

JAIME RESTREPO DÍAZ

METROLOGÍA

Aseguramiento metrológico industrial

Tomo III

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL
TOMO III

JAIME RESTREPO DÍAZ





INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
Institución Universitaria

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL. TOMO III
Jaime Restrepo Díaz

1a. Edición: Febrero de 2010
© Jaime Restrepo Díaz
© Instituto Tecnológico Metropolitano

ISBN: 978-958-8351-84-1
Hechos todos los depósitos legales

Dirección editorial
JAIRO OSORIO GÓMEZ

Corrección de textos
LUCÍA INÉS VALENCIA

Diagramación y montaje
L. Vieco e Hijas Ltda.

Impreso y hecho en Medellín, Colombia

*Las opiniones, originalidad y citas del texto son responsabilidad del autor.
El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo
tanto, ella recaerá única y exclusivamente en el autor.*

Instituto Tecnológico Metropolitano
Calle 73 No. 76A 354
Tel.: (574) 440 51 60
Fax: 440 52 52
www.itm.edu.co
Medellín - Colombia

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. MAGNITUDES.....	17
Magnitud (mensurable)	17
Magnitud derivada	18
Dimensión de una magnitud	18
Magnitud de dimensión uno o magnitud adimensional.....	18
Valor de una Magnitud	19
Valor verdadero de una magnitud.....	19
Valor convencionalmente verdadero de una magnitud.....	20
Valor numérico de una magnitud.....	20
Escala convencional de referencia.....	20
2. MEDICIONES.....	23
Medición.....	23
Metrología	23
Principio de medida.....	23
Base científica de una medición	23
Método de medida	24
Procedimiento de medida	24
Mensurando	24
Magnitud de influencia.....	25
Señal de medida.....	25
Valor transformado (de un mensurando).....	25
3. RESULTADOS DE MEDICIÓN.....	27
Resultado de una medición.....	27
Indicación (de un instrumento de medida).....	28
Resultado sin corregir.....	28
Resultado corregido.....	28
Exactitud de medida	28

Repetibilidad de los resultados de las mediciones	28
Reproducibilidad de los resultados de las mediciones	29
Error de medida	29
Desviación	30
Error relativo	30
Error aleatorio	30
Error sistemático	30
Corrección	30
Factor de corrección	31
Instrumento de medida, aparato de medida	31
Medida materializada	31
Transductor de medida	32
Cadena de medida	32
Sistema de medida	32
Instrumento (de medida) visualizador	33
Instrumento (de medida) registrador	33
Instrumento (de medida) totalizador	34
Instrumento (de medida) integrador	34
Instrumento de medida (con indicación) analógico	34
Instrumento de medida (con indicación) digital	34
Dispositivo visualizador, dispositivo indicador	35
Dispositivo registrador	35
Sensor	35
Detector	36
Índice	36
Escala de un instrumento de medida	36
Longitud de escala	37
Rango de indicación	37
División de escala	37
Longitud de una división de escala	37
Escalón, valor de una división de escala	37
Escala lineal	38
Escala no lineal	38
Escala con cero decalado	38
Escala expandida	38
Dial	38

	Numeración de una escala	39
	Marcado de escala de un instrumento de medida	39
	Ajuste de un instrumento de medida	39
	Reglaje de un instrumento de medida	39
4.	CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA	41
	Rango nominal	41
	Intervalo de medida	41
	Valor nominal	41
	Rango de medida	42
	Condiciones nominales de funcionamiento	42
	Condiciones límite	42
	Condiciones de referencia	42
	Constante de un instrumento	43
	Respuesta característica	43
	Sensibilidad	43
	Umbral de discriminación	44
	Resolución de un dispositivo visualizador	44
	Zona muerta	44
	Estabilidad	44
	Transparencia	45
	Deriva	45
	Tiempo de respuesta	45
	Exactitud de un instrumento de medida	45
	Clase de exactitud	45
	Error de indicación de un instrumento de medida	46
	Errores máximos permitidos de un instrumento de medida, límites de error permitidos (de un instrumento de medida)	46
	Error en un punto de control de un instrumento de medida	46
	Error de cero de un instrumento de medida	46
	Error intrínseco de un instrumento de medida	46
	Error convencional reducido de un instrumento de medida	46
5.	TEMPERATURA	49
	Diferencia entre calor y temperatura	53
	Medición de temperatura	55
	Relación de la temperatura	57

