

PRÓLOGO

Con sumo placer y gran privilegio asumo –a solicitud de las autoras– la tarea de prologar este texto. Es una obra de perfil técnico con un lenguaje simple y popular, que puede llegar al directivo de una empresa de alto impacto o al sencillo ciudadano que cada día, de alguna forma, enfrenta las consecuencias de una medición sobre su economía, su cocina, su salud o seguridad y la de su familia. Hablo por tanto de la Metrología, de la Metrología para la Vida.

Es muy importante medir y medir bien, como dijo el Comandante Fidel Castro Ruz en una ocasión. Y medir bien significa poder tener una medición confiable que garantice que el resultado se corresponda con lo que se requiere, por lo que introducirse en este tema, lograr una cultura sobre su significado y alcance es un deber de todos, porque de cierta manera todos, directamente, nos relacionamos con las mediciones.

La utilidad de la Metrología es la de un gran servicio público, tanto para la ciencia como para la industria, el comercio y la salud, y ese valor no es para sí, sino que se expresa, de manera constante, por medio de los sectores que la aplican. Más allá de la técnica, la mentalidad de la Metrología tiene un enfoque riguroso de largo alcance, que permite dar garantía y límites a lo que se afirma, y es vital para la toma de decisiones, por lo que este texto es prácticamente único de su tipo en el país, y me atrevería a aseverar, de alguna manera, que poco común para los países pobres o en vías de desarrollo.

No está al alcance de los especialistas un tratado sobre la Metrología, lo cual sin duda pueden y deben también emprender las autoras en algún momento.

Este libro que se presenta tiene la cualidad y el mérito únicos de

exponer en este campo un asunto tan importante, al alcance de los interesados en el tema que trata, en un lenguaje claro, que permite la comprensión de todos. Es parte del concepto, ya refrendado por la Revolución, de elevar la cultura integral de la sociedad. Fue un reto y una carencia que, finalmente, quedaron resueltos.

Tratar un tema con el cual nos relacionamos cada día como ciudadanos, como consumidores, como trabajadores o directivos, un tema que abarca todos los aspectos de la vida y la sociedad como es el tema de las mediciones y el papel que estas efectivamente desempeñan en la economía, en el comercio y en la vida cotidiana, y poner nuestro interés y capacidad en utilizar estos conceptos expresados no solo por definiciones, sino con ejemplos concretos, con referencias históricas y lingüísticas, en su papel no solo económico, sino histórico, social, y con lenguaje y expresión de futuro, es una constante en esta obra, que la hace amena, interesante y necesaria, que cautiva y motiva desde su primera página, que además, demuestra el amor, y la profunda identificación y preparación de sus autoras, mujeres científicas, dos de ellas del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), orgullo del desarrollo científico cubano y fruto de la Revolución, con amplia trayectoria en el tema que se trata y, la otra, economista de la Universidad de La Habana, con un acercamiento académico a la protección al consumidor.

Un breve recorrido por sus siete temas muestra la cuidadosa selección del contenido, definiciones, aplicaciones y referencias, imprescindibles para comprender de modo general el alcance y la misión de la Metrología, sus funciones y aplicaciones en nuestra realidad cotidiana.

Las mediciones en sí mismas, como expresan las autoras en el texto, son tan antiguas como el hombre, que medía por la necesidad de sobrevivir y desarrollarse, y para eso, desde la Antigüedad, utilizaba como unidades de medida partes de su cuerpo como el pie, el codo y la mano, por citar ejemplos, hasta que fueron apareciendo múltiples instrumentos, desde objetos sencillos como reglas hasta medidores láser y potentes microscopios. De todo esto, de las definiciones básicas de la Metrología: la calibración, la verificación, la confirmación metrológica, la trazabilidad y la incertidumbre

de la medición, del Sistema Internacional de Unidades (SI), de los campos de aplicación, y de esa Metrología que representa el reto del desarrollo tecnológico de las nuevas ciencias de la informatización, de las nanociencias (mediciones a escalas muy pequeñas) y de la biotecnología se habla también en el tema, que sin duda crea las bases imprescindibles para la comprensión del resto del libro.

