

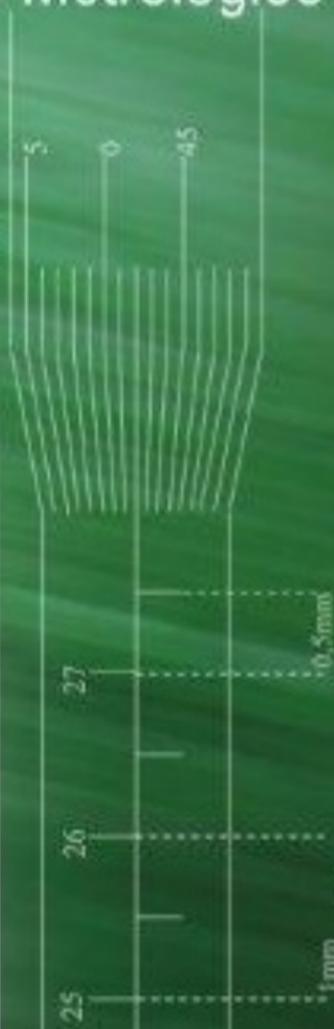
METROLOGÍA:

Aseguramiento Metrológico Industrial

Tomo II

Jaime Restrepo Díaz

2a. Edición



METROLOGÍA

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL

TOMO II

Jaime Restrepo Díaz





Restrepo Díaz, Jaime

Metrología: aseguramiento metrológico industrial. Tomo II / Jaime Restrepo Díaz; editora Silvia Inés Jiménez Gómez.-- 2ª ed. corr. – Medellín:
Instituto Tecnológico Metropolitano, 2011.
188 p. : il. -- (Colección Textos Académicos)
ISBN 978-958-8743-03-5

1. Metrología 2. Medición 3. Laboratorios de metrología 4. Presión 5. Aseguramiento metrológico
I. Jiménez Gómez, Silvia Inés (editora) II. Tit. (Serie)
530.81 SCDD 21 ed.

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

COLECCIÓN TEXTOS ACADÉMICOS

Fondo Editorial ITM

METROLOGÍA: Aseguramiento metrológico industrial. Tomo II

© Jaime Restrepo Díaz

© Instituto Tecnológico Metropolitano

2da. Edición corregida: diciembre de 2011

ISBN: 978-958-8743-03-5

Hechos todos los depósitos legales

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Editora

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité Editorial

OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PH. D., BUENOS AIRES

JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PH. D., CÓRDOBA

LILIANA SAIDON, PH. D., ESPAÑA

MONSERRAT VALLVERDÚ FERRER, PH. D., ESPAÑA

GIANNI PEZZOTI, PH. D. MÉXICO

JUAN GUILLERMO RIVERA BERRÍO, PH. D., COLOMBIA

RAÚL DOMÍNGUEZ RENDÓN, PH. D., COLOMBIA

PAULA ANDREA BOTERO BERMÚDEZ, MGC, COLOMBIA

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ, MGC, COLOMBIA

VIVIANA DÍAZ DÍAZ. COLOMBIA

Corrección de textos

RAQUEL VERGARA GÓMEZ

Secretaría Técnica

GLADYS MARINA GÓMEZ ACEVEDO

Diagramación e impresión

CADENA S.A

Hecho en Medellín, Colombia

Instituto Tecnológico Metropolitano

Institución Universitaria

Calle 73 No. 76A 354

Tel.: (574) 440 51 97 • Fax: 440 52 52

www.itm.edu.co

Medellín – Colombia

Las opiniones, originales y citas del texto son de la responsabilidad de los autores. El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto, ella recaerá única y exclusivamente sobre los autores.

CONTENIDO

PRÓLOGO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. METROLOGÍA APLICADA.....	13
2. LABORATORIO DE METROLOGÍA.....	23
3. METROLOGÍA DIMENSIONAL.....	39
3.1. Calibrador Pie de rey.....	42
3.2. Micrómetros.....	59
3.3. Comparador de Carátula.....	73
3.4. Medidores de alturas.....	85
3.5. Cintas métricas.....	91
3.6. Reglas graduadas.....	97
4. PRESIÓN.....	105
5. MASAS Y BALANZAS.....	133
6. FUERZA.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	185

PRÓLOGO

El ser humano y su necesidad de expresar y entender conceptos como claro y oscuro, grande y pequeño, largo y corto, frío y caliente, liviano y pesado, rápido y lento, entre otros, creó para el mundo un lenguaje entendible por el hombre, por todas las naciones y en todos los tiempos.

La convención del metro, tratado firmado en Francia, el 20 de mayo de 1875 por diecisiete naciones, trazó el inicio para la internacionalización de las medidas. El tratado entregó al mundo el Sistema Internacional de Unidades y patrones de medida, llamado a poner fin al caos generado por la dispersión de diferentes sistemas.

La medición como base fundamental para realizar transacciones comerciales, se ha convertido en un aspecto de vital importancia en la productividad. Sin ella, no es posible lograr un entendimiento y conocimiento real sobre los resultados de algo.

La metrología entendida como la ciencia que trata sobre la medición, alcanza conocimientos profundos; tanto es así, que la ciencia es totalmente dependiente de la medición y aunque es conocida por pocos, es utilizada por muchos.

La metrología es la ciencia, probablemente, más antigua del mundo. El conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico.

INTRODUCCIÓN

La medición como base fundamental para realizar transacciones comerciales en todo el mundo, se ha convertido, hoy en día, en un aspecto de vital importancia a todo nivel y en todo sector productivo. Sin ella no es posible lograr un entendimiento y conocimiento real sobre los resultados de algo.

La medición requiere de un conocimiento común; la metrología entendida como la ciencia que trata sobre ésta, alcanza conocimientos muy profundos, aunque sólo muy conocidos para unos pocos, a pesar de que es utilizada por muchos; la ciencia es totalmente dependiente de la medición: los geólogos miden las ondas de choque que son originadas por las fuerzas gigantes que dan origen a un terremoto, los físicos que se dedican a estudiar las partículas elementales realizan mediciones de millonésimas de segundo, son capaces de confirmar la presencia de una pequeña partícula casi infinitesimal; los astrónomos miden pacientemente la distancia-luz desde las estrellas más distantes, para determinar su edad, sólo por mencionar algunos ejemplos.

