

Guía Técnica sobre Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en los Servicios de Calibración de Máquinas de Medición del Número de Dureza por el Método Rockwell, Mediante el Principio de Penetración, Utilizando la Calibración Indirecta

México, Diciembre de 2013

Derechos reservados ©

PRESENTACIÓN

Durante la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios de calibración y de ensayo, la demostración de la trazabilidad metrológica y la estimación de la incertidumbre de medida, requiere la aplicación de criterios técnicos uniformes y consistentes.

Con el propósito de asegurar la uniformidad y consistencia de los criterios técnicos en la evaluación de la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de medida, la entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema), solicitó al Centro Nacional de Metrología que encabezara un programa de elaboración de Guías Técnicas de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida.

Los Comités de Evaluación, a través de los Subcomités de los Laboratorios de Calibración y de Ensayo, se incorporan a este programa y su participación está orientada a transmitir sus conocimientos y experiencias técnicas en la puesta en práctica de las Políticas de Trazabilidad y de Incertidumbre establecidas por ema, mediante el consenso de sus grupos técnicos de apoyo. La incorporación de estos conocimientos y experiencias a las Guías, las constituyen en referencias técnicas para usarse en la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios de calibración y ensayo.

En este programa, el CENAM se ocupa, entre otras actividades, de coordinar el programa de las Guías Técnicas, proponer criterios técnicos sobre la materia, validar los documentos producidos, procurar que todas las opiniones pertinentes sean apropiadamente consideradas en los documentos, apoyar la elaboración de las Guías con eventos de capacitación, asegurar la consistencia de las Guías con los documentos de referencia indicados al final de este documento.

La elaboración de las Guías está vinculada con la responsabilidad que comparten mutuamente los laboratorios acreditados de calibración y de ensayo, de ofrecer servicios con validez técnica en el marco de la evaluación de la conformidad. La calidad de estos servicios se apoya en la confiabilidad y uniformidad de las mediciones, cuyo fundamento está establecido en la trazabilidad metrológica y en la incertidumbre de medida de las mismas. Los que ejercitan la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios, así como los que realizan la práctica rutinaria de los servicios acreditados de calibración y ensayo, encontrarán en las Guías una referencia técnica de apoyo para el aseguramiento de las mediciones.

Las Guías Técnicas de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida no reemplazan a los documentos de referencia en que se fundamentan las políticas de trazabilidad e incertidumbre de ema. Las Guías aportan criterios técnicos que servirán de apoyo a la aplicación de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006. La consistencia de las Guías con esta norma y con los demás documentos de referencia, permitirá conseguir el propósito de asegurar la confiabilidad de la evaluación de la conformidad por parte de los laboratorios de calibración y ensayo.

Diciembre 2013

Dr. Héctor O. Nava Jaimes

Director General

Centro Nacional de Metrología

María Isabel López Martínez

Directora Ejecutiva

entidad mexicana de acreditación, a.c.

GRUPO DE TRABAJO

QUE PARTICIPÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTA GUÍA TÉCNICA

ESPARZA Ramírez, Alfredo,	CENAM
GUIZAR López Hermosa, Alberto,	Representaciones y Distribuciones FAL S.A. de C.V.
PONCE Arredondo, Javier,	Control y Medición, Laboratorios Metrológicos S.A. de C.V.
GÓMEZ Jasso, Olimpo Manuel,	Calibración Nacional Mexicana, S.A. de C.V.

En la revisión 2013 de esta guía técnica, participaron los integrantes del Subcomité de Laboratorios de Calibración de Propiedades de los Materiales y Analizadores Específicos de ema.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	2
GRUPO DE TRABAJO	4
1. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA	6
2. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA	6
3. MENSURANDO.....	6
4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN	7
5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA	9
6. TRAZABILIDAD METROLÓGICA DE LAS MEDICIONES	10
7. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA.....	13
8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN (MDCT)	15
9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN	15
10. REFERENCIAS	17

1. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA

Establecer criterios y requisitos para la calibración de máquinas de medición del número de dureza por el método Rockwell, mediante el principio de penetración, utilizando la calibración indirecta, a fin de lograr mediciones con trazabilidad metrológica e incertidumbres de medida confiables.

