

Guía Técnica sobre Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en los Servicios de Calibración de Medidores de Dureza Shore (escalas HA y HD)

México, Diciembre 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**

Alfredo Esparza Ramírez	CENAM
Javier Ponce Arredondo	CONMED
Olimpo Gómez Jasso	CANAMEX

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 Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	12
6. TRAZABILIDAD METROLÓGICA DE LAS MEDICIONES	12
7. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA.....	15
8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN.....	17
9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN	17
10. REFERENCIAS.....	18
ANEXO A. DOCUMENTACIÓN DE LA TRAZABILIDAD METROLÓGICA DUREZA SHORE	19

1. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA

Establecer criterios y requisitos para la calibración de medidores del número de dureza mediante el método Shore (escalas HA y HD), mediante el principio de penetración y utilizando el método de calibración directa en fuerza, a fin de lograr mediciones, con trazabilidad metrológica e incertidumbre 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 [10], sin sustituirlas ni modificarlas.

2. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA

Esta guía técnica establece los requisitos mínimos para la calibración de medidores del número de dureza por el método Shore para las escalas HA y HD (por penetración), utilizando la calibración directa en fuerza, que aseguren la trazabilidad metrológica y uniformidad en la estimación de la incertidumbre de medida.

3. MENSURANDO

Es el número de dureza Shore (HX: donde X es la escala de la dureza; es decir; A o D), a través de la lectura en el dispositivo indicador y obtenido por la ecuación de la fuerza de aplicación correspondiente a la escala que se calibre, relacionada con la fuerza en unidades del SI [3].

3.1. Intervalo típico de medición

El límite superior de medición quedará acotado a 90 unidades Shore y el límite inferior es de 10 unidades Shore, para ambas escalas (HA y HD).

El intervalo de medición para la fuerza aplicada, para cada una de las escalas de dureza Shore, se especifica en la tabla 1.

3.2. Incertidumbre de medida esperada

La incertidumbre de medida resultante de los laboratorios, no podrá ser menor que la incertidumbre de medida declarada en su correspondiente presupuesto de incertidumbre de medida y expresada en sus CMC's utilizadas para obtener la acreditación.

4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

A continuación se especifican los criterios que deben ser considerados para realizar la calibración de medidores del número de dureza por el método Shore, escalas HA y HD.

4.1. Método de medición

Método directo con aplicación de una fuerza determinada: Comparación de las lecturas observadas del dispositivo indicador del medidor bajo calibración contra las lecturas del sistema de medición patrón conformado por la fuerza de penetración (ver ecuaciones tabla 1) aplicada de forma puntual y progresivamente sobre un penetrador de geometría conocida (ver figura 1 y figura 2) durante un lapso de tiempo determinado.

4.2. Documentos de consulta

Los documentos que se tomaron como referencia para la elaboración de esta guía técnica son:

- ISO 868:2003, Plastics and ebonite - Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
- ISO 21509:2006, Plastics and ebonite - Verification of Shore durometers.
- ASTM D2240 - 05(2010), Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness.

4.3. Procedimiento de medición

Antes de realizar la calibración de los medidores de dureza por el método Shore es importante verificar los siguientes elementos:

a) Geometría del penetrador

Para la escala HA conforme a lo indicado en la figura 1:

1: Base de aplicación.

2: Penetrador.

a: Distancia total exterior del penetrador ($2.50 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ mm}$).