Termodinámica	58
Primera ley de la termodinámica.....	61
Segunda ley de la termodinámica.....	64
Tercera ley de la termodinámica.....	67
Calor y temperatura	68
Escalas de medición de la temperatura.....	70
Teoría cinética de los gases	71
Termometría.....	72
Equipos	72
Termómetros de vidrio.....	73
Termometría eléctrica	75
Conversión de grados Fahrenheit a Centígrados	76
Conversión de grados Centígrados a Fahrenheit	76
Termocuplas.....	76
RTD	77
Termistores	77
Circuito Integrado.....	77
RTDs.....	78
Termistores (Coeficiente negativo de temperatura).....	78
Ventajas de los sensores de circuito integrado	79
Desventajas.....	79
Ventajas.....	80
Desventajas.....	80
Aplicaciones	81
Generalidades	81
Termómetro de resistencia de níquel	82
Termómetro de resistencia de cobre	83
Termómetros de resistencia de platino	83
Proceso de calibración	83
Calibración mediante el método de comparación.....	86
Mediciones de la temperatura sin paso de corriente.....	92
Calibración conjunto Indicador-Sensor	94
Cálculo del error	95
Procedimiento de calibración de un sistema de temperatura en hornos túnel	95
Criterios a tener en cuenta para la calibración de	

equipos de temperatura en un laboratorio metrológico o lugar de operación	98
Pasos para la calibración	99
Cálculo de errores.....	100
Incertidumbre de la medición Tipo A	101
Incertidumbre de la medición Tipo B.....	101
Incertidumbre de la medición combinada	102
Incertidumbre de la medición expandida o total	102
Verificación de resultados.....	102
Certificado de calibración.....	104
Método de calibración	105
Incertidumbre de la medición.....	105
Registro de calibración	106
6. MEDICIONES ELÉCTRICAS.....	109
Instrumentos de medición análogos	109
Movimiento del galvanómetro de D'Arsonval.....	109
Movimiento del sistema electrodinámico.....	111
Símbolos para los instrumentos de medida análogos	113
Los principales sistemas que se representan por símbolos en los instrumentos análogos	113
Instrumentos digitales.....	113
Número de dígitos	114
Resolución	115
Funcionamiento	116
Errores de los instrumentos de medida.....	117
Especificaciones de exactitud de los instrumentos análogos.....	120
Especificaciones de exactitud de los instrumentos digitales	121
Física eléctrica.....	124
Clases de corriente eléctrica	125
Magnitudes eléctricas fundamentales.....	126
Unidades del Sistema Internacional SI.....	129
El voltímetro siempre se conecta en paralelo a la fuente o carga.	129
Proceso de calibración.....	130
Procedimiento de calibración de un voltímetro análogo	133
Calculo de errores.....	134
Para instrumentos análogos	134

	Corrección a la indicación	134
	Incertidumbre de la medición Tipo A	135
	Incertidumbre de la medición Tipo B	136
	Incertidumbre de la medición combinada	136
	Incertidumbre de la medición expandida o total	136
	Verificación de resultados.....	137
	Certificado de calibración.....	138
	Método de calibración	139
	Incertidumbre de la medición	139
	Registro de calibración	140
7.	VOLUMETRÍA.....	143
	Volumen	143
	Capacidad	143
	Flujo.....	143
	Unidades de medida	143
	Unidades que no pertenecen al Sistema Internacional de	
	Unidades (SI), pero que son de amplio uso en Colombia	144
	Métodos de medición	144
	Método gravimétrico	145
	Volumen del líquido contenido en un recipiente	145
	Valor de las densidades.....	146
	Coefficiente de expansión térmica k.....	147
	Tabla: Densidad del agua libre de aire	148
	Tabla: Densidad del aire seco	150
	Método geométrico.....	151
	Instrumento volumétricos de laboratorio.....	152
	Balones volumétricos	152
	Probetas	153
	Pipetas.....	154
	Buretas.....	155
	Pipetas de émbolo.....	155
	Dispensadores.....	156
	Recipientes volumétricos metálicos (RVM).....	156
	Tanques medidores de volumen	156
	Instrumentos de medición dinámica de volumen	156
	Flujómetro	157