Esta guía es una recomendación del subcomité de laboratorios de calibración de propiedades de los materiales y analizadores específicos de la ema y cualquier modificación deberá analizarse por el cuerpo colegiado correspondiente.

Esta guía establece los requisitos técnicos mínimos que debe de cumplir el laboratorio que pretenda realizar el servicio aquí indicado.

El proceso de evaluación del laboratorio no es una asesoría y por lo tanto el evaluado es responsable de demostrar que satisface sistemáticamente los requisitos para ofrecer servicios de calibración técnicamente válidos y trazables.

Esta guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida, pretende facilitar la aplicación de las normas NMX-EC-17025-IMNC-2006 [2], NMX-CH-140-IMNC-2002 [6], sin sustituirlas ni modificarlas.

2. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA

Esta guía establece los requisitos mínimos para la calibración de máquinas de medición del número de dureza por el método Rockwell (por penetración), utilizando la calibración indirecta, que aseguren la trazabilidad metrológica y uniformidad en la estimación de la incertidumbre de medida.

3. MENSURANDO

Es el número de dureza (HRX: donde H indica número de dureza; R es el método utilizado - Rockwell; y X es la escala utilizada).

Por ejemplo: HRC indica número obtenido por el método Rockwell en la escala C.
--

Este número se obtiene de la aplicación de una fuerza determinada sobre un material de referencia certificado, a través de un penetrador de geometría establecida durante un ciclo de prueba determinado.

3.1. Alcance típico de medición

El alcance para cada una de las escalas de dureza Rockwell, se especifica en la tabla 1 que se encuentra en la sección 4.3 de esta guía técnica.

3.2. Incertidumbre de medida esperada

La incertidumbre de medida resultante no podrá ser menor que la incertidumbre de medida de los patrones (material de referencia certificado), utilizados en la calibración.

4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

A continuación se especifican los criterios que deben ser considerados para realizar la calibración de máquinas de medición del número de dureza por el método Rockwell.

4.1. Método de medición

Método de calibración indirecto: Consiste en comparar con al menos tres materiales de referencia certificados, en este caso bloques de referencia certificados en su valor de dureza, con trazabilidad metrológica a la definición de la magnitud de dureza y con referencia a patrones primarios de dureza.

4.2. Documentos de consulta

- Norma ISO 6508-1: Metallic Materials - Rockwell hardness test: Part 1 Test Method (scales: A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).
- Norma ISO 6508-2: Metallic Materials - Rockwell hardness test: Part 2 Verification and calibration of testing machines (scales: A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).
- Norma ISO 6508-3: Metallic Materials - Rockwell hardness test: Part 3 Calibration of reference blocks (scales: A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).

4.3. Procedimiento de calibración

- a) Se requieren de 3 bloques de referencia certificados que cubran el alcance mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Alcances recomendados para las escalas del número de dureza Rockwell

Escala de dureza Rockwell	Intervalo de dureza del bloque de referencia	Escala de dureza Rockwell	Intervalo de dureza del bloque de referencia
A	(20 a 40) HRA (45 a 75) HRA (80 a 88) HRA	K	(40 a 60) HRK (65 a 80) HRK (85 a 100) HRK
B	(20 a 50) HRB (60 a 80) HRB (85 a 100) HRB	15 N	(70 a 77) HR15N (78 a 88) HR15N (85 a 91) HR15N
C	(20 a 30) HRC (35 a 55) HRC (60 a 70) HRC	30 N	(42 a 54) HR30N (55 a 73) HR30N (74 a 80) HR30N
D	(40 a 47) HRD (55 a 63) HRD (70 a 77) HRD	45 N	(20 a 31) HR45N (32 a 61) HR45N (63 a 70) HR45N