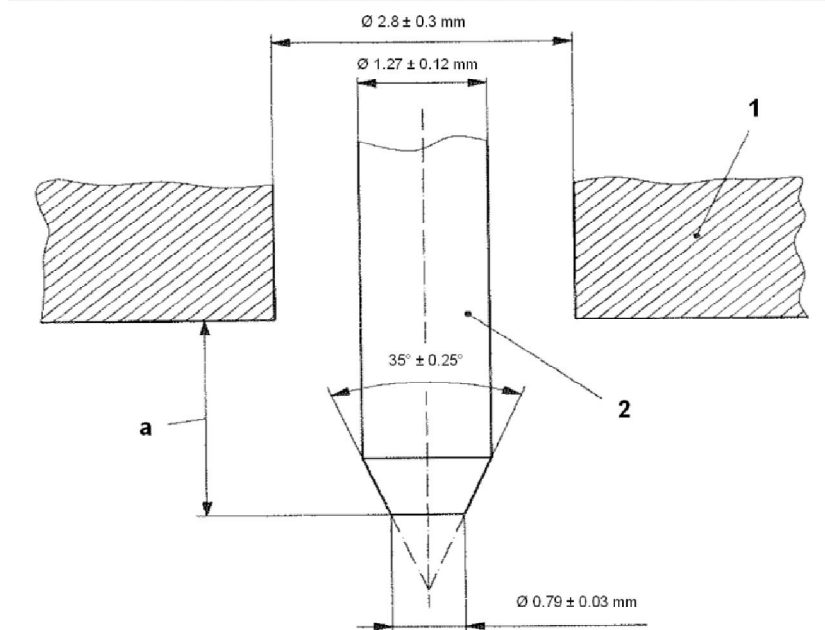


Figura 1. Medidor de dureza Shore escala A (HA)

Para la escala HD conforme a lo indicado en la figura 2:

1: Base de aplicación.

2: Penetrador.

a: Distancia total exterior del penetrador ($2.50 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ mm}$).

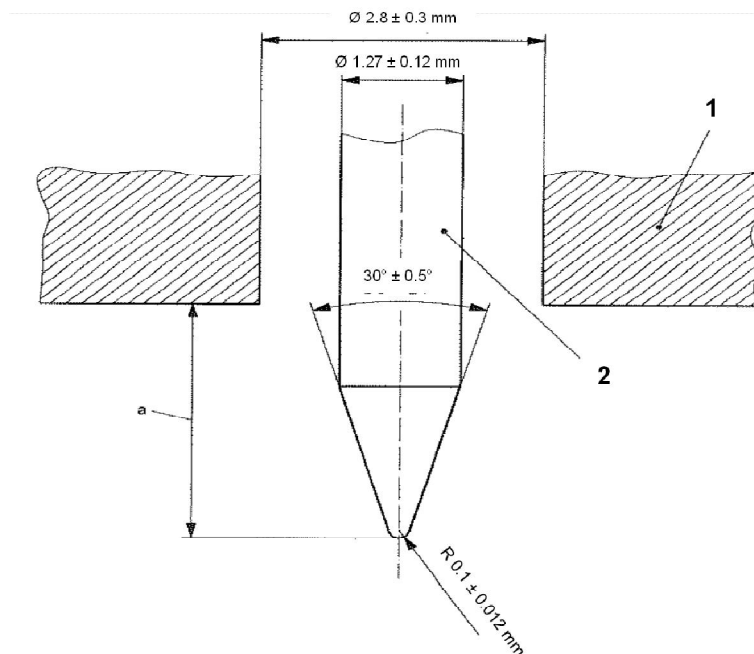


Figura 2. Medidor de dureza Shore escala D (HD)

b) Extensión del penetrador saliente, a partir del borde de la base de presión del medidor

Para las escalas Shore HA y HD se debe tener una extensión de $(2.50 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ mm})$, como se indica en las figuras 1 y 2 se denota esta dimensión por la letra a.

c) Verificación de la geometría y distancia del penetrador del borde de la base de presión del medidor

Comprobar que el diámetro del agujero de la base de presión del medidor de dureza tiene una dimensión entre 2.5 mm y 3.5 mm y que este agujero esté centrado por lo menos a 6 mm de los bordes de la base de presión.

d) Escala del dispositivo indicador

Es necesario verificar el punto cero y el punto 100 de la carátula de indicación; para el punto cero la extensión deberá ser la expresada en el inciso b); para el punto 100 se debe apoyar sobre una superficie plana (de preferencia cristal, para no dañar la punta del penetrador) y desplazar todo el penetrador hasta que la base del medidor toque la superficie plana, el indicar deberá marcar 100.