Un segundo tema, que constituye un pilar de esta obra trata la Metrología y los consumidores, tan necesario en la cultura general de los ciudadanos y sus proveedores de servicios, a partir de un grupo de definiciones universales y de la comprensión del significado de la propia palabra consumidor, sus derechos y evolución, así como su vinculación con las mediciones y cómo estas deben contribuir a la relación y al bienestar de la población, y otras partes involucradas en la vida diaria como el comercio minorista, la gastronomía y el preenvase, como ejemplos concretos de aplicación, entre otros muchos campos. Este tema será de gran valor para motivar e invitar al análisis y la toma de conciencia del papel que las mediciones correctas tienen en el empeño de garantizar la seguridad, la satisfacción y el bienestar de la sociedad, y sus ciudadanos.

En el avance del texto, las autoras van profundizando en los más importantes aspectos que, de forma general, se deben conocer por la vinculación que tienen con todos los sectores, las producciones y los servicios, como los ensayos a productos y cómo estos permiten evaluar la veracidad de las características técnicas, metrológicas y de seguridad que declaran los fabricantes de forma explícita, lo cual facilita la interrelación cliente-proveedor y crea un marco de confianza en el comercio y la economía en general. Se aportan otros valores en cuanto al nivel técnico del producto y otras valiosas prestaciones. Una completa información sobre los tipos de ensayos, su clasificación y numerosos ejemplos de aplicación completan el tema.

La detallada explicación sobre el Sistema Internacional de Unidades (SI), desconocido o conocido solo en parte por muchos, es una importante contribución de la obra en tanto se ha convertido en una necesidad e imperativo del trabajo de todos los sectores y de la práctica internacional; no obstante los muchos esfuerzos realizados, por lo complejo del tema, se requiere aún de una com-

preensión cabal en todo su alcance.

Destacable es la forma didáctica en que se reflejan las magnitudes y unidades básicas del SI, los múltiplos y submúltiplos de las unidades, reglas de escritura, los ejemplos de utilización que ilustran de forma práctica su uso y utilidad, y de forma especial considero que hay que destacar el esfuerzo y la valiosa contribución referente a la historia de las mediciones en Cuba, desde 1849 cuando España promulgó la Ley que adoptaba el Sistema Métrico Decimal (SMD) en todos sus dominios, efectivo en Cuba desde 1882 hasta la actualidad, con la aprobación de la implantación del SI por el Decreto Ley 62 de 1982.

Otro aparte merece la atención de las autoras por repasar y precisar los conceptos de calibración y verificación, la trazabilidad, el alcance de la Metrología legal, aspectos fundamentales para encausar el trabajo del Aseguramiento metrológico y planificar el control en las organizaciones. Estas son las cuestiones cardinales de un quinto tema que, de forma sencilla, quita el temor a las confusiones, que más allá de nuestra lengua, podrán crear dificultades técnicas, pero permiten aseverar que verificar un instrumento de medición implicará siempre obtener las evidencias objetivas sobre el cumplimiento de los requisitos que se han especificado, según las reglamentaciones. Una tabla creativa y útil resume el alcance de la calibración, y de la verificación y las diferencias que existen entre estas.

Toda la historia, el alcance e identidad del sistema de medición global, cuya estructura coherente garantiza que las mediciones puedan ser realizadas con apropiada exactitud y bases de transparencia armonizadas con el mundo, hacen del tema una fortaleza que define el universo de las mediciones y sus vínculos entre las organizaciones internacionales, que deben incidir al final en la credibilidad que sobre la competencia de la Metrología tendrán los diferentes países, influyendo esto último de alguna forma en los tratados económicos, comerciales y de otra índole que se suscriban; por eso es importante tener una cultura general sobre su significado, alcance e implicaciones.

Un objetivo poco tratado, públicamente, es el establecimiento de los patrones nacionales, y la jerarquía y la disseminación de la unidad

de medida. Todo eso se recoge de forma didáctica, en un lenguaje asequible a todos los interesados, vinculados con el propio texto ante el impacto que eso tiene sobre las mediciones en sí, desde su origen hasta la base.