La existencia de equipos de medición y la capacidad de usarlos adecuadamente son esenciales, para que los científicos puedan documentar y sustentar en forma objetiva los resultados que obtienen, en consecuencia, su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico.

La producción industrial, el comercio, el mercado y las leyes que lo regulan, dependen de la metrología. Un piloto, observa cuidadosamente su altitud, el consumo de combustible y la velocidad, entre otras variables.

En el sector de alimentos un inspector de calidad mide el contenido de bacterias; las autoridades marítimas el desplazamiento de los buques; por otra parte, los consumidores pueden medir contenidos o simplemente determinar el cumplimiento de especificaciones de cualquier producto; una empresa manufacturera mide sus insumos, controla mediante mediciones, cada uno de sus

procesos y su producto final; un ama de casa determina y controla cantidades en la preparación de los alimentos.

Todas estas son actividades metrológicas que se complementan mediante el uso adecuado de equipos de medición y la asignación de unidades que determinan la magnitud de cada una.

1. METROLOGÍA APLICADA

La *Metrología* considerada como el proceso o la ciencia de la medición. Sin embargo, existen consideraciones externas a la medición que afectarán a la misma; es el caso de la selección del equipo que se va a utilizar en la medición y la implicación que tienen sus costos¹.

La mejor compra, a largo tiempo, es posible cuando todos los factores significativos de costo beneficio son sumados.

El coordinador del laboratorio deberá determinar cuáles son las capacidades y especificaciones que realmente se necesitan, cuáles serán los costos reales para la compañía y cuáles los riesgos de comprar un determinado instrumento.

Cuando se selecciona un equipo con propósitos de patrón de referencia, una de las más importantes determinaciones es cuán exacto debe ser éste y saber a ciencia cierta si puede servir para calibrar otros instrumentos apropiadamente; se deben definir requerimientos de exactitud y precisión, trazabilidad, estabilidad y determinar el nivel de incertidumbre que se debe obtener.

Cuando se selecciona un equipo para calibración o medición, una regla importante para tener en cuenta es seleccionar el equipo adecuado para satisfacer las necesidades de calibración o medición. Sin embargo, identificar las necesidades no siempre resulta obvio. Se deben tener en cuenta necesidades relacionadas con las condiciones ambientales (altura, temperatura, humedad relativa, ruido, vibraciones, polvo) entre otras.

Las técnicas metrológicas requieren de circunstancias adicionales en el equipo, así como del nivel del operador. Además, es importante saber si se tienen las especificaciones claras en el manual, si se requieren conocimientos especiales de software, idioma, tiempo de operación, vida útil del equipo, etcétera.

¹ Costos asociados a todo lo que implica la gestión metrológica en la organización y que se determinan desde la selección de un equipo de medición hasta la puesta en servicio y su mantenimiento preventivo durante su vida útil.

Los precios originales de compra no son el costo más significativo asociado con el nivel de exactitud del instrumento². El primer factor es el retorno de la inversión: ¿Puede el equipo mejorar las capacidades del laboratorio que justifiquen su costo?, ¿puede manejar la carga de trabajo?, ¿incrementaría la eficiencia? y ¿puede con accesorios complementar otras funciones?

La confianza en el equipo es una consideración de gran importancia. Si se tiene confianza en él, el trabajo se realizará correctamente. Si se pone en duda las mediciones de un equipo, se pierde la medición y se aplicará el rigor metrológico. La repetibilidad de una medida y el desempeño de una marca especial producen confianza.

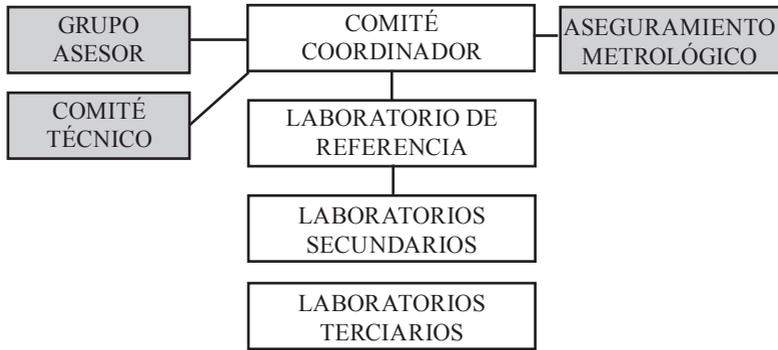
Funciones de un Sistema de Aseguramiento Metrológico “SAM”

Las funciones del Sistema de Aseguramiento Metrológico “SAM” son asegurar física y documentalmente que los resultados de cada una de las mediciones tengan la fiabilidad, representatividad, utilidad y exactitud suficiente para su uso y para la toma de decisiones a que haya lugar.

Por su parte, las funciones de los Comités Técnicos consisten en diseñar la estructura de los grupos de trabajo y de tarea, definiendo la calidad y temas de estudio de cada uno de ellos.

² Exactitud: hace referencia a la resolución que debe tener el equipo de medida, donde la resolución es la capacidad mínima de lectura de instrumento.

Diagrama: 1 Ejemplo de una estructura funcional



Fuente: Elaboración propia

Objetivos de un Sistema de Aseguramiento Metrológico “SAM”³

1. Asegurar la transferencia y el mantenimiento de la exactitud de las mediciones mediante la cadena de trazabilidad correspondiente a nivel nacional o internacional
2. Estructurar el sistema de laboratorios de metrología en concordancia con las necesidades de las áreas a que pertenecen
3. Normalizar los sistemas de gestión metrológica
4. Aprovechar los conocimientos, experiencias y prácticas en medición existentes y fomentar su desarrollo
5. Fomentar, promover y desarrollar la cultura metrológica en la organización

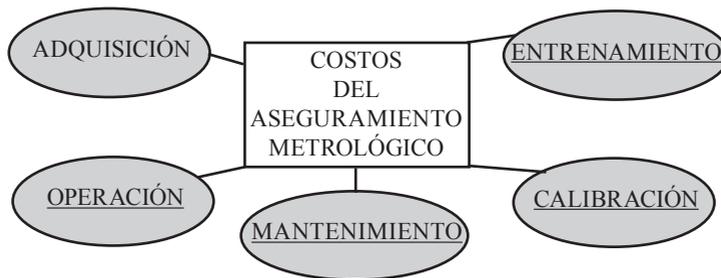
³ UNIVERSIDAD DEL VALLE. Grupo de Investigación en Alta Tensión: Memorias del seminario sobre METROLOGÍA APLICADA A LA INDUSTRIA. Santiago de Cali: Abril 16 y 17 de 1998.

