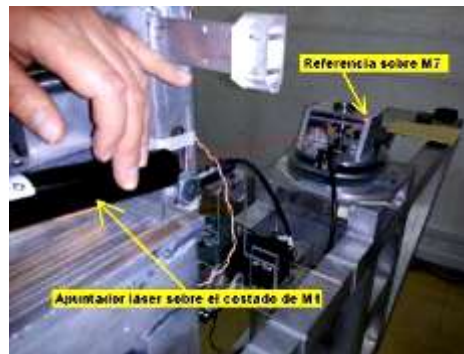


Fig. 10.- Apuntador láser recargado sobre un costado del mecanismo M1 apuntando hacia M3.

7. Determinar la desviación de horizontalidad de la superficie del sujetador de la muestra y corregir el error.- en este caso solamente se utiliza un nivel electrónico (fig.11).
  - a. Se coloca el nivel electrónico en dirección del eje **x**.
  - b. Mediante el mecanismo de ajuste M4 se corrige el error de horizontalidad del eje **x**.
  - c. Se repite el proceso en dirección del eje **y**.



Fig. 11.- Nivel electrónico sobre sujetador de la muestra en dirección del eje **y**.

8. Determinar la desviación del haz de luz láser del emisor con respecto a la vertical y corregir el error.- en este caso, se utiliza una paralela óptica como espejo plano sobre la superficie del sujetador de muestra (fig. 12).

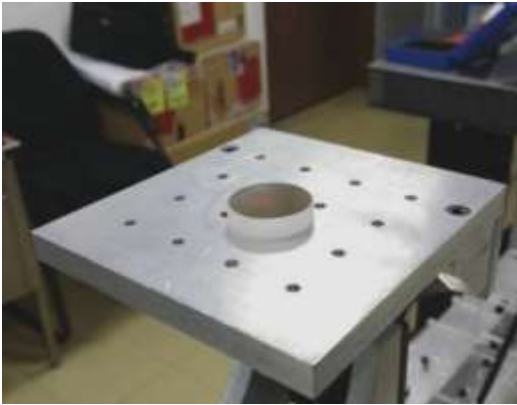


Fig. 12.- Haz apuntando sobre el espejo plano encima de la superficie del porta muestra.

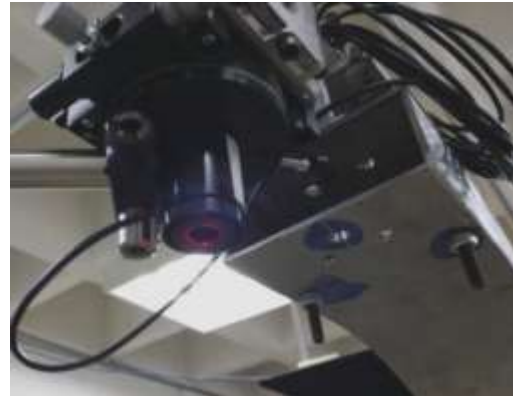


Fig. 13.-El haz es perpendicular al plano cuando se refleja sobre su misma trayectoria

- a. Se coloca el brazo de emisor a  $90^\circ$  y se enciende el emisor L.
  - b. Se coloca la paralela sobre la superficie del porta muestra, la cual ya debe estar horizontal, de tal manera que el haz se refleje sobre el espejo (ver fig. 12).
  - c. Se localiza el reflejo del haz sobre una superficie a la altura del emisor. La superficie puede ser una hoja de papel o la mano.
  - d. Mediante el mecanismo M5 se inclina el emisor L hasta que el haz reflejado coincida con la salida del emisor, es decir, el haz regresa al emisor por el mismo camino (ver fig. 13).
9. Determinar la desviación del punto de incidencia del láser respecto al centro del porta muestra y corregir el error.
- a. Se localiza el centro del porta muestra por el cruce de las diagonales trazadas entre sus esquinas.
  - b. Mediante el mecanismo de ajuste M5 se desplaza el emisor en el plano  $xy$  para hacer coincidir el haz con el centro del porta muestra.

Los siguientes tres procesos se llevan a cabo en la parte de posicionamiento del sensor.

10. Determinar la desviación de convergencia de los ejes A2 y A3 corregir el error. En este caso se siguen los pasos descritos en el proceso 6 pero colocando el apuntador láser alternativamente en ambos costados de M3 apuntando hacia M7 y corrigiendo los errores de convergencia girando el mecanismo M3 desde su propia base.
11. Determinar la desviación del sensor S con respecto a la vertical y corregir el error. En este caso, se sustituye el sensor S por el emisor L y se siguen los pasos del proceso 8 pero utilizando el mecanismo de ajuste M6 para corregir los errores de verticalidad.



12. Determinar la desviación del punto de incidencia del láser respecto al centro del porta muestra cuando el emisor L está montado en el mecanismo de ajuste del sensor S y corregir el error. Como es de esperarse, una vez hecho el ajuste indicado en el proceso 10 el láser no coincidirá con el centro del porta muestra. En este caso la corrección se lleva a cabo de la misma manera que en el proceso 9 pero ahora mediante las correderas en  $x$  y en  $y$  del mecanismo de ajuste M6.

## Discusión

De acuerdo con la exactitud y resolución de los instrumentos de medición empleados y los procesos descritos, se puede asegurar un error combinado máximo de 1,5 mm en posicionamiento del haz sobre la muestra.

La lectura de los meniscos en la manguera de nivel empleada puede hacerse con una exactitud de 0,3 mm. Esto se traduce en un error de convergencia de los ejes máximo de 0,6 mm en dirección vertical por diferencia de altura.

Por el uso del apuntador láser pueden cometerse errores de 0,3 mm. Esto se traduce en un error de convergencia de los ejes máximo de 1,0 mm en dirección lateral.

La resolución del nivel electrónico es de 1 minuto de arco que equivale a 0,14 mm en una distancia de 500 mm y a 0,22 mm en una distancia de 750mm que corresponden a la separación entre la muestra y el emisor y receptor respectivamente. Esto se traduce en un error de direccionamiento de los ejes máximo de 0,9 mm .

Dado que el sensor puede tomar lecturas de estados de polarización de la luz en una zona de diámetro de 10 mm y que el haz tiene un diámetro de 10 mm, siempre se pueden asegurar lecturas de estado de polarización aún con errores de posicionamiento de 3,0 mm .

## Conclusiones

Se han descrito los procesos de medición y ajuste necesarios para que tanto el haz emitido por el emisor L como el eje del sensor S siempre apunten hacia el centro de la muestra bajo estudio, para todas las posiciones, tanto del emisor como del receptor, con un error máximo de posicionamiento del haz sobre la muestra de 1,5mm.

Se concluye que los 7 mecanismos de ajuste son suficientes pues cada uno de ellos cuenta con grados de libertad necesarios para modificación de ángulo y de desplazamiento.

Específicamente, con este instrumento se estudian las propiedades ópticas que tienen diversas clases de superficies rugosas sobre la luz polarizada. Para esto, se realizan mediciones sistemáticas de la *matriz de Mueller* de la muestra de estudio en diferentes ángulos de esparcimiento de la luz, para un ángulo fijo de iluminación. El procedimiento descrito en este documento le permite al instrumento estar en condiciones adecuadas para realizar dichas mediciones con la calidad y precisión que este estudio requiere.

## **Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo otorgado para este proyecto a Conacyt (México) a través del proyecto 79814 [3], y DGAPA - UNAM a través del proyecto PAPIIT IN-115209.

Todas las fotos de este trabajo son cortesía del Laboratorio de Esparcimiento de la Luz del CCADET – UNAM.

## **Referencias**

[1] Nava R., Bruce N. C., Santana T. (2011). Desarrollo de un esparcímetrogoniométrico para medición polarimétrica de la luz esparcida en superficies rugosas. Boletín Científico Técnico INIMET, núm. 1, enero-junio, 2011

[2] Goldstein D., Polarized Light, 2nd ed., New York: Marcel Dekker, Inc.; 2003.

[3] Bruce N. C. Protocolo del proyecto: “Esparcimiento de la luz en superficies rugosas bidimensionales” No. de solicitud 79814 CCADET, UNAM.

[4] Bruce N. C., Dominguez-Báez A., Santana-Sánchez T., Téllez-Díaz X., Nogueira-Jiménez A. and Nava-Sandoval R. Design of a scanning polarimetricscatterometer for rough surface scattering measurements. J. Phys.: Conference Series 274 (2011) 012135.

[5] López-Téllez J.M. and Bruce N.C. Mueller matrix polarimeter using analysis of the nonlinear voltage-retardance relationship for liquid-crystal variable retarders. App. Opt., 2014.

**Fecha de recepción del artículo: 2014 – 05 – 07**

**Fecha de aceptación del artículo: 2014 – 06 – 20**

## El Ámbito Metrológico en la comunidad suramericana

**Autor:** MSc. Alexis Oramas-Pérez,<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> **AO-Consultores Técnicos, Valencia, Venezuela.**

**0058 2418782844 / 0034 650604363. e-mail: aoctca@gmail.com**

### Resumen

En América del Sur los tratados de Libre Comercio que más resaltan son el Mercado Común del Sur – MERCOSUR, la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América - Tratado de Comercio de los Pueblos (ALBA-TCP), y la recientemente creada Alianza del Pacífico.