Lograr redactar un tema sobre la incertidumbre de la medición, cuestión altamente técnica en un lenguaje comprensible ha sido en mi modesta opinión un reto de las autoras, tema polémico en el escenario técnico y de gran repercusión en la demostración de la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, en la demostración de la gestión integral de la calidad, no solo por su repercusión sobre la calidad de la medición y, valga la redundancia, sobre la calidad; polémica es su forma de determinarse y su interpretación correcta en la práctica, por lo que es una fortaleza para este texto que se presenta, en especial en lo referente a las condiciones para su evaluación, con demostración de dominio técnico y práctico sobre el tema.

El tema final reserva, sin duda, un asunto muy familiar para los empresarios, metrólogos y directivos en general que deben comprometerse de alguna forma con la garantía de la credibilidad con que se deben entregar los resultados por los que son responsables; se trata del Aseguramiento metrológico, esencia del Control metrológico, como plantean las autoras, que se ejerce mediante el Servicio Nacional de Metrología (SENAMET), el cual implementa las regulaciones necesarias, está dotado de la infraestructura, instrumentos, patrones, accesorios, personal y disposiciones generales requeridos para su garantía. Vale destacar la convincente explicación del alcance del Decreto Ley 183 "De la Metrología" y su objetivo principal de establecer vías para lograr la uniformidad, y confiabilidad de las mediciones en el país, así como el alcance del servicio, su base documental, y muy a tono con la integración y el papel que las mediciones desempeñan en la implementación de los Sistemas de Gestión de la Calidad, lo cual es la explicación de los apartados de las normas NC-ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos" y NC-ISO 10012:2007 "Sistemas de Gestión de las Mediciones. Requisitos" para los procesos de medición y los equipos de medición, donde se aborda desde la visión de la

norma de gestión el papel concedido al control de los dispositivos de seguimiento y medición, pues sin mediciones confiables no se puede hablar de calidad.

El enfoque de calidad y mediciones, donde se ratifica que las acciones para garantizar la calidad de las mediciones son de vital importancia en cualquier sistema de gestión, desde la exigencia de la calibración o verificación del equipo, según corresponda, su confirmación metrológica, trazabilidad, hasta la exigencia en la evaluación de la incertidumbre de la medición, en fin, el modelo como tal responde a la importancia y requerimientos de todo el proceso de medición como parte integrante e inseparable de la calidad y de cualquier proceso de mejora. Varios ejemplos de Aseguramiento metrológico dan cierre a esta didáctica e imprescindible obra, si de Metrología se trata.

Me quedo, en realidad, con los deseos de seguir leyendo sobre esta ciencia, creo que será también el deseo del lector y un poco el sentir de las autoras, dejar ese sabor de la Metrología que invita a saber más sobre esta materia. Los invito por eso a su lectura y sobre todo a su ejercicio, imprescindible en la realidad cotidiana, y en especial a su recurrente consulta por los estudiantes de todos los niveles para que incrementen no solo su cultura, sino para hacerlos mejores ciudadanos y profesionales del mañana. Solo me queda darles las gracias a las autoras por tan hermoso regalo y espero que no sea el último que sobre la Metrología podamos disfrutar.

Dra. C. NANCY FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Investigadora Titular

Académica de la Academia de Ciencias de Cuba

Directora General de la Oficina Nacional de Normalización
(NC-ONN)

ÍNDICE

Prólogo / 1
Agradecimientos / 11
Introducción / 13
Acercamiento a la Metrología / 15
Definición de Metrología / 21
Medición / 22
Importancia de la medición / 23
Calidad de la medición / 30
Trazabilidad de las mediciones al Sistema Internacional de Unidades. Calibración-verificación / 33
Métodos de medición / 35
Confirmación metrológica / 38
Expresión de los resultados en unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) / 39
Recursos humanos / 40
Incertidumbre de la medición. Evaluación / 43
Interrelación de las bases técnicas para la calidad de la medición / 46
Ramas de la Metrología / 48
Metrología Científica / 49
Calibración y trazabilidad (Metrología Industrial) / 49
Metrología Legal / 49
Proyecciones de la Metrología / 50
Nanotecnología / 52
Biotecnología / 52
Tecnología de la información / 52
Referencias bibliográficas / 53
Metrología Legal y protección al consumidor / 55