	Contadores o medidores	157
	Calibración de instrumentos volumétricos	158
	Incertidumbre de la medición Tipo A	160
	Incertidumbre de la medición Tipo B.....	160
	Incertidumbre de la medición combinada	161
	Incertidumbre de la medición expandida o total	161
	Certificado de calibración.....	162
	Método de calibración	163
	Incertidumbre de la medición	163
	Registro de calibración para recipientes volumétricos	164
8.	HIGROMETRÍA.....	167
	Líneas de humedad absoluta o específica.....	170
	Líneas de humedad relativa	171
	Líneas de temperatura del bulbo seco constante	172
	Líneas de temperatura de bulbo húmedo constantes	173
	Líneas de volumen específico constante	174
	Líneas de entalpía	175
	Líneas de temperatura punto de rocío	176
	Temperatura de bulbo seco de la mezcla = 29.64°C	183
	Atmósfera	184
	Composición del aire seco (sin vapor de agua).....	184
	El aire húmedo.....	184
	Temperatura de bulbo seco	185
	Temperatura de bulbo húmedo	185
	Temperatura de punto de rocío	186
	Humedad específica.....	186
	Humedad relativa	186
	Volumen específico.....	186
	Calor sensible	186
	Calor latente.....	187
	Calor total	187
	Procedimiento de calibración de un termohigrómetro	187
	Método de calibración: por comparación	187
	Calibración	189
	Toma de datos.....	190
	Parámetros para elaboración del informe	190

Error.....	191
Incertidumbre de la medición Tipo A.....	191
Incertidumbre de la medición Tipo B.....	191
Incertidumbre de la medición combinada.....	192
Incertidumbre de la medición expandida o total.....	192
Certificado de calibración.....	193
Método de calibración.....	194
Incertudumbre de la medición.....	194
Registro de calibración de termohigrómetro.....	195
BIBLIOGRAFÍA.....	197

INTRODUCCIÓN

La Metrología es la ciencia de la medida. Tiene por objeto el estudio de los sistemas de medida en cualquier campo de la ciencia. También tiene como objetivo que se cumpla con la calidad de los procesos y los productos. Además presenta dos características muy importantes, como son: el RESULTADO DE LA MEDICIÓN y la INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN.

La industria utiliza una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo sus mediciones. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros, termómetros, multímetros, probetas, higrómetros; hasta potentes microscopios, medidores de láser e incluso aceleradores de partículas.

Por otra parte, la Metrología es parte fundamental de lo que en los países industrializados se conoce como “*Infraestructura Nacional de la Calidad*” (Clemens Sanetra y Rocío M. Marbán - 2001) compuesta además por las actividades de: normalización, inspección, ensayos, certificación y acreditación, que a su vez son dependientes de las actividades metrológicas que aseguran la exactitud de las mediciones que se efectúan, cuyos resultados son la evidencia para las certificaciones.

Esta ciencia permite asegurar la comparabilidad nacional e internacional de las mediciones y, por tanto, la intercambibilidad de los productos local, regional, nacional, e internacionalmente.

La Metrología tiene inmenso impacto en la sociedad. En cada compañía, instituto u otra

organización comercial, conceptos como: *seguridad*, *eficiencia*, *confiabilidad*, *exactitud* y *precisión* son de gran importancia en el desarrollo de sistemas que garantizan la calidad del producto. Exactitud y precisión de la medición son partes esenciales del proceso de medición.

1. MAGNITUDES

- **MAGNITUD (MENSURABLE)**

La magnitud es conocida como el atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente. El término “MAGNITUD” puede referirse a una magnitud en sentido general o a una magnitud en sentido particular.

Ejemplo:

Magnitudes en sentido general: longitud, tiempo, masa, temperatura, resistencia eléctrica, volumen, humedad, concentración en cantidad de sustancia.