Nota: cuando el indicador tenga en su diseño un apuntador de lectura máxima, hay que tomar en cuenta dónde se toma la lectura y señalarlo en el informe de calibración.

e) La fuerza ejercida por el resorte de medición en el penetrador

La fuerza de aplicación en el penetrador deberá ser:

Para la escala Shore HA:

$$F[\text{N}] = 0.550 + (0.075 * \text{HA})$$

Donde:

F Fuerza aplicada [N] (La fuerza F_i debe estar dentro de los límites $\pm 0.075 \text{ N}$).
HA Número de dureza Shore A

Para la escala Shore HD:

$$F[\text{N}] = 0.444 5 * \text{HD}$$

Donde:

F Fuerza aplicada [N] (La fuerza F_i de estar dentro de los límites $\pm 0.444 5 \text{ N}$)
HD Número de dureza Shore D

Cualquier dispositivo dinamométrico se puede emplear si es capaz de aplicar y medir una fuerza de 10 mN (0.13 Shore HA) o de 50 mN (0.11 Shore HD).

Escala	Penetrador	Fuerza de aplicación F [N]
A	Cilíndrico, acero endurecido diámetro: 1.15 mm - 1.39 mm diámetro, con un cono truncado a 35° y terminado con base plana de 0.79 mm diámetro.	$F[N] = 0.550 + (0.075 * HA)$
D	Cilíndrico, acero endurecido diámetro: 1.15 mm - 1.39 mm diámetro con un cono de 30° y radio en la punta de 0.10 mm diámetro.	$F[N] = 0.444 5 * HD$

Tabla 1. Especificaciones de la prueba de dureza método Shore.

4.3.1. Principio de medición (método de dureza Shore)

Un penetrador específico se introduce en el material de prueba bajo condiciones específicas y se mide la profundidad de penetración.

El número de dureza indicado es inversamente proporcional a la penetración y es dependiente del módulo de elasticidad y las propiedades visco-elásticas del material.

La forma del penetrador, la fuerza aplicada a la misma y la duración de su aplicación influyen en los resultados obtenidos, de modo que no puede haber una relación simple entre los resultados obtenidos con un tipo de dureza y los obtenidos con cualquier otro método o de otro instrumento para medir la dureza.

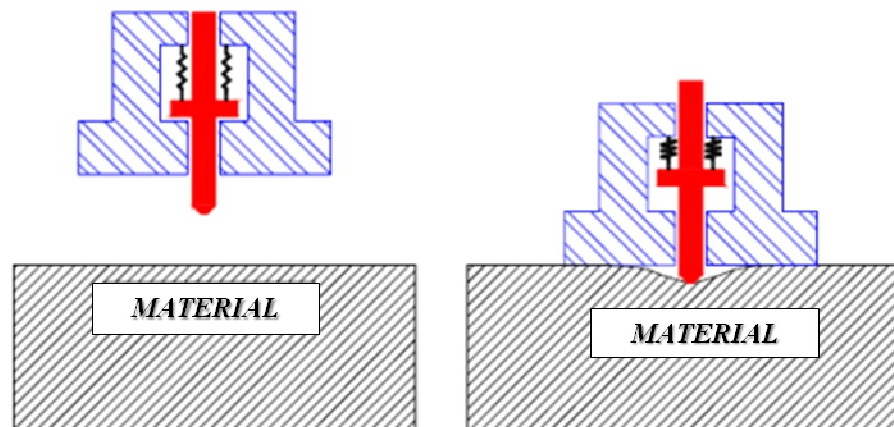


Figura 3. Principio de medición.

A continuación se citan, de forma genérica, las etapas para realizar la calibración de medidores de dureza por el método Shore:

- i) Las condiciones de temperatura deberán ser de 21 °C a 25 °C ó de 25 °C a 29 °C.
- ii) Sujetar el medidor de dureza al sistema o instrumento patrón de forma rígida y perpendicular al eje del penetrador.

- iii) La superficie de la base de aplicación de la fuerza deberá ser normal al eje del penetrador del medidor.
- iv) Aplicar la fuerza de acuerdo con la escala citada en el inciso e), la cual deberá ser aplicada sin golpes ni vibraciones, mantenida durante 5 s y tomar la lectura.
- v) Aplicar de forma secuencial desde el 10 hasta 90 Shore cada 10 unidades. Una vez terminado remover la fuerza y continuar con la siguiente repetición.
- vi) 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 del patrón de fuerza y de la geometría del penetrador).
 - Trazabilidad metrológica de todo el sistema de medición.
 - Método utilizado.
 - Escalas calibradas.
 - Datos de Referencia a la norma y/o procedimiento utilizado.
 - Temperatura de la calibración.
 - Resultados obtenidos (lecturas, error, incertidumbre - con su tabla CMC en cada punto de calibración, fuentes de incertidumbre de medida, factor de cobertura y grados de libertad).