Escala de dureza Rockwell	Intervalo de dureza del bloque de referencia	Escala de dureza Rockwell	Intervalo de dureza del bloque de referencia
E	(70 a 77) HRE (84 a 90) HRE (93 a 100) HRE	15T	(73 a 80) HR15T (81 a 87) HR15T (88 a 93) HR15T
F	(60 a 75) HRF (80 a 90) HRF (94 a 100) HRF	30T	(43 a 56) HR30T (57 a 69) HR30T (70 a 82) HR30T
G	(30 a 50) HRG (55 a 75) HRG (80 a 94) HRG	45T	(12 a 33) HR45T (34 a 54) HR45T (55 a 72) HR45T
H	(80 a 94) HRG (96 a 100) HRG		

- b) Contar con un penetrador de diamante con punta esférica certificado con las siguientes características: Ángulo del cono 120° y radio de la punta esférica de 0.200 mm, de acuerdo a la norma ISO 6508-2 [15] o con un penetrador de bola de acero o acero endurecido de acuerdo a la norma ISO 6508-2 [15] con diámetro de 1.587 5 mm o 3.175 mm.
- c) Las condiciones de temperatura deberán ser de 10 °C a 35 °C. La calibración bajo condiciones controladas deberá realizarse en 23 °C ± 5 °C (para este último caso es la temperatura utilizada para comparaciones). Si la medición es realizada fuera de estos valores de temperatura, deberá ser indicado en el informe de calibración.
- d) La superficie del bloque deberá ser normal al eje del penetrador.
- e) La fuerza preliminar (F_0 : 98.07 N ó 29.42 N) deberá ser aplicada sin golpes ni vibraciones y mantenida durante 3 s.
- f) Ajustar el indicador de penetración.
- g) Incrementar la fuerza de preliminar (F_0) al valor de la fuerza total (F_t) y deberá estar de acuerdo a la norma ISO 6508-1 [14], en un tiempo no menor a 1 s y no mayor a 8 s.
- h) Mantener la fuerza total (F_t) durante 4 s ± 2 s.
- i) Remover la fuerza adicional y tomar la lectura.
- j) En cada bloque de referencia se deberán realizar cinco penetraciones las cuales deben ser distribuidas uniformemente sobre la superficie de prueba y cada número de dureza observado dentro de 0.2 de una unidad de la escala. Antes de hacer esas penetraciones, al menos deben de hacerse dos penetraciones preliminares para asegurarse que la máquina está trabajando libremente y que el bloque de referencia, el penetrador y el yunque estén colocados correctamente. Los resultados de esas penetraciones preliminares no se toman en cuenta para los cálculos y resultados finales. La prueba debe realizarse de acuerdo a la norma ISO 6508-1 [14].

- k) Emitir los resultados mediante un informe de calibración el cual deberá de contener lo estipulado en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 [2] y además la siguiente información:
- Datos de los patrones utilizados en la calibración (son indispensables los datos de los bloques y los del penetrador).
 - Trazabilidad metrológica de los bloques certificados y del penetrador.
 - Método utilizado.
 - Escalas calibradas.
 - Datos de Referencia a la norma y/o procedimiento utilizado.
 - Temperatura de la prueba.
 - Resultados obtenidos (lecturas, error, repetibilidad, incertidumbre de medida - con su tabla de estimación de incertidumbre de medida en cada punto de calibración, fuentes de incertidumbre de medida, factor de cobertura).

4.4. Equipos e instrumentos, instalaciones

Para la calibración de máquinas de medición del número de dureza será necesario contar con al menos lo siguiente:

- a) Material de referencia certificado (trazable a la definición de dureza y con referencia a patrones primarios de dureza).
- b) Penetrador calibrado (con el que se realiza la calibración y especificarlo en el informe).
- c) Cronómetro.
- d) Nivel.
- e) Termómetro.