Magnitudes particulares: longitud de una varilla determinada, resistencia eléctrica de un hilo conductor determinado, concentración en cantidad de sustancia de etanol en una muestra dada de vino, volumen de un líquido, porcentaje de humedad relativa en un laboratorio, etc.

Las magnitudes que pueden clasificarse unas con respecto a otras en orden creciente (o decreciente) se denominan magnitudes de la misma naturaleza.

Las magnitudes de la misma naturaleza pueden agruparse juntas en categorías de magnitudes, por ejemplo: trabajo, calor, energía, espesor, circunferencia, longitud de onda.

Sistema de magnitudes: Conjunto de magnitudes, en sentido general, entre las cuales existen relaciones definidas.

Magnitud básica: Cualquiera de las magnitudes que, en un sistema de magnitudes, se aceptan por convenio como funcionalmente independientes las unas de las otras.

Ejemplo:

Las magnitudes longitud, masa y tiempo son generalmente tomadas como magnitudes básicas en el campo de la mecánica.

- **MAGNITUD DERIVADA**

Magnitud definida, en un sistema de magnitudes, como una función de las magnitudes básicas de este sistema.

Ejemplo:

En un sistema que tiene como unidades básicas la longitud, la masa y el tiempo, la velocidad es una magnitud derivada definida como el cociente de la longitud por el tiempo.

DIMENSIÓN DE UNA MAGNITUD

Expresión que representa una magnitud de un sistema de magnitudes como el producto de potencias de factores que representan las magnitudes básicas de este sistema.

Ejemplos:

En un sistema que tiene como unidades básicas la longitud, la masa y el tiempo, cuyas dimensiones se designan respectivamente por L, M y T, la dimensión de la fuerza es LMT⁻².

En este mismo sistema de magnitudes, ML⁻³ es la dimensión tanto de la concentración en masa como la densidad de masa.

MAGNITUD DE DIMENSIÓN UNO O MAGNITUD ADIMENSIONAL

Magnitud en cuya expresión dimensional todos los exponentes de las dimensiones de las magnitudes básicas se reducen a cero.

Ejemplos:

Dilatación lineal relativa, factor de rozamiento, número de Mach, índice de refracción, fracción molar, fracción en masa.

- **VALOR DE UNA MAGNITUD**

Expresión cuantitativa de una magnitud particular, generalmente en forma de una unidad de medida multiplicada por un número.

Ejemplos:

- Longitud de una varilla 2,25 mm ó 225 cm
- Masa de un cuerpo: 0,528 kg ó 528 g;
- Cantidad de sustancia de una muestra de agua (H₂O): 0,025 mol ó 25 mol.

OBSERVACIONES

- El valor de una magnitud puede ser positivo, negativo o nulo.
- El valor de una magnitud puede expresarse en más de una forma.
- Los valores de las magnitudes de dimensión uno se expresan generalmente en forma de números.
- Ciertas magnitudes, para las que no se puede definir su relación con la unidad, pueden expresarse por referencia a una escala convencional de referencia o a un procedimiento de medida especificado, o a ambos.

- **VALOR VERDADERO DE UNA MAGNITUD**

- Es el valor en consistencia con la definición de una magnitud particular dada.

OBSERVACIONES

- Es un valor que se obtendría por una medición perfecta.
- Todo valor verdadero es por naturaleza indeterminado.

- Es mejor utilizar en conjunción con ‘valor verdadero’ el artículo indefinido ‘un’ que el artículo definido ‘el’ porque el valor verdadero puede tener varios valores que se correspondan con la definición de una magnitud particular dada.

- **VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO DE UNA MAGNITUD**

Valor atribuido a una magnitud particular y aceptado, algunas veces por convenio, como teniendo una incertidumbre apropiada para un uso dado.

Ejemplos:

En un lugar dado, el valor atribuido a la magnitud realizada por un patrón de referencia puede ser tomado como un valor convencionalmente verdadero.

El valor de la constante de Avogadro, $N_A = 6,022\ 136\ 7 \times 10^{23}$ mol⁻¹, recomendado por CODATA (1986)

- El valor convencionalmente verdadero es denominado, a veces, valor asignado, mejor estimación del valor, valor convencional o valor de referencia.
- A menudo se utiliza un gran número de resultados de medida de una magnitud para establecer un valor convencionalmente verdadero.