4.4. Equipo patrón utilizado y equipos auxiliares.

- a) Instrumento patrón: sistema de medición de fuerza.
- b) Dispositivo para medir longitud (resolución de 0.005 mm).
- c) Sistema óptico con amplitud mínima de 20 X (para medición de longitudes y ángulos).
- d) Cronómetro.
- e) Termómetro.
- f) Nivel.

Nota: no existe aún un procedimiento validado para la calibración de medidores de dureza Shore utilizando material de referencia, por lo que queda fuera del alcance de esta guía.

4.5. Competencia técnica del personal

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

- a) Demostrar la competencia en términos de su 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 de medidores de dureza mediante el método Shore.

c) Así como, conocimientos y habilidades específicas básicas en la magnitud de dureza por el método Shore comprobable.

Para demostrar lo anterior se deberá contar con evidencia documentada.

5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS

5.1. Confirmación metrológica

El laboratorio deberá contar con elementos suficientes para demostrar la confirmación metrológica de su sistema de medición acorde al tipo de patrón utilizado y su clase de exactitud conforme a lo indicado en la norma NMX-CC-10012-IMNC-2004 [5].

Los periodos entre calibraciones no deberán exceder de 1 año, a menos que se demuestre con evidencia objetiva algún otro intervalo de calibración establecido.

6. TRAZABILIDAD METROLÓGICA DE LAS MEDICIONES

La trazabilidad metrológica de las mediciones del número de dureza por el método Shore, deberán estar referidas a las definiciones del SI a través de los patrones nacionales (ver Anexo 1. documentación de la trazabilidad metrológica). En general este método es empírico pero se obtiene su trazabilidad metrológica a través de sus magnitudes de la cual se deriva.

La trazabilidad metrológica de las mediciones para la calibración de medidores de dureza por el método Shore deberá ser evidenciada con los respectivos certificados o informes de calibración.

6.1. Conceptos

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

Un material de referencia certificado, también, es un patrón de medición.

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. Utilidad de la trazabilidad metrológica

La trazabilidad metrológica es la propiedad de las mediciones que permite hacer comparaciones entre ellas, por lo que es indispensable para construir la confianza en las mismas. Cabe subrayar que sólo tienen sentido las comparaciones entre medidas asociadas a una misma magnitud.

La trazabilidad metrológica de una medición está relacionada con la diseminación de la unidad correspondiente a esa medición. La expresión del valor de una magnitud incluye la referencia a una unidad de medida, la cual ha sido elegida por acuerdo, y por tanto, las medidas de la misma magnitud deben estar referidas a la misma unidad. Aún cuando la definición de trazabilidad metrológica no impone limitaciones sobre la naturaleza de las referencias determinadas, es conveniente lograr la uniformidad universal de las mismas mediante el uso de las unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, las cuales ya han sido convenidas en el marco de la Convención del Metro. En México, es obligatorio el uso del Sistema General de Unidades de Medida [3], el cual contiene a las unidades del SI.

La definición de cada una de las unidades del SI puede llevarse a la práctica mediante el uso de algún instrumento, artefacto o sistema de medición, lo cual de hecho, es la realización física de la unidad de medida. Un patrón nacional de medida se establece mediante la realización física de una unidad de medición, con la característica de que mantiene, tanto la menor incertidumbre de medida en una nación, cuanto la comparabilidad con patrones nacionales de otros países. El patrón nacional constituye el primer eslabón de la cadena de trazabilidad metrológica en una nación. Estas realizaciones están usualmente bajo la responsabilidad de los institutos nacionales de metrología, quienes diseminan las unidades de medición al siguiente eslabón en la cadena de trazabilidad metrológica. Las calibraciones de instrumentos o patrones de medición constituyen los eslabones de la cadena de trazabilidad metrológica.