4.5. Competencia técnica del personal

El técnico de calibración debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Educación formal como mínimo de bachillerato o equivalente.
- b) Experiencia mínima de ejecución de calibraciones bajo supervisión y en el manejo del equipo, patrones y elementos auxiliares para la calibración indirecta de las máquinas de medición del número de dureza en el método y escala correspondiente.
- c) Conocimientos de la calibración de máquinas de medición del número de dureza, estimación de incertidumbres de medida.

5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

El laboratorio deberá contar con elementos suficientes para demostrar la confirmación metrológica de su sistema de medición en los elementos mencionados en la sección 4.4 de

acuerdo al tipo de patrón utilizado y su clase de exactitud conforme lo indicado en la norma NMX-CC-10012-IMNC-2004 [5].

Para el caso de contar con material de referencia certificado y/o algún instrumento de nueva adquisición; es decir sin un historial de calibraciones previo; se debe tener el certificado de calibración actual y referirse a lo que especifique el fabricante.

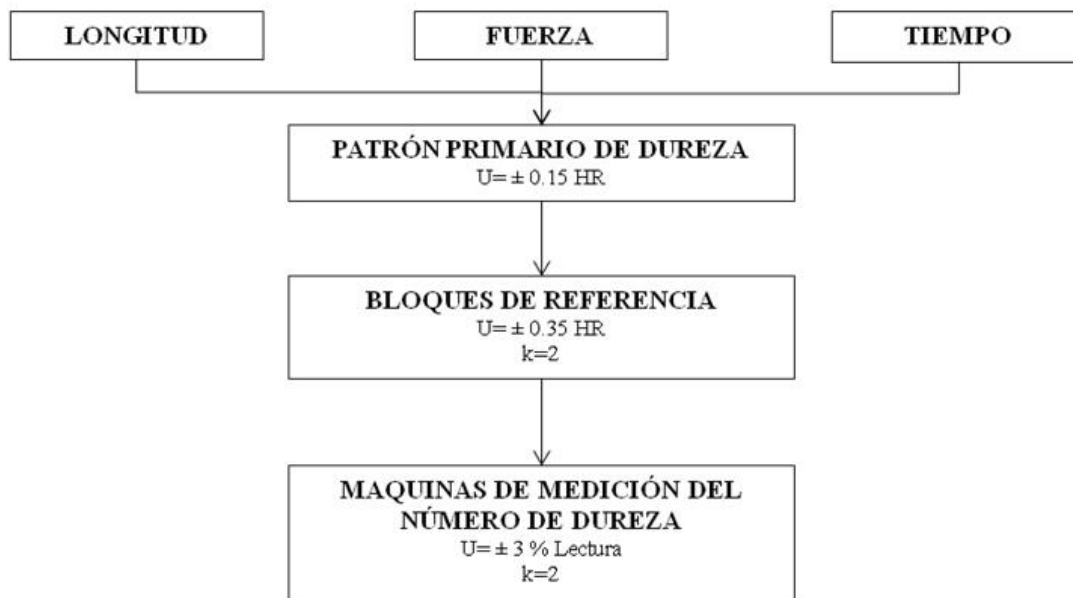
Además se debe de mostrar evidencia de la confirmación metrológica del medidor de temperatura y del cronómetro.

6. TRAZABILIDAD METROLÓGICA DE LAS MEDICIONES

Los aspectos relacionados con la trazabilidad metrológica de las mediciones son acordes con lo dispuesto en la política vigente de la ema [8].

La trazabilidad metrológica de las mediciones del número de dureza para el método Rockwell debe ser a partir de patrones primarios de dureza (esto debido a la falta de una completa definición de la magnitud, de dureza, en el SI). Ver la documentación de trazabilidad metrológica.