- **VALOR NUMÉRICO DE UNA MAGNITUD**

Corresponde al número que multiplica a la unidad de medida en la expresión del valor de una magnitud

- **ESCALA CONVENCIONAL DE REFERENCIA**

Para magnitudes particulares de una naturaleza dada, conjunto ordenado de valores, continuo o discreto, definido por convenio

como referencia para clasificar en orden creciente o decreciente las magnitudes de esta naturaleza.

Ejemplos:

- La escala de dureza de Mohs
- La escala de pH en química
- La escala de índices de octano para los carburantes

2 MEDICIONES

- **MEDICIÓN**

Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud.

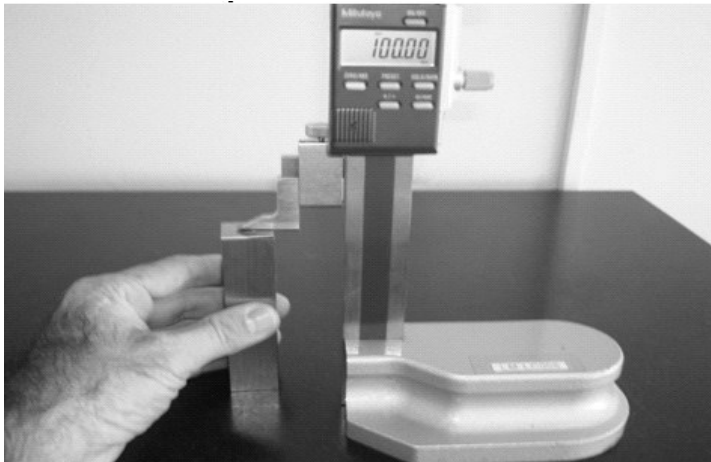


Foto del autor

- **METROLOGÍA**

La metrología comprende todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, que se refieren a las mediciones, cualesquiera que sean sus incertidumbres, y en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar.

PRINCIPIO DE MEDIDA

BASE CIENTÍFICA DE UNA MEDICIÓN

Ejemplos:

- El efecto termoelectrónico utilizado para la medición de la temperatura

- El efecto JOSEPHSON utilizado para la medición de la tensión eléctrica
- El efecto DOPPLER utilizado para la medición de la velocidad
- El efecto RAMAN utilizado para la medición del número de ondas de las vibraciones moleculares.

MÉTODO DE MEDIDA

Sucesión lógica de las operaciones, descritas de una forma genérica, utilizadas en la ejecución de las mediciones.

El método de medida puede ser calificado de diversas formas tales como:

- Método de sustitución
- Método diferencial
- Método de cero

PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Conjunto de operaciones, descritas de forma específica, utilizadas en la ejecución de mediciones particulares según un método dado.

El procedimiento de medida está habitualmente descrito en un documento a menudo él mismo denominado ‘procedimiento de medida’ (o ‘método de medida’) que da suficientes detalles para que un operador pueda efectuar una medición sin necesidad de otras informaciones.

MENSURANDO

Magnitud particular sometida a medición.

Ejemplo:

Volumen de un líquido (muestra dada de agua) a una temperatura de 20 °C.

La definición del mensurando puede necesitar indicaciones relativas a magnitudes tales como el tiempo, la temperatura y la presión.

MAGNITUD DE INFLUENCIA

Magnitud que no es el mensurando o (medida que se requiere tomar) pero que tiene un efecto sobre el resultado de la medición.

Ejemplos:

- Temperatura de un pie de rey en la medida de una longitud
- Frecuencia en la medida de la amplitud de una tensión eléctrica alterna
- Concentración de bilirrubina en la medida de la concentración de hemoglobina en una muestra de plasma sanguíneo humano
- Porcentaje humedad relativa del laboratorio de metrología en la calibración de un determinado equipo de longitud

SEÑAL DE MEDIDA

Magnitud que representa al mensurando y con el que está funcionalmente relacionado.