A pesar de que al momento de unirse a ellas, cada país que forma parte de estas organizaciones tiene en su ámbito metrológico realidades muy diversas, resalta como una característica muy positiva su empeño en alcanzar un nivel de desarrollo metrológico y normativo avanzado y común para todos sus integrantes, ya que existe la conciencia generalizada de que solo con un buen desarrollo metrológico, normativo y de sistemas de calidad es posible vencer los obstáculos que limiten su desarrollo e intercambio comercial, industrial y científico.

En este trabajo se exponen, en forma resumida, cuales son las políticas y proyectos que se plantean en cada una de estas organizaciones, según lo publicado en sus páginas Web, en cuanto a sus sistemas metrológicos, normativos y de calidad, y se pretende visualizar los beneficios y avances que, de cumplirse, dichas políticas y proyectos traerían para los pueblos de los respectivos países miembros.

En vista de que tanto la CAN (originada en 1969) como el MERCOSUR (creado en 1991) llevan ya un buen tiempo apuntando hacia la mejora de sus infraestructuras y políticas metrológicas, se presenta un resumen del status de las organizaciones metrológicas y de calidad en sus países miembros, el cual el autor espera sirva de ayuda para resaltar cuales son los aspectos al que cada uno de estos países debe apuntar sus baterías para lograr vencer los obstáculos que les frenan en su empeño de alcanzar esos objetivos comunes, planteados en sus organizaciones.

**Palabras Clave:** metrología, tratado, comercio, mercado, organización, Suramérica, SIM, Andimet, Suramet, MERCOSUR, CAN, CIPM, ILAC, BIPM, IAAC, OIML, MRA, acreditación, normalización, calidad, sistema.

### Abstract:

The most outstanding Free Trade Agreements in South America are the Common Market of the South (MERCOSUR), the Andean Community of Nations (CAN), the Bolivarian Alliance for the Peoples of Our America-Peoples' Trade Treaty (ALBA-TCP), and the recently established Pacific Alliance.

Even if at the time of joining them every member country has a quite different metrological situation and infrastructure, their determination to reach an advanced level of metrological and

standardization development common to all other members stands out as a very positive feature, since they are fully aware that only with a good metrological, regulatory and quality system development can the obstacles to commercial, industrial and scientific exchange and progress be overcome.

This work is set to summarize which are the policies and projects that arise within each of these organizations, as published on their websites, related to their metrology, quality and standardization systems, and aims to visualize the benefits and progress these policies and projects, if met, would bring to the peoples of their respective member countries.

A summary of the metrology, standardization and quality policies and projects designed by each of these organizations, according to their websites, as well as the benefits and advantages that their peoples can derive from their successful implementation, is presented.

In view that both CAN and MERCOSUR (established in 1969 and 1991, respectively) have long tried to improve their infrastructures and metrological policies, a summary of the status of their metrology and quality organizations in their member countries is presented, which the author hopes will serve to highlight the aspects that each of these countries should target in order to overcome the obstacles to prevents them from reaching their common goals.

**Key words:** metrology, treaty, trade, market, organization, South America, SIM, Andimet, Suramet, MERCOSUR, CAN, CIPM, ILAC, BIPM, IAAC, OIML, MRA, accreditation, standardization, quality, system.

## 1. Introducción

En la Suramérica de hoy en día prevalecen los acuerdos u organizaciones regionales de la Unión de Repúblicas Suramericanas (UNASUR), la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América - Tratado de Comercio de los Pueblos (ALBA-TCP). De estas, UNASUR desarrolla actividades político-sociales-culturales y las dos últimas son organizaciones político-comerciales.

La organización que rige en los aspectos comerciales del Sur es el Mercado Común del Sur – MERCOSUR, aunque sus miembros no son tantos como los de la UNASUR. Adicionalmente, existe también la recientemente (2011) creada Alianza del Pacífico, la cual se supone sigue meramente fines económicos y comerciales.

Tanto el ALBA-TCP, como la CAN, la Alianza del Pacífico y el MERCOSUR, al cubrir lo relacionado con el comercio, tienen como uno de sus más importantes objetivos el eliminar los obstáculos al libre comercio entre los países miembros, lo cual no ha sido cosa fácil, debido a la amplia diversidad en normativas legales, técnicas y comerciales de cada país, que ha sido necesario homologar.

Uno de los campos más importantes en los que todas estas organizaciones se ven obligadas a trabajar muy duro son los de las Normas Técnicas, la Metrología y las infraestructuras de Calidad, Certificación y Acreditación.

En el presente trabajo se tratará de analizar y de exponer, en forma resumida, cuales son las políticas y proyectos que se plantean en cada una de estas organizaciones, según lo publicado en sus páginas Web y en otros documentos disponibles al público en general, en cuanto a sus sistemas metrológicos, normativos y de calidad, y se pretende visualizar los beneficios y avances que, de cumplirse, dichas políticas y proyectos traerían para los pueblos de los respectivos países miembros.

Por otro lado, las organizaciones metrológicas por excelencia de Suramérica son la ANDIMET y la SURAMET, con amplio reconocimiento internacional, particularmente de la CAN y del MERCOSUR, y que forman parte del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), instituciones que llevan a cabo una serie de actividades en cuanto al fomento del desarrollo metrológico de la región, las cuales también serán analizados brevemente.

Ya que hoy en día un buen indicador del desarrollo metrológico y del sistema de evaluación de la conformidad de una nación es su pertenencia o incorporación a los tres Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (MRA) más reconocidos en estas áreas, el CIPM-MRA, el ILAC-MRA y el IAAC-MLA, estos también serán utilizados como marco de referencia.

Finalmente se presenta un estudio comparativo entre el estatus de cada nación suramericana, y algunos otros países.

## **2. Discusión**

### **2.1. El Sistema Interamericano de Metrología, SIM [1]**

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es resultado de un amplio acuerdo entre organizaciones nacionales de metrología de todas las 34 naciones-miembro de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

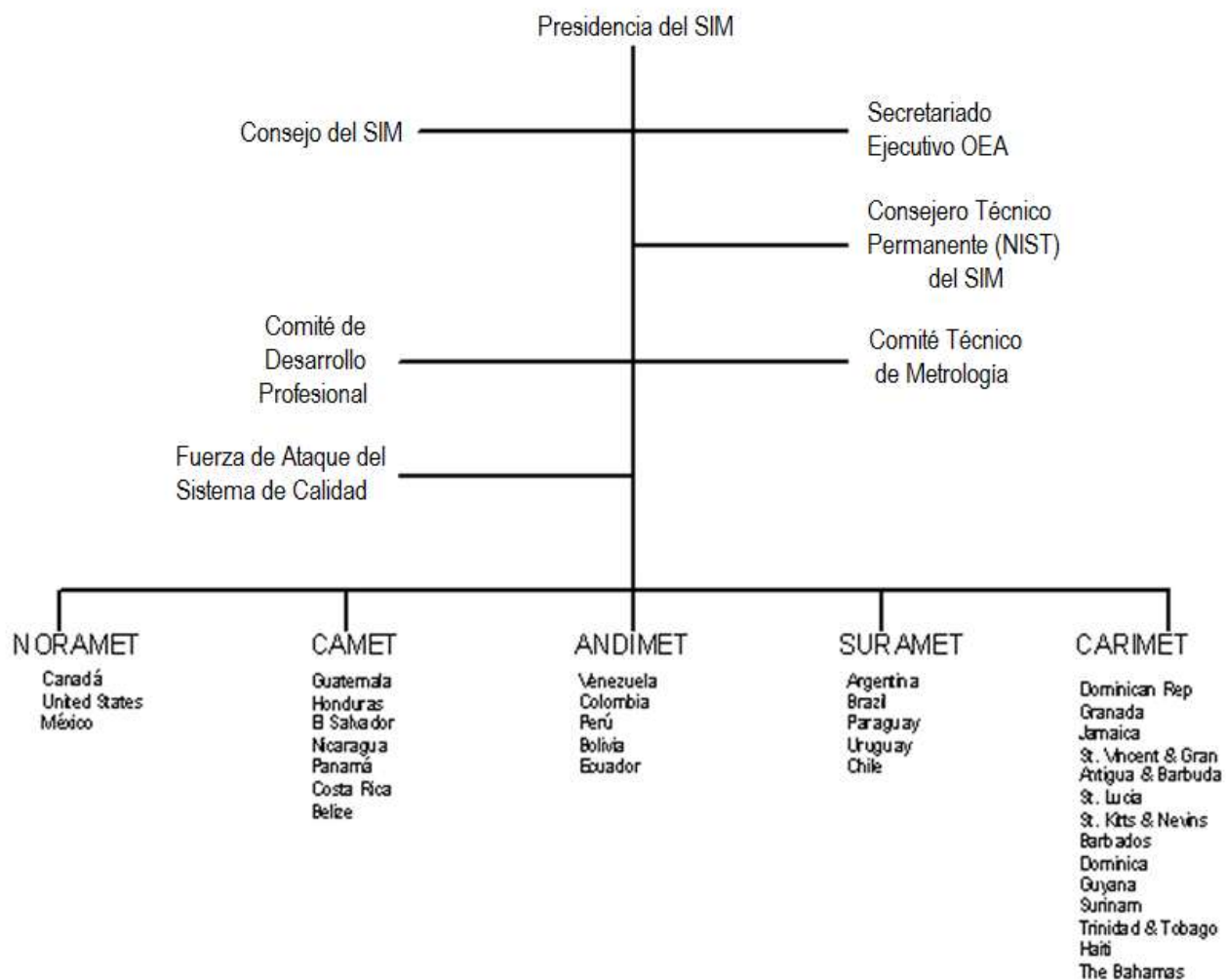
Creado en 1979, como parte de un proyecto especial en el área de la metrología, para promover la cooperación internacional, en particular la interamericana y regional en metrología, el SIM está comprometido con la ejecución de un Sistema Global de Mediciones en las Américas, para que todos los usuarios puedan tener confianza en sus mediciones.