La trazabilidad metrológica de las mediciones para la calibración de máquinas de medición del número de dureza por el método Rockwell, debe ser evidenciada con los respectivos certificados o informes de calibración.



6.1. Definiciones

Trazabilidad metrológica: Propiedad de un resultado de medida por el cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida [1].

NOTAS

- i. El resultado de una medición o el valor de un patrón están relacionados con referencias determinadas.
- ii. Este concepto se expresa frecuentemente por el adjetivo trazable.
- iii. La sucesión de patrones y calibraciones que relacionan un resultado de medida con una referencia es llamada cadena de trazabilidad.

Patrón de medida: Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia [1].

Calibración: Operación que bajo condiciones específicas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres de medida asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación [1].

Verificación: Aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados [1].

Debe notarse que la calibración NO incluye operaciones de ajuste, y tampoco implica la comparación con requisito alguno, por lo que debe entenderse que la verificación es una actividad no incluida en la calibración, aunque sean necesarios los resultados de una calibración para soportarla.

6.2. Elementos de la trazabilidad metrológica

Los criterios relativos a la trazabilidad metrológica de las medidas deben atender los elementos siguientes:

- a) el resultado de medición cuya trazabilidad metrológica se desea mostrar;
- b) las referencias determinadas, preferentemente patrones nacionales (actualmente no existen un patrón nacional, por lo que la trazabilidad metrológica en la magnitud de dureza, en México, se da a patrones extranjeros);
- c) cadena de comparaciones, es decir conjunto de calibraciones o, en su caso, la comparación con el material de referencia certificado, que conecta el resultado de la medición con las referencias determinadas ;
- d) el valor de la incertidumbre de medida, en cada eslabón preferentemente;
- e) la referencia al procedimiento de calibración, en cada eslabón preferentemente;
- f) la referencia al organismo responsable de la calibración en cada eslabón;

Los instrumentos utilizados en la calibración (medidor de temperatura, cronómetro y penetrador) deberán estar calibrados para asegurar la trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida

para la calibración indirecta de máquinas de medición del número de dureza por el método Rockwell.

Los materiales de referencia certificados (bloques patrón) se calibran cada 5 años como máximo (excepto que el fabricante especifique algún otro lapso de tiempo diferente en su producto).

Los mecanismos para mantener la trazabilidad metrológica de las mediciones deberán ser los siguientes:

- Cumplimiento del programa adecuado de calibración (soporte técnico).
- Contar con un programa de verificaciones entre cada calibración.
- Participación en comparaciones nacionales.

De la misma manera, deben incluirse requisitos y recomendaciones sobre los mecanismos para mantener la trazabilidad metrológica, como el uso de patrones de control, con los propósitos de:

- a) asegurar el mantenimiento de la trazabilidad metrológica de las mediciones mediante la comprobación del estado de calibración de los instrumentos entre las calibraciones programadas;
- b) estimar la contribución a la incertidumbre de medida atribuible a la deriva de los instrumentos de medición; y,
- c) determinar con mayor certeza los periodos de recalibración.

Es posible lograr trazabilidad metrológica a las unidades apropiadas en alcances de medición distintos a los cubiertos por las referencias determinadas, siempre y cuando se aplique un procedimiento de medición previamente validado para ello.

La demostración de estos elementos se logra mediante el examen de los certificados de calibración o certificación de materiales de referencia asociados a cada uno de los elementos de la cadena. Deben examinarse con detalle los elementos asociados a los eslabones dentro de la cadena de comparaciones. En particular, dentro del laboratorio de calibración, se examinará el eslabón que da trazabilidad metrológica a sus patrones de referencia y el eslabón que da trazabilidad metrológica a las medidas que realiza. Conviene revisar estrictamente los eslabones que conectan el patrón de referencia del laboratorio con la referencia determinada cuando haya dudas al respecto.