Costos del Sistema de Aseguramiento Metrológico “SAM”

Los costos de mantener el equipo calibrado deben considerar, la facilidad de realizar la calibración y los instrumentos necesarios para realizarla, determinar si es necesario enviar el equipo fuera del laboratorio o fuera del país.

La determinación del costo durante el periodo de vida de los equipos se pueden dividir en los siguientes cinco (5) grupos de costos.

Diagrama: 2 Estructura de los costos



Fuente: Elaboración propia

COSTOS DE ADQUISICIÓN

Se definen los costos iniciales de despacho de los equipos y sus costos asociados, como la sumatoria de los costos de:

Consecución+

Evaluación+

Precio+

Arranque+

Flete+

Tiempo de despacho

Consecución: costos de la determinación de especificaciones y requerimientos técnicos de los equipos de medición.

Evaluación: costos de análisis de los equipos de medición representados en tiempo, viajes, visitas a los fabricantes, demostraciones, etcétera.

Precio: el valor real del equipo de medición a comprar.

Arranque: costos de colocar el equipo de medición en el laboratorio (lugar especial, tomas especiales, instalaciones eléctricas nuevas, entre algunos).

Fletes: costos de los fletes de envío del equipo de medición.

Tiempo de despacho: el costo causado por el retardo en la entrega, dependiendo del lugar donde se compra, fabrica, distribuidor, país, etcétera.

COSTOS DE ENTRENAMIENTO

El entrenamiento es reconocido como necesario y fundamental en el proceso de la instrumentación. El entrenamiento debe ser considerado como parte integral del instrumento, antes de encontrar problemas por causa de una mala instrucción. Los costos del entrenamiento siempre son importantes cuando se trata de personal nuevo.

Los costos de un entrenamiento cuando no están disponibles por el fabricante, ya sea por problemas técnicos o geográficos, pueden tener una alta incidencia en el costo final.

Estos son:

Entrenamiento de operación+

Entrenamiento de calibración+

Entrenamiento de mantenimiento+

Entrenamiento del instructor

Entrenamiento de operación: comprende todo lo concerniente a operación de las funciones del equipo de medición, programas

o programación, generación de procedimientos, documentación de resultados y reportes.

Entrenamiento de calibración: cuando se usa un instrumento como patrón, la calibración del mismo y los requerimientos especiales para lograrlos son de suma importancia. Muchas veces el procedimiento no está disponible sino en fábrica, o bajo condiciones altamente especializadas y sus costos o procedimientos resultan tantos o más costosos que el mismo instrumento.

Entrenamiento de mantenimiento: muchos equipos de medición requieren de mantenimiento periódico. Si el mantenimiento tiene que realizarse fuera del laboratorio los costos serán considerados más adelante.

Entrenamiento del instructor: en algunas situaciones se requiere considerar la disponibilidad de un instructor.

COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación pueden ser los costos más complejos de evaluar. Cada tipo de instrumento tiene diferentes grupos de elementos que comprometen la operación.

Los costos por operación se pueden clasificar como:

Costos flotantes+
Costos de operación compleja+
Costos perdonables+
Costos de automatización+
Costos de documentación+
Costos de especificaciones+
Costos de expandibilidad

Costos flotantes: cuando el equipo de medición, no está disponible por ser un instrumento transitorio o que requiere moverse, se dice que son unidades flotantes.

Costos de operación compleja: cuando la operación del equipo de medición es más compleja o de alto riesgo, los costos de entrenamiento más complejos son necesarios.

Costos perdonables: la sensibilidad de un equipo de medición a los errores del operador, pueden tener impacto en los costos de operación.

Costos de automatización: los equipos de medición que incluyen procesos u operaciones automáticas reducen los costos de operación favorablemente.

Costos de documentación: desarrollar procedimientos, guías de operación, de calibración, verificación y de seguimiento, por ejemplo, representa un costo obligatorio en la gestión metrológica.

Costos de especificaciones: de qué tan bien está realizando un equipo de medición su trabajo, depende de qué también podamos evaluarlo.

Los costos de falta de confianza en las mediciones de un instrumento pueden además del riesgo, introducir costos de trabajo adicionales. Aunque el papel aguante todo, la ausencia de un manual con todas las especificaciones claras, convierte el instrumento a medir en un instrumento imposible de calibrar.

Costos de expandibilidad: si el instrumento permite una futura expansión de sus capacidades, el comprador debe prever las necesidades futuras y la posibilidad de obtenerlas en un futuro.

COSTOS DE CALIBRACIÓN

Los costos de mantener el tiempo de vida la calibración de un equipo de medición son significativos. Estos costos varían

como una función de la filosofía y estrategia del manejo de la calibración⁴.

Los factores que afectan los costos de la calibración son:

Frecuencia de calibración+

Tiempo de calibración+

Costo de transporte+

Portabilidad+

Requerimiento de patrones de calibración

Frecuencia de calibración: el número de veces en el año que el equipo de medición debe ser calibrado.

Tiempo de calibración: qué tan largo puede ser el periodo en que se mantiene la calibración, esto depende del tipo de instrumento como de los procedimientos y equipos de laboratorio. Un gran número de puntos de ajuste y aplicación de constantes incrementa el costo. ¿Puede la calibración realizarse en un sitio o es necesario su envío a fabrica? ¿En cuánto tiempo lo regresan?

Costo de transporte: los costos de transporte tienen que ser incluidos, si el laboratorio de calibración no es local.

Costos de portabilidad: que tan fácil es el envío del equipo de medición a calibrar y cuál su influencia en los costos de empaque y personal especializado requerido.