Ejemplos:

- La señal eléctrica de salida de un transductor de presión
- La frecuencia dada por un convertidor de tensión-frecuencia
- La fuerza electromotriz de una célula electroquímica de concentración que se utiliza para medir la diferencia de una concentración

VALOR TRANSFORMADO (DE UN MENSURANDO)

Valor de una señal de medida que representa a un mensurando dado.

3. RESULTADOS DE MEDICIÓN

- RESULTADO DE UNA MEDICIÓN

Valor atribuido a un mensurando, obtenido mediante el proceso de la medición.

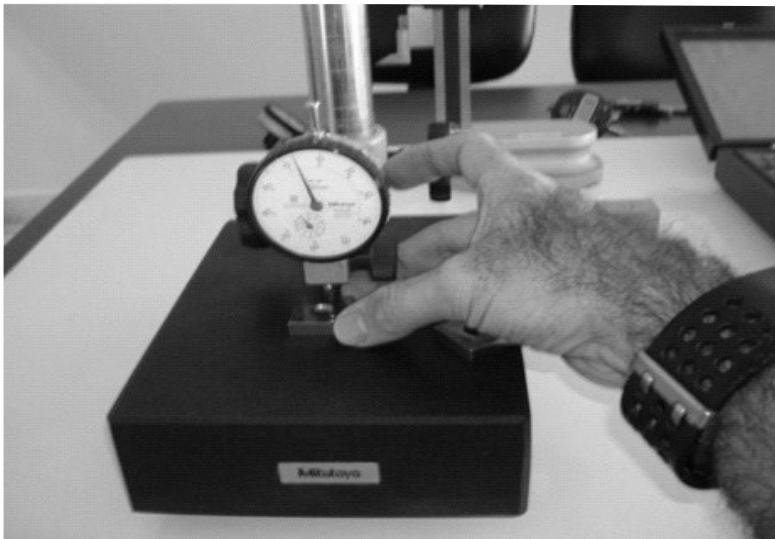


Foto del autor

OBSERVACIONES

Cuando se da un resultado, se indicará claramente si se refiere:

- A la indicación
- Al resultado sin corregir
- Al resultado corregido y si aquél proviene de una media obtenida a partir de varios valores.

Una expresión completa del resultado de una medición incluye información sobre la incertidumbre de medida.

INDICACIÓN (DE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA)

Valor de una magnitud dado por un instrumento de medida.

- El valor leído sobre el dispositivo visualizador puede denominarse indicación directa; la cual deberá multiplicarse por la constante del instrumento para obtener la indicación.
- La magnitud puede ser el mensurando, una señal de medida o cualquier otra magnitud utilizada para calcular el valor del mensurando.
- Para una medida materializada, la indicación es el valor que le es asignado.

RESULTADO SIN CORREGIR

Resultado de una medición antes de la corrección del error sistemático.

RESULTADO CORREGIDO

Resultado de una medición después de la corrección del error sistemático.

EXACTITUD DE MEDIDA

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

- El concepto ‘exactitud’ es cualitativo.
- El término ‘precisión’ no debe utilizarse por ‘exactitud’.

REPETIBILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Grado de concordancia entre resultados de sucesivas mediciones del mismo mensurando, mediciones efectuadas con aplicación de la totalidad de las mismas condiciones de medida.

Estas condiciones se denominan condiciones de repetibilidad, las condiciones de repetibilidad comprenden el mismo procedimiento de medida, el mismo observador, el mismo instrumento de medida utilizado en las mismas condiciones, el mismo lugar, repetición durante un corto periodo de tiempo. La Repetibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de dispersión de los resultados.

REPRODUCIBILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Grado de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, mediciones efectuadas bajo diferentes condiciones de medida.

Para que una expresión de la Reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que han variado.

Las condiciones variables pueden comprender, principio de medida, método de medida, observador, instrumento de medida, patrón de referencia, lugar de medida, condiciones de uso y tiempo de prueba.

La reproducibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de dispersión de los resultados. Los resultados aquí considerados son habitualmente resultados corregidos.

ERROR DE MEDIDA

Resultado de una medición menos un valor verdadero del mensurando. Considerando que un valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero.

Cuando sea necesario hacer la distinción entre ‘error’ y ‘error relativo’, el primero es a veces denominado ‘error absoluto de medida’.

DESVIACIÓN

Valor menos su valor de referencia.