Se recomienda la revisión del Apéndice C del Arreglo de Reconocimiento Mutuo, ARM del CIPM [10] y <http://kcdb.bipm.org/AppendixC/default.asp>, cuando el laboratorio declare la trazabilidad metrológica de sus medidas a patrones nacionales de otros países, recurriendo al ARM del CIPM, en cuyo caso deberá considerar lo establecido en la política de trazabilidad metrológica de las mediciones de la ema, a.c.

7. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

Los aspectos relacionados con la incertidumbre de medida deben ser acordes con lo dispuesto en la política de ema al respecto [9].

Incertidumbre de medida: Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza [1].

7.1. Elementos de la incertidumbre de medida

Todo resultado de medición debe ser acompañado de una estimación de su incertidumbre de medida. La expresión de la incertidumbre de medida debe indicar claramente el intervalo de los valores atribuibles al mensurando, además de una declaración del nivel de confianza p asociado a ese intervalo, o una indicación con información equivalente como el llamado factor de cobertura k . Esta nomenclatura es idéntica a la usada en los incisos 6.2 y 6.3 de [6].

Nivel de confianza: El valor $(1-\alpha)$ de la probabilidad asociada con un intervalo de confianza o un intervalo de cobertura estadística [6].

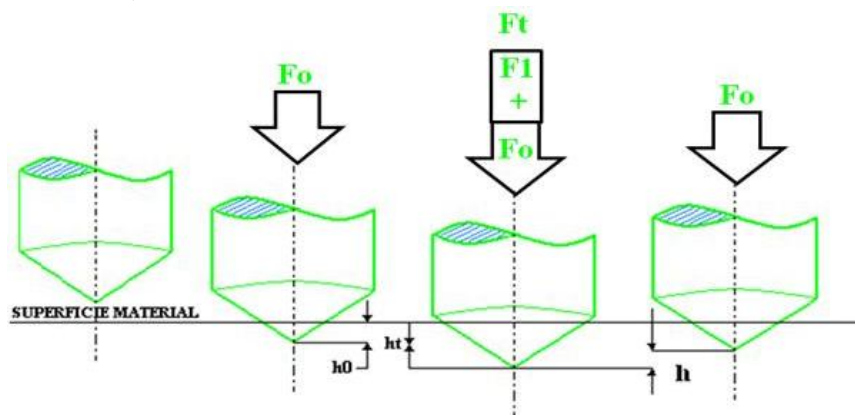
Factor de cobertura: Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre de medida típica combinada para obtener una incertidumbre expandida [1].

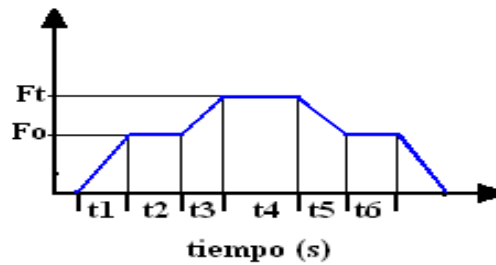
La declaración de la incertidumbre de medida es indispensable en los resultados de calibración o en la aplicación de mediciones en los procesos de disseminación de unidades de medida, dado que éstos denotan los eslabones de la cadena de trazabilidad metrológica.

7.2. Estimación de la incertidumbre de medida

Es recomendable seguir la referencia [6] o algunos documentos relacionados como [11]. Como alternativa, la contribución de algunas fuentes de incertidumbre de medida a la incertidumbre de medida de un resultado de medición puede estimarse mediante simulación numérica, para lo cual puede consultarse la referencia [12] por ejemplo.

Las desviaciones de estas referencias requieren la validación del método (véase apartado 8. Validación de métodos).