Costos por requerimientos de patrones de calibración: evaluar si están los patrones requeridos para la calibración a nivel local, si se requiere de un patrón especial único.

⁴ Las calibraciones se realizan según el plan establecido por la organización e involucran los costos de seguimiento del equipo durante su frecuencia establecida.

COSTOS DE MANTENIMIENTO

La mayoría de los instrumentos electrónicos, tienen costos asociados con la reparación o fallas, mantenimiento preventivo y garantías tales como:

Costos de fallas+
Rutinas de mantenimiento+
Aprovisionamiento+
Periodos de garantía

Costos por fallas: uno de los muchos factores que afectan el costo por fallas, es el número de veces que falla, obviamente mientras más falle el instrumento, más altos serán los costos. Pero cuando ocurre una falla qué tan fácil y costoso es repararlo localmente; y qué tantos recursos tiene el instrumento para diagnosticar la falla. Otros costos asociados pueden ser cuando se requieren equipos de prueba especiales, para la detección de la falla, así como si es necesario incluir costos de transporte de carga especiales y de manejo.

Rutinas de mantenimiento: la cantidad de rutinas de mantenimiento son reducidas en el caso de la instrumentación electrónica, pero aplica en elementos mecánicos.

Aprovisionamiento: módulos y partes claves varían dependiendo de la filosofía de soporte de la instrumentación.

Periodos de garantía: las fallas pueden ocurrir durante el periodo de garantía y los costos pueden ser asumidos por el fabricante. La competencia y seriedad del fabricante puede marcar la diferencia en este costo.

2. LABORATORIO DE METROLOGÍA

Establecimiento y operación

Laboratorio de Metrología: es el lugar equipado con diversos equipos de medida, materiales y patrones de referencia donde se realizan mediciones de piezas, calibraciones y/o verificaciones de instrumentos de medida de uso industrial o investigaciones diversas según la rama de la ciencia a la que se dedique⁵.

Su importancia, sea en mediciones, calibraciones y/o verificaciones, o a escala industrial y en cualquiera de sus especialidades (química, volumétrica, dimensional, electricidad, manométrica, etcétera.), radica en el hecho de que las condiciones ambientales deben ser controladas y normalizadas, de modo que:

- Se puede asegurar que, no se producen influencias extrañas (a las conocidas o previstas) que alteren el resultado de la medición, de la calibración, la verificación o la medición: control
- Se garantiza que la actividad metrológica realizada sea repetible, es decir, cualquier otro laboratorio podría repetir el proceso y obtener el mismo resultado: Normalización.

Implementación

En la implementación de un laboratorio de Metrología se debe contemplar el establecimiento y la ejecución de un sistema de calibración y verificación que certifique los equipos de medición.

El laboratorio debe establecer y mantener la documentación necesaria que detalle la operación del sistema: la selección de los equipos requeridos, la consecución, la recepción, la identificación,

⁵Laboratorios de metrología industrial, laboratorios de metrología privados, laboratorios de metrología de carácter público (acreditados, certificados o con trazabilidad en sus medidas nacional o internacionalmente).

la puesta en servicio, la calibración, la verificación y sus respectivas frecuencias, las competencias de personal y el tratamiento y mantenimiento de los equipos patrón.

Delegación

El laboratorio de Metrología puede delegar a otras partes la función de mantener y ejecutar el sistema de calibración, la cual debe estar debidamente documentada. Para la delegación del sistema de calibraciones a terceros, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Que se demuestre su trazabilidad
- Que se cumpla con las condiciones ambientales requeridas
- Que se cuente con patrones de medición adecuados y de exactitud requerida
- Que cuente con personal calificado y competente para realizar las calibraciones
- Que sus procedimientos estén debidamente documentados, revisados y actualizados
- Infraestructura adecuada que garantice los requisitos metrologicos del cliente

Documentación

Todos los aspectos del sistema de calibración y del plan anual de calibración deben estar formalizados en documentos escritos en forma detallada, revisados y aprobados. El laboratorio debe proporcionar las evidencias objetivas de la operación del sistema y de su concordancia con el plan anual de calibraciones a la organización o a cualquier entidad contratante.

Entrenamiento

El laboratorio debe establecer un nivel de capacitación y entrenamiento en la documentación del Sistema de Aseguramiento Metrológico. Este entrenamiento se debe documentar de forma específica y debe estar disponible para cualquier revisión o inspección.

Descripción del sistema de calibración

Se debe establecer y mantener la documentación necesaria que detalle la operación del sistema. Esta debe describir los intervalos de recalibración y la identificación de cada equipo de medición utilizado o calibrado.

Selección y uso del equipo

En el laboratorio de Metrología se debe utilizar únicamente patrones con calibraciones vigentes, asegurarse, además, que cumplan con las tolerancias y resoluciones necesarias para la calibración.

Para la selección de un equipo patrón se debe tener en cuenta que éste, debería, en la medida de lo posible, ser 10 veces más preciso que el equipo a calibrar. Como no siempre es posible para la empresa, bien sea por costos o porque no se encuentra el nivel de exactitud requerido, se debe garantizar una buena base para realizar la calibración y seguimiento de los equipos de medición.

Controles ambientales

Para mantener la exactitud de los equipos, el laboratorio debe calibrarlos en las condiciones ambientales controladas. Éstas deben ser tenidas en cuenta para todas las variables.

Laboratorio de primer nivel (I)

Es el laboratorio primario a nivel nacional. En estos laboratorios se custodian los patrones nacionales de referencia

para cada país. Por ejemplo: en México es el Centro Nacional de Metrología (CENAM), en los Estados Unidos, el Instituto Nacional de Patrones y Tecnología (NIST), en Canadá, el Consejo Nacional de Investigación (NRC) y en Colombia, la División de Metrología de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)⁶.

Laboratorios de segundo nivel (II)

Son laboratorios secundarios, sus patrones se calibran por comparación contra patrones de laboratorios primarios nacionales o internacionales. Ejemplo: Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales de CFE (LAPEM), la Comisión Federal de Telecomunicaciones (CONFETEL) y la Central Nuclear Laguna Verde (CNLV).