Desarrollo de la protección al consumidor en el mundo / 58
 Derechos de los consumidores según la Organización
 de Naciones Unidas (ONU) / 62
 Protección al consumidor en Cuba / 65
 Referencias bibliográficas / 68
 Ensayos a productos. Una garantía para el consumidor / 70
 Importancia de los ensayos. Clasificación / 71
 Ensayos paramétricos / 77
 Ensayos climáticos / 78
 Ensayos de seguridad / 83
 Referencias bibliográficas / 88
 Sistema Internacional de Unidades (SI) en Cuba. Pasado, presente
 y futuro / 89
 Sistema Internacional de Unidades (SI) / 91
 Ejemplos frecuentes de la utilización de los prefijos
 de las unidades de medida / 99
 "Gramática" del Sistema Internacional de Unidades / 102
 Unidades fuera del SI de uso aceptado con el SI / 105
 Historia de las unidades de medida en Cuba / 106
 Acciones previstas para la implantación del SI / 109
 Referencias bibliográficas / 111
 Calibración y trazabilidad / 113
 Términos calibración y trazabilidad / 114
 Sistema de Medición Global / 117
 Establecimiento de los patrones nacionales
 en los Institutos Nacionales de Metrología / 121
 Primer método / 122
 Segundo método / 122
 Tercer método / 122
 Impactos de la Metrología / 124
 Rigor en el expendio de combustible en la red
 de garajes / 125
 Confiabilidad del instrumento de medición / 126
 Acreditación de laboratorios / 126
 Certificación de la competencia como Institutos Nacionales

de Metrología / 130
 Referencias bibliográficas / 131
 Incertidumbre de la medición / 132
 Distribución de frecuencias / 133
 La media / 133
 Medidas de variación / 134
 Distribuciones teóricas / 134
 Condiciones para la evaluación / 136
 Evaluación de la incertidumbre en los ensayos / 138
 Caracterización y evaluación de la incertidumbre
 de la medición / 140
 Incertidumbre típica (u) / 140
 Incertidumbre típica combinada (u_c) / 141
 Incertidumbre expandida (U) / 141
 Importancia de la incertidumbre de la medición / 145
 Comercio internacional / 145
 Reporte de la incertidumbre / 149
 Referencias bibliográficas / 151
 Aseguramiento metrológico a la economía nacional / 152
 Bases del aseguramiento metrológico / 152
 Regulaciones / 153
 Medios técnicos / 153
 Operaciones / 153
 Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) / 155
 Base documental para el aseguramiento metrológico / 156
 Decreto Ley No.183:1998. De la Metrología / 158
 Decreto 270:2001. Reglamento del Decreto-Ley
 de la Metrología / 162
 Decreto 271:2001. Contravenciones de las regulaciones
 establecidas sobre metrología / 162
 NC OIML D-19: 1994. Evaluación de modelo y Aproba-
 ción de modelo (de instrumento de medición) / 165
 NC OIML D-20: 1995. Verificación inicial y posterior
 de instrumentos / 165
 NC OIML D-12:1995 Campos de aplicación

de los instrumentos de medición sujetos
a la verificación / 166
NC OIML D-9:1995 Principios de la supervisión metro-
lógica / 166
NC OIML D-16:1998 El aseguramiento del control me-
trológico / 167
NC-ISO 9001:2008. Sistema de gestión de la calidad.
Requisitos / 170
NC-ISO 10012:2007. Sistemas de gestión
de las mediciones. Requisitos para los procesos
de medición y los equipos de medición / 171
Ejemplos de Aseguramiento metrológico / 172
Referencias bibliográficas / 176
Bibliografía / 177

Agradecimientos

A la Oficina Nacional de Normalización y al Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, por el apoyo brindado para la materialización de esta obra. Al ingeniero Antonio Alfredo López Maidique, al licenciado Augusto Maury Toledo y al Doctor en Ciencias Técnicas José Ignacio Franco Fernández, por su contribución durante la revisión del manuscrito.