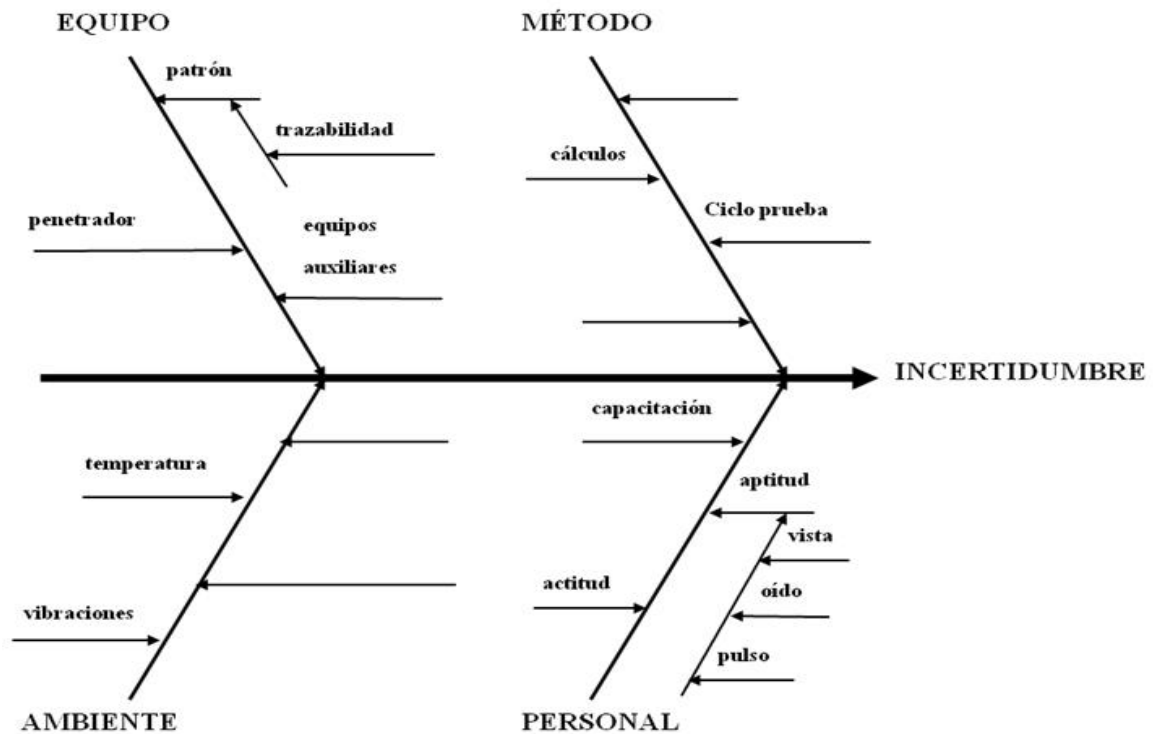




$$H = f[L, \text{Patrón}, \alpha, r, t]$$

Donde:

- L Lecturas observadas
- Patrón Material de referencia certificado
- α Ángulo del penetrador
- r radio del penetrador
- t temperatura



Fuentes de incertidumbre de medida:

- a) Bloque de referencia.
- b) Repetibilidad de las lecturas.
- c) Reproducibilidad (cuando aplique).
- d) Resolución.

Ejemplo:

Estimación de incertidumbre de medida para la calibración de máquinas de medición del número de dureza Rockwell (MÉTODO INDIRECTO).

Lecturas realizadas:

L1	L2	L3	L4	L5
60.516	60.296	60.296	60.116	60.296

Magnitud de Influencia			Incertidumbre expresada	Fuente, Dist.	Incertidumbre estándar	Grados de libertad	Coefficiente de sensibilidad	C_i	Incertidumbre asociada
Símbolo x_i		Unidad (SI)	-	A o B	$u(x_i)$	ν	Ecuación C_i	Valor numérico	$u(x_i)*C_i$
MRC (Bloque patrón de dureza)		HRC	0.333	B certificado k=2	0.1663	200	sin	1	0.166
Resolución		HRC	0.002	B carátula	0.0006	50	sin	1	0.001
alfa		grado	0.167	B (k=2) certificado	0.835	100	sin	0.40*	0.033
r		mm	0.003	B (k=2) certificado	0.0015	100	sin	50.0*	0.075
Lecturas		HRC	0.142	A lecturas	0.0634	4	sin	1	0.063
Valor Medio	60.30	HRC			Suma =	454	Incertidumbre estándar combinada $u_c =$		0.196
					% Confiabilidad	95.45	Incertidumbre expandida U =		0.39
					$\nu_{\text{eff}} =$	146	Grado efectivos de libertad ($\nu_{\text{eff}} =$		146