En algunos casos, el laboratorio de nivel II se subdivide a su vez en laboratorios tipo I y tipo II, donde el laboratorio tipo I presta servicios de calibración al laboratorio tipo II.

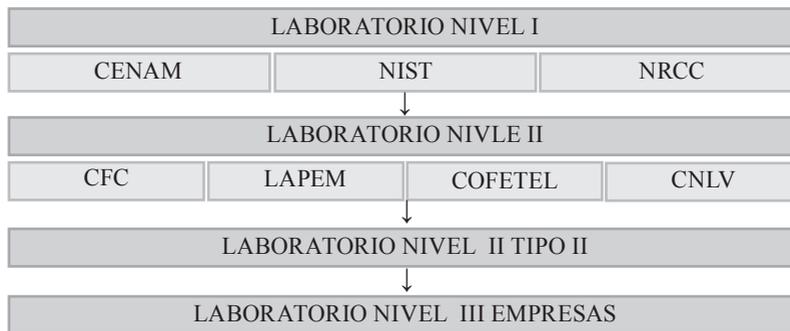
Laboratorios de tercer nivel (III)

En este nivel se tienen los equipos que generalmente se calibran antes de usarse o que se verifican en los mantenimientos propios de los procesos. Algunos ejemplos de laboratorio terciarios son los laboratorios de control de calidad en las líneas de producción, los departamentos de instrumentación y control, los talleres de reparación y ajuste y los laboratorios de calibración.

⁶ Superintendencia de Industria y Comercio: organismo de carácter técnico orientado a fortalecer los procesos de desarrollo empresarial y los niveles de satisfacción del consumidor, además, organizar y administrar el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología.

Ejemplo

Diagrama: 3 Laboratorios de tercer nivel



Fuente: Elaboración propia

Tabla: 1 Condiciones ambientales para laboratorios

LABORATORIO	NIVEL	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	RUIDO (DB)	ILUMINACIÓN (LUX)
Dimensional	I y II	20 ± 1	40%	45 dB	1000 LUX
Dimensional	III	20 ± 2	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Presión	I	23 ± 1	35% a 55%	45 dB	1000 LUX
Presión	II	23 ± 1,5	20% a 55%	45 dB	1000 LUX
Presión	III	23 ± 1,5	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Masas	I	23	35% a 55%	45 dB	1000 LUX
Masas	II	23	20% a 55%	45 dB	1000 LUX
Fuerza	I y II	10 a 35 ±2	N/A	N/A	N/A
Temperatura	I	23 ± 1	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Temperatura	II	23 ± 1,5	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Temperatura	I	23 ± 1	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Temperatura	II	23 ± 1,5	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Volumetría	I y II	20 ± 1	40% a 60%	45 dB	1000 LUX
Higrometría	I y II	20 ± 1	40% a 60%	45 dB	1000 LUX

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm

Tabla: 2 Recomendaciones importantes sobre otras variables influyentes en las actividades metrológicas en laboratorios eléctricos

VARIABLE	ESPECIFICACIÓN
Ruido acústico	Max. 45 dB
Partículas de polvo	Menos de 7×10^6 partículas mayores de $1 \mu\text{m}$ por m^3 menos de 4×10^7 partículas mayores de $0,5 \mu\text{m}$ por m^3 ; sin partículas mayores de $50 \mu\text{m}$
Campos magnéticos y eléctricos	Máximo campo de radiación de $100 \mu\text{V}/\text{m}$; máxima resistencia de la tierra CD a tierra de 2Ω ; máxima resistencia de tierra CA a tierra de 5Ω
Presión del aire	Presión positiva de 10 pascales (0,1 milibar)
Iluminación	1000 lux al nivel de la mesa de trabajo
Humedad relativa	Tipo I 35 – 55 % @ 23 C; TIPO II 20 – 55 % @ 23 C
Temperatura	Tipo I 23 C \pm 1 C; tipo II 23 C \pm 1,5 C
Vibración	No aplica para laboratorios eléctricos
Regulación de tensión de línea	Cambio máximo de la tensión promedio de 0,1 % manteniendo los transitorios al mínimo. El contenido total de armónicas no debe exceder el 5 % de la fundamental

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm

Periodicidad de la calibración

Cualquiera que sea el instrumento de medida, un proceso de comparación sistemático debe permitir evitar toda degradación de la calidad de las medidas por efectuar y garantizar su credibilidad en el tiempo.

La calibración de los equipos debe efectuarse a intervalos programados⁷ contra equipos patrón certificados, que tengan su trazabilidad con patrones nacionales o internacionales. Las

⁷ Los intervalos programados para la calibración de los equipos es responsabilidad del usuario y los Metrólogos que conocen las condiciones de uso y operación de éstos.

frecuencias de la calibración pueden ser establecidas para cada unidad de medición. Algunos factores a considerar para establecer las frecuencias son:

Factores

- Severidad del medio ambiente
- Severidad de uso
- Frecuencia de uso
- Calidad del equipo de medición
- Exactitud requerida
- Historia de las calibraciones
- Importancia de las características a medir

Los intervalos entre calibraciones periódicas son establecidos de manera que se mantengan niveles aceptables de confianza y de que el equipo o instrumento operará dentro de sus límites o tolerancias especificadas.

Se debe establecer, documentar y cumplir con las frecuencias de calibración y frecuencias de verificación y seguimiento; tanto de los patrones de referencia utilizados, como de los equipos de medición de la organización que hacen parte del Sistema de Aseguramiento Metrológico.

Procedimientos de calibración, verificación y seguimiento

Se deben mantener procedimientos documentados y aprobados. Se pueden utilizar normas, manuales del fabricante debidamente documentados y soportados por instructivos de calibración, verificación y seguimiento interno realizado en la organización.

Perfil del puesto

Las mediciones siempre han formado parte de la vida cotidiana del ser humano, han sido usadas desde hace muchos siglos.

Actualmente, son usadas y desarrolladas por una gran diversidad de áreas de investigación, en las ciencias, y en la industria en general. En cada una de las áreas aplicadas emergen una gran cantidad de requisitos de acuerdo con el campo de aplicación donde son utilizadas.