Las magnitudes derivadas tienen trazabilidad metrológica originada en más de una referencia determinada, en cuyo caso aparecen varias cadenas de trazabilidad metrológica que parten de las unidades base que componen la unidad derivada, y se encuentran en un punto de concurrencia que eventualmente conecta a las medidas bajo examen. Nuevamente, las cadenas pueden estar constituidas por calibraciones o por la aplicación apropiada de los métodos correspondientes.

6.3. Elementos de la trazabilidad metrológica

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

1. El resultado de las mediciones cuya trazabilidad metrológica se desea mostrar;
2. Las referencias determinadas, preferentemente patrones nacionales o internacionales;
3. Cadena de comparaciones, es decir conjunto de calibraciones que conecta el resultado de la medición con las referencias determinadas;
4. El valor de la incertidumbre de medida, de preferencia, en cada eslabón;
5. La referencia al procedimiento de calibración, de ser posible, en cada eslabón;
6. La referencia al organismo responsable de la calibración en cada eslabón.

Para la calibración de medidores de dureza por el método Shore y escalas HA y HD, es necesario evidenciar la trazabilidad metrológica a las magnitudes del cual se deriva el método Shore, es decir: evidencia sobre la trazabilidad metrológica a patrones de fuerza o masa, trazabilidad metrológica a la parte dimensional, trazabilidad metrológica a patrones de tiempo y de temperatura. Es de suma importancia evidenciar la incertidumbre de medida de cada una de las fuentes y el presupuesto de incertidumbres de medida para el método Shore.

Es importante citar que: a diferencia de los métodos para la medición de dureza en metales, el método Shore no utiliza materiales de referencia certificados para la calibración de medidores.

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 de la incertidumbre de medida atribuible a la deriva de los instrumentos de medición; y,
- c) Determinar con mayor certeza los periodos de re-certificación o medición

Para la calibración de medidores de dureza por el método Shore, es necesario establecer el método de confirmación metrológica y evidenciar los intervalos de calibración y verificaciones intermedias de los patrones utilizados.

7. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

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 valores atribuibles razonablemente 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 .

Nivel de confianza: El valor $(1-\alpha)$ de la probabilidad asociada con un intervalo de confianza o un intervalo de cobertura estadística [10].

Factor de cobertura: Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre de medida típica combinada para obtener una incertidumbre expandida. [10]

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

Para esta Guía Técnica se incluyen los siguientes elementos sobre incertidumbre de la medida:

- a) El método Shore es un método empírico por lo que no existe modelo matemático de la medición, por lo que cualquier desviación sobre el procedimiento declarado puede generar resultados no comparables con los descritos por el método.
- b) La lista de las fuentes de incertidumbres de medida significativas y una descripción, breve y suficiente de las mismas se declaran en el punto 7.2.1
- c) La mención a fuentes de incertidumbre de medida que típicamente no aportan contribuciones significativas, pero que pueden resultar significativas bajo condiciones que pudieran ocurrir en el transcurso de una medición se declaran en el punto 4.3.
- d) En la tabla 2 se muestra un ejemplo de estimación de incertidumbre de medida que contiene para cada fuente de incertidumbre de medida, su variabilidad, la distribución de probabilidad asociada, el coeficiente de sensibilidad y su contribución a la incertidumbre estándar combinada de la medición. La tabla también muestra la incertidumbre estándar combinada, incluyendo las consideraciones a la correlación entre fuentes de incertidumbre de medida.
- e) Para este caso se toma como supuesto que no existe correlación entre fuentes de incertidumbre de medida.
- f) Es responsabilidad del laboratorio colocar una nota relativa a la distribución de probabilidad del mensurando.

- g) La expresión de la incertidumbre expandida de la medición deberá ser declarada con $k = 2$, incluyendo los grados de libertad asociados a cada contribución y el número efectivo de grados de libertad.
- h) Es responsabilidad del laboratorio colocar una nota de advertencia sobre el propósito único de ilustración de la tabla presentada y sobre la obligación de cada laboratorio a realizar sus propias pruebas y consideraciones sobre la estimación de la incertidumbre de medida.