#### **2.1.1. Organización**

Lo conforman todos los países miembros de la OEA, excepto la República de Cuba, la cual, por razones totalmente políticas, ha sido excluida de la organización. Sin embargo, esto no le ha impedido a Cuba el participar muy activamente en el ámbito metrológico internacional y en el Buró Internacional de Pesas y Medidas, ya que es miembro de la organización regional metrológica COOMET, la Cooperación de Institutos Nacionales de Metrología Euro-Asiáticos, por medio de la cual participa en todas las actividades organizadas por el BIPM, aparte de ser miembro asociado de esa organización.

El SIM está organizado en cinco subregiones, Noramet, Camet, Carimet, Andimet y Suramet, de las cuales, las dos últimas cubren prácticamente toda Suramérica. El estar organizado de esta forma les permite a los Institutos Nacionales de Metrología de cada región participar en los acuerdos internacionales en que participa el SIM para la comparación de sus patrones al nivel más elevado de la metrología.

Como se ve en el organigrama del SIM (Figura 1), la ANDIMET está compuesta por los INMs de Bolivia (Instituto Boliviano de Metrología, IBMETRO), Colombia (Instituto Nacional de



**Figura 1. Estructura organizativa del Sistema Interamericano de Metrología, SIM.**

Metrología de Colombia, INMC), Ecuador (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN), Perú (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI) y Venezuela (Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos, SENCAMER).

El ANDIMET asimila como suyos los planes y proyectos en el área metrológica coordinados tanto por el SIM como la Comunidad Andina de Naciones.

Por su parte, el SURAMET está constituida por Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI), Brasil (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, INMETRO), Chile (Instituto Nacional de Normalización, INN), Paraguay (Instituto Nacional de Tecnología y Normalización, INTN) y Uruguay (Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU).

Todos estos países pertenecen a la UNASUR, pero ya que esta organización no tiene políticas oficiales sobre Metrología, la SURAMET no se ve afectada por ella. Sin embargo, al pertenecer todos al MERCOSUR, quien si tiene políticas sobre Metrología, Normalización, Reglamentos Técnicos, Calidad y Evaluación de la Conformidad, aunque todavía les falta organizarse un poco mejor, sus políticas pueden influir sobre las actividades de los miembros de este grupo sectorial. De hecho, una de las políticas de MERCOSUR en este respecto es trabajar en cercana colaboración con el SIM.

Es decir que el SURAMET asimila como suyos a los planes y proyectos en el área metrológica coordinados tanto por el SIM como por MERCOSUR, a pesar de que Chile sólo actúa como Estado Asociado de esta última organización.

### 2.1.2. Plan Estratégico del SIM [2]

El propósito de este plan estratégico (de Abril 2012) era guiar a la dirección del SIM, presentándole una clara visión y misión, definiendo metas definitivas para la organización y la asignación de responsabilidades a las comisiones competentes dentro de la organización.

#### Objetivos estratégicos

##### - Desarrollar los INMs del SIM

Este objetivo se centra en la mejora de las competencias técnicas los INMs del SIM e incluye la capacitación, tutoría, escuela de verano, provisión de trazabilidad primaria en servicios técnicos específicos para su metrología científica y legal, asistencia en el desarrollo e implementación de Sistemas de Gestión de Calidad e intercambio de personal inter-Instituto. Las metas de este objetivo serían la mejora de las capacidades técnicas los INMs del SIM e incrementar la participación de SIM en el MRA-CIPM.

#### Los Objetivos Específicos y las responsabilidades son:

- Desarrollar un Plan Priorizado para el Desarrollo de los INMs del SIM:
  - Acción: el Consejo de SIM, en cooperación con el Comité Técnico de SIM, desarrollará un **plan** priorizado de **tres (3) años**, para los eventos y actividades necesarias para mejorar las capacidades técnicas de los INMs del SIM.

- Acción: el Consejo del SIM examinará las prioridades establecidas en el plan de tres años con el fin de desarrollar propuestas de **financiación externa** de las organizaciones como la OEA, programa de desarrollo de las Naciones Unidas, la ONUDI, etc. Se prestará atención especial al **Proyecto de la OEA**, puesto que en él, **la Comisión de Ciencia y Tecnología le ha dado una alta prioridad a la Metrología**.
- Acción: el Consejo del SIM identificará las fuentes de financiamiento disponibles (internas y externas), determinará su aplicabilidad a los elementos en el plan de tres años y luego evaluará y aprobará los eventos o acciones que son de la más alta prioridad y para los cuales se hayan conseguido fuentes de financiación.

#### **- Hacer del SIM una organización fuerte**

Este objetivo se centra en mejorar el funcionamiento de la organización del SIM. Esto incluye su desarrollo organizacional interno (por ejemplo, comisiones, liderazgo), actividades de sensibilización y divulgación, establecimiento de relaciones y enlaces eficaces con otras organizaciones de interés, el compartir información vía web y el funcionamiento de la Asamblea General. Este objetivo es importante para establecer la pertinencia y la eficacia del SIM como un líder mundial en Metrología, que es crítico para asegurar que los intereses de los INMs del SIM sean bien entendidos y representados a nivel internacional.

#### **Los Objetivos Específicos y las responsabilidades son:**

- desarrollo de un plan para interactuar de manera mutuamente beneficiosa con organizaciones externas.
- Mejorar los medios de comunicación entre los miembros de SIM.
- Mejorar la eficacia y el rendimiento de la estructura administrativa de SIM.

#### **- Cumplir con sus obligaciones de Organismo Regional de Metrología (RMO) bajo el CIPM-MRA [3]**

Este objetivo se centra en los roles y responsabilidades que el SIM debe cumplir como un RMO oficialmente reconocido por el JCRB (Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM), bajo el CIPM-MRA. Estas obligaciones incluyen la organización de las inter comparaciones regionales, según lo requieran los INMs del SIM, el examen regional de las Capacidades de Calibración y Medición (MCCs) publicadas por los miembros del SIM, el examen inter regional de las MCCs publicadas por otros RMOs [4], revisión de los Sistemas de Calidad de los INMs del SIM y la representación de los INMs del



SIM dentro de la JCRB. Además, estas obligaciones incluyen el distribuir una participación razonable de los INMs del SIM en actividades patrocinadas por el CIPM, tales como las comparaciones claves y comités consultivos.

**Los Objetivos Específicos y las responsabilidades son:**

- Revisión técnica eficiente y eficaz de las Capacidades de Calibración y Medición regional e interregionales presentadas para su publicación en el KCDB [4].
- Revisión eficiente y eficaz de los sistemas de calidad de los INMs del SIM para asegurar el cumplimiento de los requisitos de la CIPM-MRA.
- Organización y realización de comparaciones claves regionales, necesaria para apoyar los programas de calibración de los INMs del SIM y servir de vínculo con las comparaciones claves del BIPM

## **2.2. La Comunidad Andina (CAN)**

Es un organismo regional de cuatro países, iniciado en 1969, que tienen un objetivo común: alcanzar un desarrollo integral, más equilibrado y autónomo, mediante la integración andina, sudamericana y latinoamericana. Aunque ahora está constituida por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, Venezuela fue miembro de la CAN hasta el 2.006. Es por eso que la ANDIMET está constituida por esas cinco naciones. Adicionalmente Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay son países asociados a la CAN.

### **2.2.1. Sistema Andino de Calidad**

La Comunidad Andina dispone de un Sistema Andino de la Calidad [5], creado en abril de 1995, que tiene como objetivo propiciar una mayor fluidez del comercio intracomunitario a través de la eliminación de los obstáculos técnicos innecesarios, y de la mejora de la calidad de los bienes que se producen en la Subregión Andina.