ERROR RELATIVO

Relación entre el error de medida y un valor verdadero del mensurando. Considerando que un valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero

ERROR ALEATORIO

Resultado de una medición menos la media de un número infinito de mediciones del mismo mensurando, efectuadas bajo condiciones de Repetibilidad.

El error aleatorio es igual al error menos el error sistemático.

Como no pueden hacerse más que un número finito de mediciones, solamente es posible determinar una estimación del error aleatorio.

ERROR SISTEMÁTICO

Media que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mensurando efectuadas bajo condiciones de Repetibilidad, menos un valor verdadero del mensurando.

El error sistemático es igual a error menos el error aleatorio. El valor verdadero, como el error sistemático y sus causas, no pueden ser conocidos completamente.

CORRECCIÓN

Valor sumado algebraicamente al resultado sin corregir de una medición para compensar un error sistemático.

La corrección es igual al opuesto del error sistemático estimado, puesto que el error sistemático no puede conocerse perfectamente, la compensación no puede ser completa.

FACTOR DE CORRECCIÓN

Factor numérico por el que se multiplica el resultado sin corregir de una medición para compensar un error sistemático.

INSTRUMENTO DE MEDIDA, APARATO DE MEDIDA

Dispositivo destinado a utilizarse para hacer mediciones, sólo o asociado a uno o varios dispositivos anexos.



Foto del autor

MEDIDA MATERIALIZADA

Dispositivo destinado a reproducir o a proporcionar, de una manera permanente durante su utilización, uno o varios valores conocidos de una magnitud dada.

- Masa contrastada
- Medida de volumen (de uno o varios valores, con o sin escala)
- Resistencia eléctrica patrón
- Bloque patrón
- Generador de señales patrón
- Material de referencia

La magnitud en cuestión puede denominarse magnitud proporcionada.

TRANSDUCTOR DE MEDIDA

Dispositivo que hace corresponder a una magnitud de entrada otra de salida según una ley determinada.

- Termopar
- Transformador de intensidad
- Galga extensométrica
- Electrodo de PH

CADENA DE MEDIDA

Serie de elementos de un instrumento de medida o de un sistema de medida que constituye el camino que recorre la señal de medida desde la entrada hasta la salida.

Ejemplo:

Una cadena de medida electroacústica comprendiendo un micrófono, un atenuador, un filtro, un amplificador y un voltímetro.

SISTEMA DE MEDIDA

Conjunto completo de instrumentos de medida y otros equipos ensamblados para ejecutar mediciones específicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ELIZONDO DECANINI, Alfredo. Manual de aseguramiento metrológico industrial. México: Ediciones Castillo, 1996.
- GIACOMO P. *The new definition of the meter*. AM. J. Phys. 52 (7) July 1984. pp. 607-613.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Carlos y ZELENY VÁSQUEZ, Ramón. *Metrología*. Segunda edición. México: McGraw-Hill, 1998.
- INALCEC: Servicio de Capacitación Metrología. *Memoria de pasantía en metrología eléctrica*. Medellín, 1999.
- MARBÁN M., Rocío y PELLECCER, Julio A. *Metrología para no metrólogos*. Segunda edición. Guatemala: Sistema Interamericano de Metrología SIM, 2002. p. 129.
- MULERO A., SUERO M.A., VIELBA A., CUADROS F. *El sistema internacional de unidades en el supermercado*. Revista Española de Física, Vol 16, Nº 5, 2002. pp. 41-45.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. *Memoria de pasantía en volumetría de vidrio*. Bogotá, 2001.
- SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. *Memoria de pasantía en higrometría*. Bogotá, 2003.
- THERMOMETRIC S.A. TERMOMETRÍA ELÉCTRICA. *Memoria de pasantías en termometría*. Bogotá, 1999.



Aseguramiento metrológico industrial. Tomo III
se terminó de imprimir en febrero de 2010.
Para su elaboración se utilizó papel Bond de 70 g,
en páginas interiores, y cartulina Propalcote 240 g para la carátula.
Las fuentes tipográficas empleadas son Times New Roman 12 puntos,
en texto corrido, y Myriad Pro 14 puntos en títulos.