* EURAMET cg-16, Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements, Version 2.0 (03/2011). [16]

8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN (MDCT)

Deben indicarse los métodos de medición que es necesario validar para asegurar que:

- La trazabilidad metrológica de las mediciones se logra y se mantiene,
- Que el valor de la incertidumbre de medida es válido.

9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN

Deben describirse aquellas prácticas de medición que son necesarias para asegurar el logro y mantenimiento de la trazabilidad metrológica, así como para asegurar el valor de la

incertidumbre de medida. Las buenas prácticas no están limitadas a las buenas prácticas de medición y pueden incluirse aspectos como limpieza, preparación y otros.

Precauciones:

- a) Las primeras 2 lecturas no se deben de tomar en cuenta cuando:
 - Se inicie una serie de lecturas.
 - El equipo lleve más de 24 h sin utilizar.
 - Se cambie de lugar el medidor de dureza.
 - Se sustituya o se coloque el penetrador.
 - Se sustituya o se coloque el soporte.
- b) La distancia entre los centros de dos huellas vecinas deberá ser al menos 4 veces el diámetro de la misma (no menor a 2 mm).
- c) La distancia entre cualquier huella a la arista del la pieza deberá ser al menos 2.5 veces el diámetro de la misma (no menor a 1 mm).

10. REFERENCIAS

- [1] NMX-Z-055-IMNC-2009, Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM); equivalente al documento ISO/IEC GUIDE 99:2007 y a la tercera edición del VIM.
- [2] NMX-EC-17025-IMNC-2006, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- [3] NMX-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.
- [4] NMX-CC-9000-IMNC-2008, Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario.
- [5] NMX-CC-10012-IMNC-2004, Sistema de gestión de las mediciones - Requisitos para procesos de medición y equipos de medición.
- [6] NMX-CH-140-IMNC-2002 Guía para la expresión de la incertidumbre de las mediciones; equivalente al documento Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1995.
- [7] P. Bedson y M. Sargent, The development and application of guidance on equipment qualification of analytical instruments. UK Laboratory of the Government Chemist. 1996
- [8] MP-CA006, Trazabilidad de las Mediciones - Política de ema vigente.
- [9] MP-CA005, Incertidumbre de Mediciones - Política de ema vigente.
- [10] The mutual recognition arrangement, BIPM, (1999). También en <http://www.bipm.fr/en/convention/mra>
- [11] W. Schmid y R. Lazos, Guía para estimar la incertidumbre de la medición, www.cenam.org
- [12] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Supplement 1. Numerical Methods for the Propagation of Distributions. Preparado por miembros de JCGM/WG1/SC1
- [13] CNM-MRD-PT-030, Métodos analíticos adecuados a su propósito. Guía de laboratorio para validación de métodos y tópicos relacionados.
- [14] ISO 6508-1:2005, Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 1: Test method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).
- [15] ISO 6508-2:2005, Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 2: Verification and calibration of testing machines (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).

- [16] EURAMET cg-16, Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements, Version 2.0 (03/2011).

IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS

INCISO	PÁGINA	CAMBIO(S)
Tabla 1	7	Se actualizó la tabla de alcances de dureza Rockwell.
6.1 y 7	16 y 17	Se actualizaron las definiciones.
10	22	Se actualizaron las referencias.
7.2	15	Se actualizó el ejercicio de estimación de incertidumbre de medida.
Observaciones:		