Las competencias en materia de mediciones involucra y posiona al individuo en un campo y aprendizaje especial, en el cual dichos campos pueden estar inherentemente subdivididos o ser más estrechos, no necesariamente por ser menos importante, si no todo lo contrario, por requerir mayores conocimientos y especialización.

En la práctica, cualquier medición realizada nunca será o tendrá la exactitud perfecta, pero sí la requerida para los fines que se pretenden, la imperfección del conocimiento de dicha medición involucra equipo, conocimiento (persona), condiciones ambientales y los métodos de medición, lo que involucra grandes costos para la organización, razón por la cual se deben documentar todos los niveles de conocimiento y experiencia requeridos, para cada función en el sistema de gestión de las mediciones.

Las necesidades de aplicación y uso de la metrología, no son sólo un problema del presente, también del futuro, puesto que cada uno de los sectores industriales y tecnológicos específicos demanda un interés de desarrollo particular en áreas y magnitudes de la metrología acordes con sus procesos y, a la vez, los institutos nacionales de metrología, así como los laboratorios de referencia de cada país, tendrán que realizar sus estrategias de desarrollo de acuerdo con los sectores industriales y tecnológicos que existan en dicho país, con el objeto de sustentar este desarrollo.

No-Conformidades

Se debe establecer un método para notificar que un equipo utilizado para calibración está fuera de tolerancia. Un equipo está no-conforme cuando:

- No cumple con los requisitos de exactitud en el momento de la calibración

- Cuando se duda de su comportamiento en las mediciones o de sus lecturas
- Cuando se ha vencido su vigencia de calibración

Fuente de calibración

Se debe mantener una trazabilidad comparable a patrones primarios o a patrones secundarios en los niveles nacional o internacional.

Una buena calibración requiere además de patrones de referencia trazables, contar con procedimientos documentados y validados, personal competente, condiciones ambientales conocidas y controladas, equipos aptos para ser sometidos a calibración y una infraestructura de los laboratorios acorde con el alcance de la calibración.

Estatus de la calibración

El estatus que se le debe dar a los equipos de medición durante su gestión metrológica puede ser identificarlos mediante rótulos.

El tipo de rótulos es un sistema propio de cada empresa. A continuación se presentan algunos modelos de cómo se pueden identificar los diferentes estados de los equipos de medición en un Sistema de Gestión Metrológica en la organización.

Calibrado: cuando el equipo cumple con todos los requisitos que implica la calibración, se debe rotular y elaborar un Certificado de Calibración donde se dé constancia de que el equipo es apto para continuar realizando mediciones. El rótulo de CALIBRADO, indica que el equipo fue intervenido (comparativamente) con patrones y que su estado es ideal para realizar mediciones hasta su próxima calibración.

Modelo de un rótulo de calibración

Cuadro: 1 Modelo de un rótulo de calibración

 METROLOGÍA	CÓDIGO:		
	CALIBRADO		
	CERTIFICADO:		
	Fecha de Calibración		
	DD	MM	AAAA

Fuente: Elaboración propia

VERIFICADO: la verificación se realiza cuando los equipos no pueden ser calibrados por no existir un patrón para la calibración o cuando se quiere comprobar que un equipo calibrado cumple y mantiene los límites de error calculados en la calibración, debe elaborarse un **Informe de verificación**.

El rótulo de VERIFICADO, indica que el equipo cumple y es apto para realizar mediciones, se identifican los equipos que han sido verificados con sistemas propios de cada empresa y para los cuales no existe un patrón de referencia nacional o internacional que permita realizar la calibración. Además, puede ser utilizado para indicar el estado de verificación o seguimiento de los equipos de medición.

Modelo de un rótulo para identificar equipos verificados

Cuadro: 2 Modelo de un rótulo para identificar equipos verificados

 METROLOGÍA	CÓDIGO:		
	VERIFICADO		
	INFORME:		
	Fecha de Verificación		
	DD	MM	AAAA

Fuente: Elaboración propia

PENDIENTE: cuando un equipo de medición, no se ha podido calibrar por razones como, por ejemplo: no hay disponibilidad para calibrarlo el día en el que está programado, el responsable de la calibración no se encuentra disponible, el patrón de referencia no está disponible para realizar la calibración o por cualquier otro motivo que impida la calibración el día señalado, se debe identificar como PENDIENTE el equipo y elaborar, si es del caso, un Informe de Equipo Pendiente por Calibración o Verificación, en el cual se detalle la razón y las acciones a tomar.

El rótulo PENDIENTE, permite identificar los equipos de medición que por causas determinadas en la organización, no ha sido calibrado. Un equipo rotulado como pendiente no debe ser utilizado hasta tanto, no se realice la respectiva calibración o verificación.

Modelo de un rótulo para identificar equipos pendientes

Cuadro: 3 Modelo de un rótulo para identificar equipos pendientes

 <p>METROLOGÍA</p>	CÓDIGO:		
	PENDIENTE		
	INFORME:		
	Fecha		
	DD	MM	AAAA

Fuente: Elaboración propia

USO LIMITADO: cuando un equipo se destina sólo para una función específica debe identificarse para cuál y garantizar su buen uso. Es recomendable que exista un Reporte de Uso Limitado de Equipos.

Modelo de un rótulo para identificar equipos de uso limitado

Cuadro: 4 Modelo de un rótulo para identificar equipos de uso limitado

 <p>METROLOGÍA</p>	CÓDIGO:		
	USO LIMITADO		
	CERTIFICADO:		
	Fecha de Calibración		
	DD	MM	AAAA

Fuente: Elaboración propia

RECHAZADO: cuando el equipo no cumple con las

características metrológicas que se deben tener en cuenta en la calibración, éste debe identificarse como equipo rechazado y dejar como evidencia del rechazo un Informe de Equipos Rechazados.

El rótulo de RECHAZADO permite identificar los equipos que han sido declarados no conformes por el laboratorio de Metrología y que deben ser sometidos a un ajuste, una reparación o que deben ser retirados definitivamente del Sistema de Gestión Metrológica de la organización. Un equipo rechazado por metrología, no debe ser utilizado bajo ninguna circunstancia en la organización, para realizar mediciones críticas, que afecten la calidad de un producto o servicio.