Comprende las variables que constituyen la infraestructura de calidad: normalización, acreditación, ensayos, certificación, reglamentos técnicos y metrología; y tiene como ámbito de aplicación todos los productos de la subregión con excepción de las medidas sanitarias y fitosanitarias u otras reguladas por una Decisión específica. Este Sistema es administrado por el Comité Subregional de Normalización, Acreditación, Ensayos, Certificación, Reglamentos Técnicos y Metrología (denominado **Comité Andino de la Calidad - CAC**), conformado por representantes de los países miembros, designados por sus respectivos Órganos de Integración.

### 2.2.1.a. Normalización

La actividad de normalización técnica, se desarrolla en el marco de la **Red Andina de Normalización (RAN)**, y tiene por finalidad la armonización y adopción de Normas Andinas en sectores de la producción y servicios considerados de interés subregional, como el de los alimentos, textiles-confecciones, cuero-calzado, automotriz, entre otros. Su Reglamento establece los lineamientos para su funcionamiento.

### 2.2.1.b. Reglamentación técnica

La actividad de reglamentación técnica establece requisitos y procedimientos para la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos al interior de los países miembros y a nivel comunitario, a fin de evitar que éstos se constituyan en obstáculos técnicos innecesarios al comercio intracomunitario.

### 2.2.1.c. Acreditación

La Acreditación se desarrolla en el marco de la **Red Andina de Organismos Nacionales de Acreditación**. Estos organismos de tercera parte tienen la responsabilidad de acreditar organismos, previa evaluación de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad, llámese laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, organismos de certificación y entidades de inspección.

### 2.2.1.d. Metrología

En el campo de la metrología, las Decisiones 376 y 419 [6] crean la **Red Andina de Metrología (RAM)**, la cual tiene como objetivos generales, armonizar los Sistemas Nacionales de Metrología, de tal forma que **sustenten a nivel andino la trazabilidad de los patrones y los sistemas de calibración** de los Países Miembros; y servir de soporte al comercio y mejora de la producción industrial evitando la conformación de obstáculos al comercio. En la actualidad la RAM opera en el marco del Grupo Regional ANDIMET del SIM. La RAM también propicia la aplicación del Sistema Internacional de Unidades.

## 2.3. Alianza Bolivariana para los pueblos de nuestra América / Tratado de Comercio de los Pueblos (ALBA-TCP) [7]

El ALBA se sustenta en los principios de solidaridad, cooperación genuina y complementariedad entre nuestros países, en el aprovechamiento racional y en función del bienestar de nuestros pueblos, de sus recursos naturales -incluido su potencial energético-, en la formación integral e intensiva del capital humano que requiere nuestro desarrollo y en la atención a las necesidades y aspiraciones de nuestros hombres y mujeres.

La Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América (ALBA) nace en La Habana, el 14 de diciembre de 2004, como propuesta alternativa al Área de Libre Comercio de las Américas, ALCA.

Actualmente, los países miembros del Alba son: la República de Cuba, la República de Bolivia, la República de Nicaragua, la República Bolivariana de Venezuela, la Mancomunidad de Dominica, la República de Ecuador, San Vicente y las Granadinas y Antigua y Barbuda.

### **2.3.1. Tratados de Comercio de los Pueblos, TCP**

Son tratados de intercambio de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de los pueblos. Se sustentan en los principios de solidaridad, reciprocidad, transferencia tecnológica, aprovechamiento de las ventajas de cada país, ahorro de recursos e incluyen convenios crediticios para facilitar los pagos y cobros.

### **2.3.2. Proyectos Grannacionales**

Los Proyectos Grannacionales materializan y dan vida concreta a los procesos sociales y económicos de la integración y la unidad. Abarcan desde lo político, social, cultural, económico, científico e industrial hasta cualquier otro ámbito que puede ser incorporado.

De los Proyectos Grannacionales pueden surgir, o no, Empresas Grannacionales, pero toda Empresa Grannacional deber ser el producto de un Proyecto Grannacional, por el cual deberá guiar su desarrollo.

Aunque seguramente el ALBA-TCP tenga programas de cooperación y de gestión en lo que se refiere a normalización, reglamentos técnicos, acreditación y metrología, estos no se manejan de forma pública, por lo que no se pudo obtener información oficial sobre ello.

## **2.4. Alianza del Pacífico [8]**

Creada el 28 de abril de 2011, está conformada por Colombia, Chile, México y Perú, con el propósito de convertirse en una plataforma de articulación política, de integración económica y comercial y de proyección al mundo, con especial énfasis en Asia-Pacífico.

A pesar de que entre sus intenciones está el construir un área de integración profunda para avanzar progresivamente hacia la libre circulación de bienes, servicios, capitales y personas, todavía no ha publicado estrategia, objetivos ni plan alguno relacionado con sus requisitos sobre normas técnicas, metrología e infraestructuras de calidad, certificación y acreditación.

## 2.5. MERCOSUR

Desde que en 1991 la República Argentina, la República Federativa de Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay se unieran para formar el Mercado Común del Sur – MERCOSUR, uno de sus más importantes objetivos ha sido el eliminar los obstáculos al libre comercio entre los países miembros, lo cual no ha sido cosa fácil, debido a la amplia diversidad en normativas legales, técnicas y comerciales de cada país.

Con la incorporación de la República Bolivariana de Venezuela (2006) y el Estado Plurinacional de Bolivia (2012) como miembros plenos, y de Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Guyana y Surinam como Estados Asociados al MERCOSUR, esta misión ha sido aún más compleja.

Aparte de los aspectos legales y comerciales, los cuales se han resuelto por medio de negociaciones y acuerdos, los obstáculos de mayor relevancia al libre comercio son de naturaleza técnica [9], tanto en lo referente a la normativa técnica, como al desarrollo metrológico de cada estado miembro, entendiéndose como “desarrollo metrológico” no sólo la infraestructura operativa metrológica de cada país (organizaciones o instituciones metrológicas, normativa metrológica, inventario de patrones con trazabilidad establecida, Capacidades de Calibración y de Medición, etc.), sino también el reconocimiento internacional que tengan sus capacidades y habilidades metrológicas y el nivel de madurez que tenga su sistema de Evaluación de la Conformidad Técnica y de la Calidad.

No hay duda que entre los diversos estados miembros y asociados existen enormes diferencias en cuanto a dimensiones, tanto físicas, como técnicas, como económicas. Por eso, el pretender establecer un diagnóstico del estado del “desarrollo metrológico” de cada país sería un trabajo muy largo y complicado. Por consiguiente nos limitaremos a listar las acciones más relevantes y trascendentales que se han ejecutado o que están en pleno desarrollo en el ámbito metrológico y de evaluación de la conformidad en MERCOSUR, las cuales se ejecutan primordialmente por medio del Subgrupo de Trabajo N° 3 “Reglamentos Técnicos y Evaluación de la Conformidad” y, especialmente, por medio de su Comisión de Metrología [10]:

- Resolución 02/92, creación del Comité MERCOSUR de Normalización (Asociación MERCOSUR de Normalización desde el 2000), único organismo responsable por la gestión de normalización voluntaria en el ámbito del MERCOSUR. Tiene por finalidad la promoción y el desarrollo de la normalización y de actividades relacionadas, como la calidad de productos y servicios en los países miembros del MERCOSUR, con especial énfasis para el desarrollo industrial, científico y tecnológico. Son miembros de la AMN Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, con Chile y Bolivia como invitados [11].
- Resolución 57/92: Documentación de solicitudes de aprobaciones de modelos de instrumentos de medición, grupos funcionales, dispositivos complementarios.
- Decisión 02/93, Notificación de Reglamentos Técnicos.
- Resolución 33/96: Plan de trabajo de la Comisión de Metrología.
- Resolución 51/97: Reglamento Técnico sobre Criterios Generales de Metrología Legal.

- Resolución 60/05: Certificado de Aprobación de Modelo de Instrumentos de Medición.
- Convergencia 7: Convergencia Comercial de los países de América del Sur hacia la Comunidad Sudamericana de Naciones. Obstáculos Técnicos al Comercio, MERCOSUR 06/2006 [9]. Este documento es quizás el de mayor relevancia y trascendencia, ya que en él se resumen algunas decisiones previas y se dan algunas recomendaciones vitales:
  - Se comprometen a adoptar las recomendaciones y documentos de la OIML, y a adoptar el SI para los fines de comercio;
  - Armonización de Normas Técnicas;
  - Participación coordinada en ISO, IEC, ITU, OIML, Codex;
  - Establecer Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (MRAs) entre los sistemas nacionales de evaluación de la conformidad.
  - Desarrollar Programas de Intercomparación de Laboratorios;
  - Compartir la infraestructura instalada en evaluación de la conformidad;
  - Participar en IAAC con miras a participar en IAAC – MLA;
  - Incrementar Organismos Nacionales de Acreditación (ONAs) firmantes del IAAC-MLA;
  - Evaluaciones cruzadas entre los Organismos nacionales de Acreditación de la región, para lograr confianza mutua, y acelerar el establecimiento de MRAs;
  - Constituir Patrones Metroológicos regionales, para aquellas variables con mayor transacción comercial;
  - Generar Trazabilidad regional para los patrones nacionales;
  - Establecer Intercomparaciones SIM.