7.2. Estimación de la incertidumbre de medida

Es recomendable seguir la referencia [16] o algunos documentos relacionados como [14]. Como alternativa, la contribución de algunas fuentes de incertidumbre de medida a la estimación de 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).

7.2.1. Fuentes de incertidumbre de medida

- Sistema de medición de fuerza
- Repetibilidad de las lecturas
- Resolución
- Reproducibilidad (cuando aplique)

Magnitud de influencia x_i	Unidad (SI)	Valor	Fuente, Dist. A o B	Incertidumbre Estándar $u(x_i)$	Grados de libertad ν	Coeficiente de Sensibilidad		Incertidumbre asociada
						Ecuación dH/dx_i	Valor numérico	
Patrón	N	0.005	A Normal $k = 2$ (certificado)	0.002 5	200	F/0.075	13.33	0.033
Repetibilidad	N	0.018	A Normal (mediciones)	0.008	15	F/0.075	13.33	0.107
Resolución	HA	0.2	B Rectangular (carátula)	0.058	100	sin	1	0.058
Número de dureza Shore	HA			Incertidumbre estándar combinada $u = [HA]$				0.13
	Gdos. Efect.	29	$k = 2$	Incertidumbre expandida $U = [HA]$				0.3

Tabla 2. Ejemplo de estimación de incertidumbre de medida.

Nota: Deberá considerar las magnitudes de influencia en cada punto de medición y determinar su influencia en el presupuesto de incertidumbre de medida.

Es recomendable seguir la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 [10] o algunos documentos relacionados. Como alternativa, la contribución de algunas fuentes de incertidumbre de medida a la estimación de incertidumbre de medida de un resultado de medición puede estimarse mediante simulación numérica.

Las desviaciones de estas referencias requieren la validación del método

8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN

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

- a) la trazabilidad metrológica de las mediciones se logra y se mantiene; y,
- b) que el valor de la incertidumbre de medida es válido.

No existe un método único de validación por lo que es responsabilidad del laboratorio mostrar la evidencia necesaria de acuerdo a la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 [2].

Cuando se realicen mediciones que se desvían de los requisitos inscritos en una Guía Técnica, deben identificarse y validarse los aspectos que puedan influir sobre la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de medida.

9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN

Las buenas prácticas de medición no deben ser limitantes a la medición, ya que se deben incluir aspectos como limpieza, preparación y otros.

Precauciones

- a) Para reducir los posibles errores por la histéresis, se recomienda aplicar varias veces sobre el penetrador del medidor la fuerza al 95% del intervalo de indicación.
- b) La velocidad de aproximación del dispositivo de fuerza y el penetrador no deberá ser excesiva.
- c) Cuando se aplique la fuerza que sea de forma gradual.

10. REFERENCIAS

- [1] NMX-Z-055-IMNC-2009, Vocabulario Internacional de metrología - Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).
- [2] NMX-EC-17025-IMNC-2006, Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- [3] NOM- 008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- [4] NMX-CC-9000-IMNC-2000, 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] Bedson, P. and M. Sargent, The development and application of guidance on Equipment Qualification of analytical instruments. *Accred Qual Assur.* 1:265-274. 1996.
- [7] MP-CA006, Trazabilidad de las mediciones - Política.
- [8] CIPM Mutual recognition arrangement, 1999. <http://www.bipm.fr/en/convention/mra>
- [9] MP-CA0005, Incertidumbre de mediciones - Política.
- [10] NMX-CH-140-IMNC-2002, Guía para la expresión de la incertidumbre de las mediciones.
- [11] Wolfgang A. Schmid y Ruben J. Lazos Martínez, Guía para estimar la incertidumbre de la medición, Mayo2000.
- [12] JCGM 101:2008, Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” - Propagation of distributions using a Monte Carlo method, first edition 2008.
- [13] CNM-MRD-PT-030, Métodos analíticos adecuados a su propósito. Guía de laboratorio para validación de métodos y tópicos relacionados.
- [14] ASTM D2240 - 05(2010), Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness.
- [15] ISO 868:2003, Plastics and ebonite - Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
- [16] ISO 21509:2006, Plastics and ebonite - Verification of Shore durometers.

ANEXO A. DOCUMENTACIÓN DE LA TRAZABILIDAD METROLÓGICA DUREZA SHORE