Modelo de un rótulo para identificar equipos rechazados

Cuadro: 5 Modelo de un rótulo para identificar equipos rechazados

 METROLOGÍA	CÓDIGO:		
	RECHAZADO		
	CERTIFICADO:		
	Fecha de Calibración		
	DD	MM	AAAA

Fuente: Elaboración propia

Los anteriores modelos de rótulos aplican para cualquier equipo de medición y en cualquier variable metrológica controlada en la organización.

Certificado de Calibración

Para cada calibración se debe emitir un Certificado de Calibración o Informe de Calibración especificando el estado en el que se encontrón y cómo quedó el equipo después de la calibración.

Un Certificado de Calibración Informe de Calibración debe como mínimo, contener lo siguiente:

- Un encabezado donde aparezca el nombre de la empresa y el logo
- Un número de certificado
- Datos técnicos del equipo calibrado
- Información sobre el solicitante de la calibración
- Una breve descripción del sistema de calibración empleado
- Condiciones ambientales de la calibración
- Trazabilidad de los patrones de referencia utilizados
- Recomendaciones generales
- Firma de quién elaboró y quién revisó
- Un anexo que consiste en el registro de calibración o resultados de la prueba.

Cuadro: 6 Modelo de un Certificado de Calibración

<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN <i>Certificate of Calibration</i></p>
--

Número: _____
Number

INSTRUMENTO: <i>Apparatus</i>	
FABRICANTE: <i>Manufacturer</i>	
MODELO: <i>Model</i>	
NÚMERO DE SERIE: <i>Serial Number</i>	
CÓDIGO :	
RANGO DE MEDICIÓN: <i>Measurement Range</i>	
RESOLUCIÓN: <i>Accuracy</i>	
SOLICITANTE: <i>Customer</i>	
Dirección del solicitante: <i>Customer Address</i>	

Fecha de recepción: <i>Date of Reception</i>	
Fecha de calibración: <i>Date of Calibration</i>	

NÚMERO DE PÁGINAS: _____

Number of Pages

FIRMAS AUTORIZADAS:

Authorized Signatory

Calibrado por:

Calibrated by:

Revisado por:

Checked by:

OBSERVACIONES GENERALES

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

This results of this certificate refer to the momento and condition in witch the measurements were made. The issuing Laboratory assumes no responsibility for damages ensuing of the calibrated instruments.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the results of measurements performer this certificate may not he total or parially reproduced, except with the prior writen permission of the laboratory.

Fuente: Elaboración del autor

Calibración Contratada

La empresa debe asegurarse de que un subcontratista cumple con los requisitos necesarios para efectuar calibraciones o verificaciones. Algunos aspectos a tener en cuenta para la contratación de servicios en metrología son:

- Que el subcontratista tenga las competencias que implica la gestión metrológica
- Que posea un espacio (laboratorio) con condiciones ambientales controladas para la custodia de sus patrones de referencia y la realización de servicios de calibración y verificación de equipos
- Que tenga un grupo de patrones que garantice la precisión en las mediciones
- Que demuestre la trazabilidad de sus medidas a patrones nacionales o internacionales
- Que tenga establecido un plan de aseguramiento metrológico y cumplimiento de las frecuencias establecidas
- Aplicación de la normatividad vigente o procedimientos documentados y validados

Almacenamiento, Manejo y Embarque

El laboratorio de Metrología debe garantizar que el almacenamiento, manejo y embarque de los equipos, no altere los resultados de la calibración.

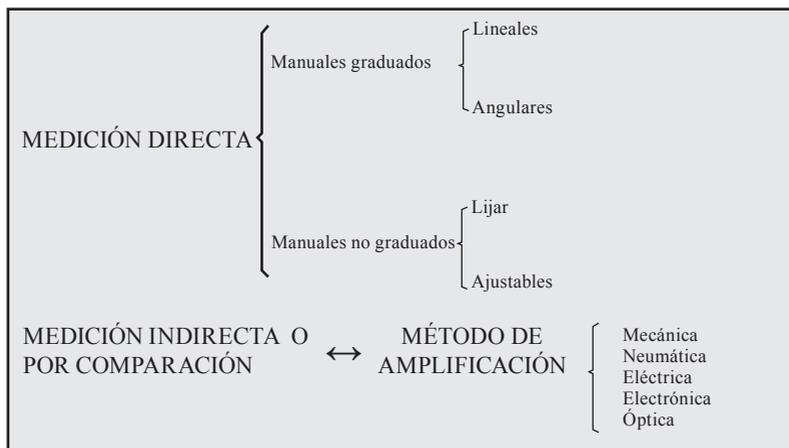
3. METROLOGÍA DIMENSIONAL

La Metrología Dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares. La medida es la evaluación de una magnitud hecha según su relación con otra magnitud de la misma especie adoptada como unidad. Tomar la medida de una magnitud es compararla con la unidad de su misma especie, para determinar cuántas veces ésta se halla contenida en aquella.

La medición se puede dividir en directa e indirecta o por comparación. Los instrumentos de medición directa se colocan 'directamente' sobre la pieza a medir, como es el caso de un calibrador Pie de Rey o un Micrómetro. La medición indirecta utiliza métodos ópticos, electrónicos, neumáticos para obtener la dimensión final de una pieza.

Clasificación de los instrumentos de medición

Diagrama: 4 Clasificación de los instrumentos de medición



Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de medición se debe tener presente las siguientes definiciones:

Unidad: es la magnitud de una cantidad con la cual se expresan magnitudes de otras cantidades de la misma clase.

Patrón: algo definido y establecido por una autoridad como regla para la medida de una cantidad, peso, extensión, valor o cantidad. También, se puede considerar como la materialización de la unidad.

El proceso de medición constituye principalmente las siguientes partes:

- Calibración del instrumento
- Lectura

Precisión: es la habilidad que caracteriza a un instrumento para reproducir indicaciones aproximadas al valor verdadero de la magnitud medida, con una exactitud dada.

Exactitud: indica la desviación de la lectura con respecto a una entrada o valor conocido, es igualmente la proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero. Comúnmente se expresa en porcentaje (%) de la lectura de la escala total, pero igualmente puede ser expresada en unidades de ingeniería conociendo el valor total de la escala.