En el ámbito metrológico, en MERCOSUR existen unas 38 resoluciones [12], de las cuales están vigentes unas 27. Aparte de estos documentos, el SGT N° 3 ha creado un Vocabulario de Metrología Legal propio, el cual está siendo sometido a revisión, con el fin de establecer términos de referencia para el reconocimiento mutuo de los sistemas nacionales de metrología legal, científica e industrial entre los miembros.

Tanto Bolivia como Venezuela deben ahora incorporarse a esta muy dinámica actividad metrológica de MERCOSUR. La eficiencia y éxito con que logren hacer esto va a depender no sólo del entusiasmo y empeño con que emprendan esta labor, sino también de la infraestructura metrológica, tanto física y organizativa, que tengan al momento de iniciar el trabajo.

En el caso específico de Venezuela, le espera una ardua labor, ya que su infraestructura metrológica está un tanto desfasada con respecto a las naciones hermanas en MERCOSUR. Esto se puede apreciar en la Tabla 1, donde, de forma muy resumida, se establece a cuáles organizaciones internacionales metrológicas y de evaluación de la conformidad pertenece cada país, y cuáles son los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo o Multilateral a los cuales está incorporado.

Aunque varios de los Institutos Nacionales de Metrología tenían o tienen algunos de sus laboratorios acreditados bajo la Norma ISO/IEC 17025, hoy en día se considera que al haber

sido aceptado como miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del CIPM-MRA, queda demostrada la competencia técnica y trazabilidad de ese INM, por lo que ya no se le da tanto peso a estas acreditaciones.

**TABLA 1. Organizaciones y Acuerdos a los cuales pertenece cada país.**

Organiz. País	INM / ENA <sup>e</sup>	BIPM	OIML	IAAC	ILAC	ISO (TC/PDC) <sup>a</sup>	CIPM- MRA <sup>b</sup>	ILAC- MRA <sup>b</sup>	IAAC- MLA <sup>c</sup>
Argentina	INTI / OAA	Estado Miembro	Miembro Correspondiente	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (357 / 3)	1999	2005	ISO/IEC 17020 / 17021 y 17025
Bolivia	IBMETRO / OBA	Miembro Asociado	-	Miembro Asociado	-	Pleno (12 / 3)	2008	-	-
Brasil	INMETRO	Estado Miembro	Estado Miembro	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (334 / 3)	1999	2000	ISO/IEC 17020 y 17025
Paraguay	INTN / ONA	Miembro Asociado	Miembro Correspondiente	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Miembro Correspondiente (0 / 1)	2009	2012	ISO/IEC 17020 y 17025
Uruguay	LATU / OUA	Estado Miembro	Miembro Correspondiente	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (52 / 3)	1999	2010	ISO/IEC 17021 y 17025
Venezuela	SENCAMER	Estado Miembro	-	-	-	-	-	-	-
Chile	INN	Estado Miembro	-	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (125 / 3)	2000	2010	ISO/IEC 17021 y 17025 / ISO 15189
Colombia	INNOC / ONAC	Estado Miembro	Estado Miembro	Miembro Pleno	Miembro Asociado	Pleno (154 / 3)	2013	-	-
Ecuador	INEN / OAE	Miembro Asociado	-	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (101 / 3)	2001	2011	ISO/IEC 17020/ 17021 y 17025
Perú	INDECOPI	Miembro Asociado	Miembro Correspondiente	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (29 / 3)	2009	2013	ISO/IEC 17020 / 17021 y 17025
Guyana	GNBS	-	-	-	-	Miembro Correspondiente (0 / 1)	-	-	-
Surinam	SDTI	-	-	-	-	Miembro Correspondiente (0 / 1)	-	-	-
Cuba <sup>d</sup>	INIMET / ONARC	Miembro Asociado	Estado Miembro	Miembro Pleno	Miembro Pleno	Pleno (202 / 3)	2001	2005	ISO/IEC 17025
Nicaragua <sup>d</sup>	LANAMET / ONA	-	-	Miembro Pleno	-	Miembro Correspondiente (0 / 1)	-	-	-

a. Número de Comités Técnicos a los que pertenece / N° de Comités de Desarrollo de Políticas a los que pertenece.

b. Año en que se incorporó al acuerdo.

c. Normas en el alcance de Acuerdo Multilateral.

d. Aunque no son miembros de ni de la CAN ni de MERCOSUR, los datos de Cuba y Nicaragua se colocan por ser miembros del ALBA.

e. Instituto Nacional de Metrología / Entidad Nacional de Acreditación.

## 2.6. Acuerdo de Reconocimiento Mutuo CIPM-MRA

En octubre de 1999 los directores de los institutos nacionales de Metrología (INE) de treinta y ocho estados miembros del BIPM y representantes de dos organizaciones internacionales firmaron un acuerdo de reconocimiento mutuo (CIPM-MRA) para patrones nacionales de medición y para certificados de calibración y de medición expedidos por cada uno de esos INMs. A partir de esa fecha se han sumado al CIPM-MRA unos cuantos INMs más. Ya ha sido firmado por los representantes de 93 instituciones – de 52 Estados miembros, 37 miembros asociados del CGPM y 4 organizaciones internacionales [3].

Este acuerdo de reconocimiento mutuo es una respuesta a una necesidad creciente de un sistema abierto, transparente y completo, para suministrar a los usuarios información cuantitativa confiable sobre la comparabilidad de los servicios nacionales de Metrología y proporcionarles la base técnica para tratados más amplios para las transacciones internacionales, el comercio y los asuntos regulatorios.

Esto se logra por medio de:

- las comparaciones internacionales de patrones y medidas, conocidas como “Comparaciones Claves” (Key Comparisons);
- comparaciones suplementarias internacionales de mediciones;
- que los INMs mantengan sistemas de calidad y que puedan demostrar su competencia técnica.

De esta forma se generan las declaraciones de las Capacidades de Calibración y de Medición de cada INM, que se publican en una base de datos mantenida por el BIPM y disponible al público en la Web (KCDB) [13].

## **2.7. La ILAC y su ILAC-MRA**

La Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios, ILAC (por sus siglas en inglés) [14], es el máximo organismo internacional de cooperación para laboratorios y entidades de verificación (organismos de inspección) acreditados. Está integrado por más de 70 países y organismos regionales.

Los principales objetivos de ILAC son:

- Promover la aceptación de certificados de conformidad emitidos por organismos acreditados miembros.
- Influir en el desarrollo de procesos y prácticas de acreditación de laboratorios y unidades de verificación (organismos de inspección)

### **2.7.1. Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de ILAC**

El objetivo del acuerdo ILAC es desarrollar una red global de laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración y entidades de verificación en las que se pueda confiar que proporcionarán resultados y datos exactos.

El arreglo de reconocimiento mutuo de ILAC proporciona apoyo técnico para el comercio internacional mediante la promoción de actores transfronterizos, confianza y aceptación de los resultados de inspección y datos de laboratorio acreditados. Hasta el advenimiento del acuerdo de la ILAC, no había existido ningún acuerdo multilateral de reconocimiento mutuo en la acreditación de laboratorios o de entidades de inspección. Esto representaba un obstáculo para algunos tipos de comercio internacional, particularmente aquellos de productos que tienen que someterse a ensayos nuevamente, a re-calibración o re-inspección, al entrar a los países importadores. El arreglo de ILAC ahora facilita este comercio.

El alcance de aplicación del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de la Cooperación Internacional para la Acreditación de Laboratorios (ILAC) se amplió para incluir la acreditación de Organismos de Inspección en octubre de 2012.

## **2.8. IAAC, Cooperación Inter Americana de Acreditación**

La Cooperación Inter Americana de Acreditación es una asociación regional de organismos de acreditación y de otras organizaciones interesadas en la evaluación de la conformidad en (toda) América [15].

La misión de IAAC es promover la cooperación entre los organismos de acreditación y las partes interesadas en América, enfocada al desarrollo de las estructuras de evaluación de la conformidad para lograr el mejoramiento de productos, procesos y servicios. Fue creada en 1996, en Montevideo, Uruguay, y se estableció legalmente en 2001 como una asociación civil de acuerdo a la ley Mexicana.

La IAAC es un organismo no lucrativo que funciona con base en la cooperación de sus miembros y partes interesadas y obtiene recursos de las cuotas de membresía, contribuciones voluntarias de sus miembros, y aportaciones de proyectos por parte de organizaciones regionales, como la Organización de Estados Americanos y el PTB de Alemania. Los documentos básicos de IAAC son el Memorándum de Entendimiento y sus Estatutos.

### **2.8.1. MLA de la IAAC**

El Acuerdo de Reconocimiento Multi-lateral (MLA) de IAAC es un acuerdo entre organismos de acreditación mediante el cual reconocen las acreditaciones emitidas por cada cual [16]. Dicho sistema de reconocimiento mutuo de acreditaciones está basado en la adecuada operación de los sistemas de acreditación de los organismos que forman parte del acuerdo. Para poder establecer y mantener un MLA, se requiere de un programa para establecer y mantener la confianza mutua entre los organismos que son signatarios del MLA de IAAC. Los principales elementos de dicho programa son:

- Participación en programas de evaluaciones pares y re-evaluaciones;



- Intercambio de información sobre el desarrollo y la operación de los sistemas de acreditación;
- Participación de personal de los miembros del MLA de IAAC en evaluaciones, re-evaluaciones, o visitas de vigilancia a los organismos de evaluación de la conformidad realizadas por otros organismos miembros del MLA de IAAC; y
- Participación en reuniones de IAAC.

Al reducir la necesidad de recibir múltiples evaluaciones, los MLAs de IAAC facilitan el comercio internacional al promover la aceptación regional y mundial de los certificados, registros y resultados válidos emitidos por los organismos de acreditación signatarios.

La participación en los MLAs de IAAC puede elevar el nivel, e incrementar la confianza en los organismos de acreditación signatarios, nacional e internacionalmente, mediante enlaces formales con organismos de acreditación competentes en otros países.

### 3. Conclusiones

Viendo todo sobre el papel, es imposible no emocionarse sobre lo prometedor que se vislumbra el futuro metrológico suramericano. Sólo bastaría que los planes expuestos en este trabajo se cumplan, tantos los del SIM, como los de la CAN y el MERCOSUR.

En cuanto al **Plan Estratégico** del SIM, no fue posible ubicar información alguna sobre si el plan priorizado de tres años, para los eventos y actividades necesarias para mejorar las capacidades técnicas de los INMs del SIM fue elaborado, ni sobre si el SIM logró conseguir el financiamiento requerido. Sin embargo, seguramente más de un participante en el 9º Simposio “Metrología 2014” podrá confirmar esta información.

En cuanto a MERCOSUR, aunque el trabajo es muy arduo y no tan acelerado como se desearía, las metas fijadas en Convergencia 7 (Convergencia Comercial de los países de América del Sur hacia la Comunidad Sudamericana de Naciones. Obstáculos Técnicos al Comercio [8]) ha ido avanzando progresivamente. Si las recomendaciones y metas expuestas en él se llevan a cabo, el progreso en el ámbito metrológico está garantizado.

Aunque, el nivel de desarrollo metrológico de los países miembros y asociados a MERCOSUR es muy variado, por lo que el nivel de esfuerzo para lograr la Armonización Normativa, una Metrología de calidad y exactitud, y un sistema de Evaluación de la Conformidad internacionalmente reconocido, también variará de país a país: aquellos que han mantenido a través de muchos años un esfuerzo continuo y han acumulado una experiencia enorme en generar un ámbito metrológico de calidad, no tendrán que esforzarse tanto, mientras que los otros tendrán que trabajar más. Lo realmente importante es que trabajando juntos, todos podrán alcanzar esa Competencia Técnica y Metrología de calidad tan necesaria en estos tiempos dominados por la tecnología y la exactitud.

#### 4. Referencias bibliográficas

- [1] <http://www.sim-metrologia.org.br/spanol/index.php>
- [2] SIM Strategic Plan, <http://www.sim-metrologia.org.br/spanol/index.php>
- [3] <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>
- [4] <http://kcdb.bipm.org/appendixC/>
- [5] <http://www.comunidadandina.org/Seccion.aspx?id=62&tipo=TE>
- [6] CAN, Decisión 419,  
<http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/decisiones/DEC553.doc>
- [7] <http://www.alianzabolivariana.org/index.php>
- [8] <http://alianzapacifico.net/>
- [9] Convergencia Comercial de los países de América del Sur hacia la Comunidad Sudamericana de Naciones. Obstáculos Técnicos al Comercio. MERCOSUR 06/2006
- [10] <http://www.mercosur.int/>
- [11] <http://www.amn.org.br/>
- [12] Resoluciones del Grupo Mercado Común,  
<http://www.mercosur.int/innovaportal/file/527/1/res - web - es - julio 2012 1.pdf>
- [13] <http://kcdb.bipm.org/>
- [14] <https://www.ilac.org/home.html>
- [15] <http://www.iaac.org.mx/Spanish/Intro.php>
- [16] <http://www.iaac.org.mx/Spanish/Mla.php>

**Fecha de recepción del artículo: 2014 – 05 – 16**

**Fecha de aceptación del artículo: 2014 – 06 – 16**

## **Calibración de medidores de pH: una visión diferente**

**Autores: MSc. Ginett Vargas-Hoyos**

**MSc. Gilberto González-Horta**

**Centro de Inmunología Molecular/Departamento de Servicios Integrales de Ingeniería**

**Calle 216 esq. 15 Atabey, Playa, La Habana, Cuba**

**Tel: 2143223 / Email: ginett@cim.sld.cu**

### **Resumen**

En el presente trabajo se propone una nueva definición del canal de medición de pH que incluye, además del indicador y el electrodo, las soluciones reguladoras de pH que utiliza el usuario para trabajar diariamente con el medidor de pH. Se presenta un nuevo procedimiento para la calibración de dicho canal de medición que incluirá el ajuste con las soluciones reguladoras de pH del usuario y posteriormente la calibración de todo el sistema de medición utilizando material de referencia certificado y la evaluación de la conformidad de la calibración. Se exponen los resultados de la aplicación de esta nueva definición y procedimiento en el Centro de Inmunología Molecular.

### **Palabras Clave**

pH, calibración, incertidumbre, capacidad de medición, evaluación de la conformidad.

### **Abstract:**

A new definition of the pH measurement channel that includes not only the indicator and the electrode but also the regulating solutions used to work with pH meters on a daily basis is described. A new calibration procedure that includes adjustment with the user's regulating solutions and then the calibration of the whole system using certified reference materials and the conformity assessment of the procedure are presented. The results achieved by the Center of Molecular Immunology through the implementation of this new definition and procedure are described.

**Key words:** pH, calibration, uncertainty, measurement capacity, conformity assessment.

### **Introducción**

Las mediciones de pH ocupan un lugar de gran importancia en la industria. El monitoreo de la calidad del producto y el control de los diferentes procesos y subprocesos tecnológicos se realiza frecuentemente mediante mediciones de pH. La industria biotecnológica no es la excepción de la regla; muchas de las especificaciones de calidad de los productos y procesos que se utilizan en la fabricación y liberación de los mismos incluyen el pH como variable de control.

Tomando en cuenta lo anterior, las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) y las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) exigen la calibración periódica de los medidores de pH. El Centro de Inmunología Molecular (CIM), una institución biotecnológica cuyo principal objetivo es lograr productos terapéuticos con elevados niveles de seguridad y eficacia dirigidos fundamentalmente a pacientes aquejados de enfermedades crónicas no

transmisibles, cuenta con numerosos medidores de pH tanto en las áreas de producción, como en los laboratorios de control de la calidad. Cumpliendo con los requerimientos actuales de las BPF, las BPL y las normas establecidas por las Agencias Regulatorias internacionales y nacionales, estos sistemas de medición son sometidos a procesos de calibración periódica.

Habitualmente se define como sistema de medición de pH al binomio compuesto por la sonda de medición y el indicador de pH, quedando fuera de esta definición las soluciones reguladoras de pH que utiliza el usuario del instrumento para la comprobación y ajuste diario del mismo, que en la mayoría de los casos es tratado erróneamente por los fabricantes como calibración -la comprobación y ajuste diario del medidor de pH mediante soluciones reguladoras de pH están incluidos en los procedimientos de medición y en diversos documentos regulatorios en la industria biotecnológica-.

Cuando no se toman en cuenta las soluciones reguladoras de pH del usuario y se envía a calibrar solamente el sistema de medición compuesto por la sonda y el indicador, una vez que el instrumento regresa a sus manos, la calibración realizada con material de referencia certificado se pierde, toda vez que el medidor de pH se comprueba y ajusta diariamente en la mayoría de los casos, perdiéndose así la trazabilidad metrológica y la confiabilidad de la medición.

En el presente trabajo se propone definir el sistema de medición de pH incluyendo el indicador, el electrodo y las soluciones reguladoras que utiliza el usuario para trabajar diariamente con el medidor de pH y se presenta un nuevo procedimiento para su calibración que incluirá no solo la calibración del indicador de pH, la comprobación del electrodo de pH y la calibración de la indicación de temperatura sino también el ajuste con las soluciones reguladoras de pH del usuario y posteriormente la calibración de todo el sistema de medición utilizando material de referencia certificado y la evaluación de la conformidad de la calibración según la guía JCGM 106:2012[1]. Se exponen de igual manera los resultados de la aplicación de esta definición y procedimiento en el Centro de Inmunología Molecular.

## **Materiales y Métodos**

El procedimiento que se propone para la calibración de medidores de pH parte de la premisa de definir el sistema de medición con los siguientes elementos:

1. El indicador.
2. El electrodo de pH.
3. Las soluciones reguladoras de pH que utiliza el usuario para la comprobación y ajuste diario del medidor de pH.