La exactitud se puede mejorar por medio de la calibración pero no va más allá de la precisión del instrumento, es decir, la precisión de un instrumento nunca puede ser mayor que la exactitud.

Instrumento de medición exacto: es todo instrumento de medición en el cual al realizar una serie de mediciones sucesivas en un mismo valor de su escala de medición, se observa que todas las mediciones realizadas, se acercan o son iguales al valor verdadero.

Instrumento de medición inexacto: es todo instrumento de medición en el cual al realizar una serie de mediciones sucesivas en un mismo valor de su escala de medición, se observa que en todas las mediciones realizadas ninguna se acerca ni es igual al valor verdadero.

Instrumento de medición preciso: es todo instrumento de medición en el cual al realizar una serie de mediciones sucesivas, en un mismo valor de su escala de medición, se observa que todas las medidas realizadas indican valores cercanos o iguales entre sí, pero no necesariamente indican valores cercanos o iguales al valor verdadero.

Instrumento de medición impreciso: es todo instrumento de medición en el cual al realizar una serie de mediciones sucesivas en un mismo valor de su escala de medición se observa que todas las medidas realizadas indican valores diferentes y dispersos entre sí.

El concepto de precisión y exactitud se puede entender con el siguiente ejemplo que tiene la relación con un juego de tiro al blanco.

Diagrama: 5 Precisión y Exactitud



Fuente: Elaboración propia

Tipos de instrumentos de medición

3.1. Calibrador Pie de rey

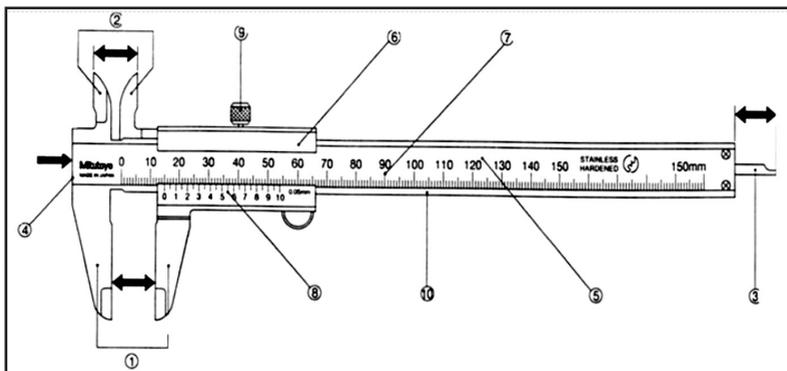
El primer Pie de rey fue diseñado por el francés Pierre Vernier aplicando el sistema de doble escala inventado por el Portugués Nonius, un siglo antes.

El calibrador vernier fue elaborado para satisfacer la necesidad de un instrumento de lectura directa que pudiera brindar una medida fácilmente, en una sola operación. El calibrador típico puede tomar tres tipos de mediciones como: medidas externas, medidas internas y mediciones de profundidad y en algunos se pueden tomar mediciones de escalones o peldaños.

Calibradores Pie de rey con Vernier⁸: son instrumentos de medición que sirven para determinar medidas internas, externas, de profundidad y de resalto o escalones en algunos casos, son de ajuste fino y fabricados en acero inoxidable endurecido con acabados en cromo, sus rangos pueden ir desde los 100 mm hasta 1000 mm y su resoluciones son de 0,01 mm, 0,02 mm, 0,05 mm, 0,1 mm y 0,5 mm.

Parte de un Pie de rey

Figura: 1 Partes de un Pie de rey



Fuente: Catálogo de instrumentos de medición - MITUTOYO

⁸ PIERRE VERNIER: matemático francés inventor de instrumentos de medida de gran precisión como la escala vernier para medir longitudes (calibre o pie de rey).

BIBLIOGRAFÍA

Giacomo P. *The new definition of the meter*. Am. J. Phys. 52 (7) July (1984), pág. 607-613

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *NTC ISO 4303 (1997): Pie de Rey. Requisitos y ensayos*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *NTC 4352 (1997): Micrómetros para medición de exteriores, construcción normal, conceptos, requisitos y ensayos*: Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *NTC 4219 (1997): Comparadores de carátula de precisión con indicación mecánica*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *NTC 4313 (1998): Comparadores de carátula*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (1987). *NTC 1724: Metrología. Cintas Métricas Comerciales*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (2002). *NTC 2031: Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, Requisitos metrológicos, técnicos y ensayos*. Bogotá: ICONTEC, 88p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (1987). *NTC 2262: Metrología, Características metrológicas de los elementos sensores elásticos usados para medición de presiones, métodos de determinación*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (1987). *NTC 2263: Indicadores de presión, manómetros de vacío y manómetros de presión – vacío para usos generales*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (1988). *NTC 1420: Manómetros de tubo bourdon para uso industrial*. Bogotá: ICONTEC.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (2007). *NTC ISO 7500-1: Verificación de máquinas para ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: máquinas de ensayo de tensión–compresión. Verificación y calibración del sistema de medición de fuerza*: Bogotá: ICONTEC.

MITUTOYO. *Catálogo de equipos para longitud* (Página web). Disponible en www.fal.com.mx/mitutoyo.html. Fecha de consulta: 16 marzo de 2011.

Mulero A., Suero M.A., Vielba A., Cuadros F. (2002) *El Sistema Internacional de Unidades... en el supermercado*. Revista Española de Física, Vol. 16, núm. 5, pág. 41-45.

Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

Sistema Internacional de Unidades. (Artículo web). Disponible en: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm. Fecha de consulta: 16 marzo 2011.

Universidad del Valle. *Memorias del seminario sobre Metrología aplicada a la industria*. Grupo de Investigación en Alta Tensión. Santiago de Cali: Abril 16 y 17 de 1998.



METROLOGÍA: Aseguramiento metrológico industrial Tomo II
Se terminó de imprimir en Cadena, en el mes de diciembre de 2011.

Para su elaboración se utilizó bond alta blancura 75 gramos
en páginas interiores, y propalcote 240 gramos en la carátula.

Fuente tipográfica: Times New Roman para texto corrido,
en 11 puntos, títulos 14 puntos.