El proceso de calibración está conformado por varias etapas:

- Calibración del indicador.
- Calibración del punto iso-potencial del electrodo.
- Calibración de la indicación de temperatura.
- Calibración del sistema de medición de pH.

Una vez que se han establecido las condiciones previas para la calibración se procede con cada una de estas etapas.

El presente trabajo trata específicamente el procedimiento para la calibración del sistema de medición de pH, que a su vez incluye los pasos siguientes:

1. El ajuste del sistema de medición con las soluciones reguladoras de pH del usuario.
2. La calibración del sistema de medición con Material de Referencia Certificado (MRC).
3. La evaluación de la incertidumbre de la calibración.
4. La evaluación de la conformidad de la calibración.

El MRC se utiliza solamente para calibrar el canal completo de medición y no para su ajuste, que se realiza con las soluciones reguladoras de pH del usuario, lo cual garantiza que una vez que el instrumento regresa a sus manos, se conserve la trazabilidad metrológica dada por el MRC.

La correcta definición del intervalo de valores permisibles para una calibración (intervalo de aceptación), permite balancear el riesgo de errar a la hora de tomar la decisión de aceptación o rechazo asociada con la incertidumbre de dicha calibración.

En la figura 1 se muestra la relación entre el intervalo de tolerancia y el intervalo de aceptación de la calibración. El valor resultante de una medición durante la calibración deberá encontrarse dentro de los límites de tolerancia  $[-E_{max}; E_{max}]$ ; la medición será conforme si dicho valor se encuentra dentro del intervalo de aceptación definido por  $A_L$  y  $A_U$  [1].

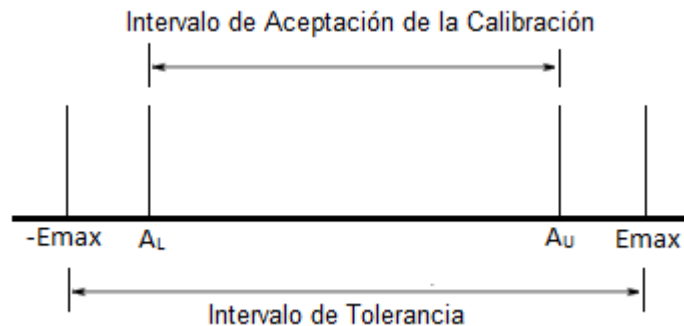


Fig.1.- Límites de tolerancia y límites de aceptación asociados a la evaluación de la conformidad de la calibración.

Se tomaron como fuentes de incertidumbre de la calibración del sistema de medición las que aportan el indicador; el electrodo, las soluciones reguladoras de pH del usuario, el MRC y la influencia de la temperatura en la medición.

Se determinó el intervalo de aceptación para garantizar un 95% de confianza en la evaluación de la conformidad de la calibración utilizando la guía JCGM 106:2012, que parte del cálculo de la capacidad de medición, en el cual intervienen los límites tolerancia y la incertidumbre de la calibración.

Estos elementos se relacionan mediante la curva de probabilidad de conformidad constante de 95% [1]. Esta curva separa las regiones de conformidad de las de no conformidad con un 95% de confianza.

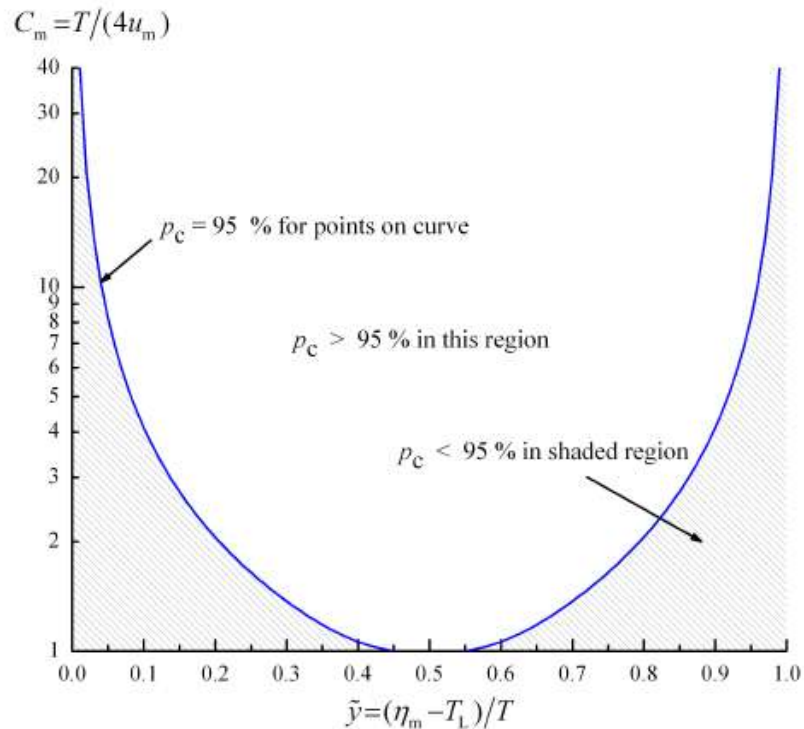


FIGURA No.2.- Curva de probabilidad de conformidad para un 95% de confianza (figura tomada del original en inglés) [1].

Donde:  $C_m$  es la capacidad de medición definida por:  $T$ -intervalo de tolerancia y  $u_m$  incertidumbre de la calibración y la incertidumbre expandida será  $U=2u_m$   $\tilde{y}$  es una magnitud adimensional que indica la cercanía del valor medido  $\eta_m$  a los valores extremos del intervalo de tolerancia  $T_L = -E_{\max}$

## Resultados

Para la valoración del procedimiento propuesto se realizaron diversas calibraciones de medidores de pH pertenecientes a diferentes áreas del CIM. Se hizo el estudio para varios modelos tanto de indicadores, como de electrodos y soluciones reguladoras.

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se relacionan las características que ofrece el fabricante para cada modelo analizado de indicadores, electrodos, soluciones reguladoras de pH del usuario y MRC. Se muestran solamente las que conciernen al estudio realizado.

Tabla No. 1: Especificaciones Técnicas de los Indicadores [2].

	Resolución pH	Exactitud pH	Resolución Temp. (°C)	Exactitud Temp. (°C)
Grupo I	0,01	± 0,01	0,1	± 0,5
Grupo II	0,001	± 0,002	0,1	± 0,1

Tabla No.2: Especificaciones Técnicas de los Electrodo[s] [2].

	Rango	Punto cero
Electrodos	0 - 14	7± 0,25

Tabla No.3: Especificaciones Técnicas de las Soluciones Reguladoras de pH del Usuario [2].

	Valor Nominal (25 °C)	Exactitud
Solución Reguladora pH 4	4,00	± 0,02
Solución Reguladora pH 7	7,00	± 0,02
Solución Reguladora pH 9	9,21	± 0,02

Tabla No.4: Especificaciones Técnicas de los MRC [2].

	Valor Nominal (25 °C)	Incertidumbre Expandida de la Calibración	Factor de Cobertura
MRC pH 4	4,005	0,01	2
MRC pH 7	7,000	0,01	2
MRC pH 10	10,012	0,01	2

Para cada modelo se evaluó la incertidumbre de la calibración acorde a la GUM [3].

A partir de la incertidumbre evaluada en la calibración del sistema de medición, incluyendo las aportadas por las soluciones reguladoras de pH del usuario, se procedió a calcular la capacidad de medición y a definir los intervalos de aceptación para la evaluación de la conformidad de la calibración. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 5 .

Los intervalos de tolerancia que se exponen en cada caso están relacionados con el error máximo permisible del sistema de medición y la tolerancia de los procesos. La incertidumbre expandida ( $U$ ) se calcula para un nivel de confianza de 95% ( $k=2$ ) a partir de la evaluación de la incertidumbre combinada para cada valor de pH. Es necesario destacar que el aporte fundamental a la incertidumbre de la calibración está dado por el electrodo de pH.

Tabla No.5: Capacidad de Medición e Intervalos de Aceptación de la Calibración para una Probabilidad de la Conformidad mayor o igual que 95%.

Exactitud pH	Intervalo de Tolerancia	U	Capacidad de Medición	Intervalo de Aceptación
pH 4	$\pm 0,5$ (3,505 – 4,505)	0,290 2	1,72	(25-75) % (3,630 – 4,380)
pH 7	$\pm 0,5$ (6,500 – 7,500)	0,290 2	1,72	(25-75) % (6,625 – 7,375)
pH 10	$\pm 0,5$ (9,512 – 10,512)	0,2902	1,72	(25-75) % (9,637 – 10,387)

Los % están expresados con respecto a los intervalos de tolerancia



## Discusión

De los cálculos efectuados se pueden realizar las siguientes observaciones:

- La evaluación de la incertidumbre de la calibración del sistema de medición se realizó por el tipo B. La mayor contribución a la incertidumbre de la calibración es del electrodo de pH en todos los modelos estudiados.
- Luego de la inclusión de las soluciones reguladoras de pH del usuario, el intervalo de aceptación de la calibración del sistema de medición obtenido para cada valor de pH para un 95% de probabilidad de la conformidad es satisfactorio. Se garantiza la trazabilidad metrológica de las mediciones que realice el usuario con el sistema de medición calibrado.
- El intervalo de aceptación no coincide con el intervalo de tolerancia; se define una banda de protección en la calibración de 25%, disminuyendo el riesgo de errar a la hora de tomar la decisión de aceptación o rechazo del sistema de medición.
- Si se disminuye el intervalo de tolerancia del sistema disminuirá también la capacidad de medición, por tanto el intervalo de aceptación se reducirá y se necesitarán mediciones más centradas alrededor del valor deseado para dar como CONFORME el resultado de la calibración.

## Conclusiones

Se demostró la validez de la definición propuesta para el sistema de medición de pH que incluye el indicador, el electrodo y las soluciones reguladoras de pH que utiliza el usuario para trabajar diariamente.

Se mostraron los resultados de la aplicación del nuevo procedimiento para la calibración de dicho sistema de medición, que incluirá no solo la calibración del indicador de pH, la comprobación del electrodo de pH y la calibración de la indicación de temperatura sino también el ajuste con las soluciones reguladoras de pH del usuario y posteriormente la calibración de todo el sistema de medición utilizando material de referencia certificado.

Se evaluó la incertidumbre de la calibración del sistema de medición de pH y se determinó el intervalo de aceptación para lograr una probabilidad de la conformidad de dicha calibración mayor o igual que 95%.

Se pudo comprobar que en cada modelo estudiado, el aporte fundamental a la incertidumbre de la calibración está dado por el electrodo de pH.

## **Referencias Bibliográficas**

- [1] Joint Committee for Guides in Metrology; Evaluation of measurement data. The role of measurement uncertainty in conformity assessment. JCGM 106: 2012.
- [2] Manuales de Referencia; 2014.
- [3] Joint Committee for Guides in Metrology; "Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement". JCGM 100: 2008.
- [4] Joint Committee for Guides in Metrology; Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), JCGM 200: 2008.

**Fecha de recepción del artículo: 2014 – 03 – 26**

**Fecha de aceptación del artículo: 2014 – 06 – 23**

## **NOTICIAS**

### **NUEVAS NORMAS**

Hasta el cierre del mes de mayo han sido publicadas 64 normas del año 2014. El total de normas NC vigentes en NC Online al cierre de mayo es de 4526. Durante el mes se publicaron 12 nuevas normas; ofrecemos algunas de ellas vinculadas a la metrología:

**NC 599: 2014** ESFIGMOMANÓMETROS – METODOS Y EQUIPOS DE VERIFICACIÓN.

**NC 1028: 2014** APICULTURA – MIEL DE ABEJAS – DETERMINACIÓN DE HUMEDAD – METODO REFRACTOMETRICO

**NC 1029: 2014** APICULTURA – MIEL DE ABEJAS – DETERMINACION DEL COLOR – METODO REFRACTOMETRICO UTILIZANDO EL ANALIZADOR DE COLOR PARA MIELES HANNA HI-96785

**NC ISO 2811-1: 2014** PINTURAS Y BARNICES – DETERMINACION DE LA DENSIDAD – PARTE 1: METODO PICNOMETRICO (ISO 2811-1:2011, IDT)

## **NOTICIAS**

El pasado 11 de Junio del año en curso, se suscribió por la Decana de la Facultad de Física de la Universidad de la Habana, María de las Mercedes Sánchez Colina y el Director del INIMET, Antonio Alfredo López Maidique, el Convenio de Cooperación entre ambas instituciones, con el objetivo de promover la cooperación en temas de interés mutuo que contribuyan a la formación vocacional de los alumnos, en materia de metrología, y a complementar las potencialidades de ambas instituciones en las actividades científico técnicas que desarrollan; motivados por la importancia que tiene la integración y la colaboración para enfrentar los retos de la ciencia, ante el nuevo entorno y las tareas planteadas, en el marco de la actualización del modelo económico cubano.

Se identificaron como actividades de colaboración, las de formación vocacional, formación docente y de postgrado, información científica y científico técnica, así como otras de complementación.

Tal colaboración propiciará, sin duda, beneficio mutuo para estas instituciones y contribuirá a establecer lazos duraderos de cooperación.

## **9. Simposio Internacional Metrología 2014. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.**

El evento METROLOGÍA 2014, se celebró de 12 a 14 de Junio de 2014. Dicho evento contó con un total de 374 participantes, de ellos 39 delegados extranjeros de 13 países (México, Canadá, Alemania, Venezuela, Francia, Brasil, Colombia, República Dominicana, Rusia, Eslovaquia, Albania, España y Cuba).

Participaron funcionarios de nivel nacional e internacional que prestigiaron el evento, con sus presentaciones en conferencias magistrales y una mesa redonda, donde los temas fundamentales fueron la Metrología Legal y su importancia para el correcto funcionamiento de la sociedad, las funciones de los Institutos y Servicios Nacionales de Metrología, los acuerdos de reconocimiento mutuo y las vías para eliminar las barreras técnicas al comercio.

Las líneas de las 60 ponencias realizadas en el simposio, fueron la Metrología Legal y sus campos de aplicación, Trazabilidad e incertidumbre, Metrología y Calidad, Metrología en la industria (en volumen, energía y otras) y Formación en Metrología. Fueron tratados temas específicos sobre la gestión de la Metrología y el papel de esta herramienta en el resto de los sistemas de gestión; el desarrollo de equipos y métodos de medición; las intercomparaciones internacionales; la estimación de la incertidumbre de medición; la validación de técnicas analíticas; el control y vigilancia de parámetros ambientales; la formación de capital humano, así como aspectos del aseguramiento metrológico en diferentes ramas y actividades, como las radiaciones ionizantes, la producción de alimentos y medicamentos, y la industria biofarmacéutica.

Por primera vez se presentó el tema de la Metrología Química, que en los últimos tiempos ha ido ganando importancia por su incidencia en las áreas de inocuidad alimentaria, salud humana y animal, protección del medio ambiente, y producción de biofármacos, entre otras.

La sesión de Metrología en la industria (1) Volumen y energía, fue una muestra fehaciente de la comprensión de Cuba de la importancia de la Metrología ante el desafío energético global. Resultó un espacio importante para el debate, especialmente por la información recibida acerca de la futura adquisición de un laboratorio de calibración para combustibles claros, que tendrá un gran impacto en el aseguramiento metrológico de la rama petroquímica en el país.

En esta edición del Simposio Internacional de Metrología se confirmó la necesidad de la realización de encuentros como este.

Con gran satisfacción se conocieron trabajos de jóvenes especialistas en diferentes ramas de la economía, que han introducido en su quehacer profesional las prácticas metrológicas como una vía de garantizar el rigor científico de sus resultados, u optimizar los procesos de medición en sus organizaciones. Un ejemplo de esto es el método teórico de predicción del índice de refracción de sustancias orgánicas conociendo sólo su fórmula estructural, presentado por un joven especialista del INIMET, de Cuba.

## SERVICIOS QUE PRESTA EL 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
  - Densidad
  - Presión
  - Físico Química
  - Volumen
  - Masa
  - Temperatura
  - Dimensionales
  - Grupo Móvil
- Grupo Móvil
- Cursos y adiestramientos
- Información Científico – técnica y asistencia bibliográfica

Para más información contactar a: Lic. Yisell Machado Alba, Jefa de Dpto. de Servicios Técnicos.

Tel: 864 33 66

Correo-e: [yisell@inimet.cu](mailto:yisell@inimet.cu)

## **INSTRUCCIONES A LOS AUTORES**

### **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.

#### **1. 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 utilizarán 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 de 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 entre 8 páginas y 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 2 005 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, ordenadas numéricamente según el orden en que aparezcan y estructuradas 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 (2), 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 al Director editorial tomar la decisión final.

Los árbitros tienen 15 días hábiles para entregar los resultados de su evaluación y los autores tienen también 15 días hábiles para dar respuesta a las recomendaciones o realizar los cambios solicitados.

Una vez aprobado el artículo se solicitará la carta de cesión de derechos y se le informará la fecha de publicación. Antes de publicarlo se contactará con el autor para que revise el artículo en su versión final y muestre su conformidad con el resultado.

El equipo editorial se reserva el derecho de rechazar los artículos que no son afines al perfil temático o no cumplen con los lineamientos de la política editorial. De igual forma el artículo es rechazado si requiere ser revisado más de 3 veces (reenvíos).

### **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, lo que significa que, si lo desea el autor puede depositar una copia digital del documento (preprint o postprint) en un servidor académico no comercial o en la página Web de su institución, siempre que cite el documento original.

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

Permite copiar, distribuir, mostrar y ejecutar la obra, siempre dando testimonio de la autoría y la fuente original del mismo, pero solo copias literales (sin derivaciones del mismo) y sin propósitos comerciales. Se identifica con el siguiente logo:



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 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](mailto:normateca@inimet.cu)

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