

# ASEGURAMIENTO DE MEDICIONES A NIVEL MICROMÉTRICO

José L. Cabrera T<sup>a</sup>.; José A. Salas<sup>b</sup>; Juan A. Guardado<sup>b</sup>; José M. Juárez<sup>b</sup>

a) Estudiante del Posgrado de Ciencia e Ingeniería de Materiales UNAM, CFATA Campus Juriquilla Querétaro;

b) Metrologo, Centro Nacional de Metrología (CENAM) Querétaro, jcabrera@cenam.mx

**Resumen:** Este artículo esta diseñado para lectores que están relacionados con mediciones microscópicas, en donde describiremos las bases para llevar a cabo la calibración de una retícula ocular, utilizando como patrón una retícula objetiva, presentando una aplicación de correcciones en conexión con una discusión de la estimación y propagación de la incertidumbre asociada con el resultado.

## 1. INTRODUCCIÓN

La calibración esta definida como un conjunto de operaciones que proporcionan la relación entre las indicaciones de un instrumento de medición y los correspondientes valores del mensurando. Si recordamos que la medición es definida como el conjunto de operaciones que tienen el objetivo de determinar un valor de una cantidad, podemos concluir que la calibración es un tipo especial de medición [1]. Los resultados de la medición o calibración deben ser trazables y estar acompañados por su incertidumbre, obtenida de acuerdo a un método internacionalmente aceptado [3].

## 2. MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE RETÍCULA OCULAR MICROMÉTRICA (Etapas) [2]

- Ver a través del ocular y enfocar la imagen de la retícula objetiva usando la combinación de lente objetiva e intermedia deseada.
- Sobreponer la retícula ocular y la retícula objetiva, haciendo coincidir uno de sus extremos de cada una.

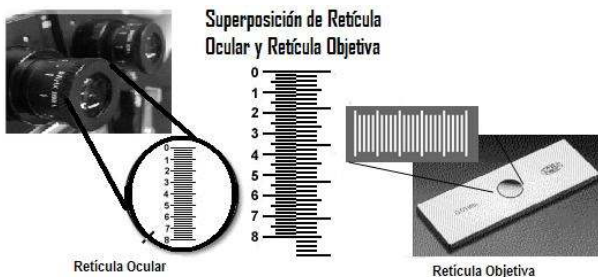


Figura 2.1

- La medición deberá ser consistente, desde el extremo en que coinciden ambas retículas hasta otra subdivisión coincidente, ver siguiente figura:

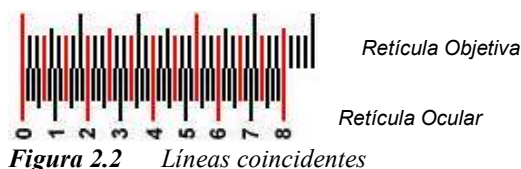


Figura 2.2 Líneas coincidentes

- La calibración de la retícula ocular puede ser determinada dividiendo la longitud conocida de la retícula objetiva ( $L_p$ ) entre el número de divisiones coincidente de la retícula ocular ( $\#d_o$ ).

Este cálculo da por resultado el valor real de la longitud de cada subdivisión de la retícula ocular ( $VR_{Sub}$ ).

$$\frac{Lp(mm)}{\#d_o (subdivisión)} = VR_{Sub} (mm / subdivisión) \quad (1)$$

Nota: Por supuesto, se debe repetir el procedimiento arriba listado para varias combinaciones de lentes objetivas- intermedias-oculares, ya que no es el mismo valor de  $VR_{Sub}$  a 50X que a 1000X. Se puede crear una tabla de calibración de la retícula ocular para todas las ampliaciones posibles.

### 3. LA CORRECCIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN Y SU INCERTIDUMBRE

El método implica que la cantidad reproducida por un patrón de medición **P** es medida por el instrumento de medición a ser calibrado (**IMC**), ver figura 2.3.

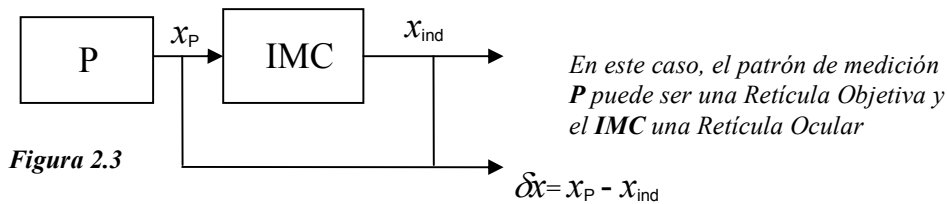


Figura 2.3

$$\delta x = x_P - x_{ind}$$

( $x_P$ ): valor del patrón de medición; ( $x_{ind}$ ): indicación del instrumento de medición a ser calibrado

#### 3.1 La corrección de $x_{ind}$

La indicación actual  $x_{ind}$  tiene que ser corregida por efectos que pudieran tener influencia sobre ella y para hacer que corresponda con condiciones para las cuales la calibración será establecida como válida, por ejemplo, una temperatura de referencia establecida. Por lo tanto, la indicación corregida (reducida)  $x_{ind-c}$  es:

$$x_{ind-c} = x_{ind} + \sum_{i=1}^{N-2} \delta x_i \dots (2), \text{ donde } \delta x_i, \text{ es la corrección debida al enésimo factor de influencia del total}$$

de  $N-2$  factores considerados, esto es  $\delta x_{ind} = x_{ind-c} - x_{ind} = \sum_{i=1}^{N-2} \delta x_i$ . El valor  $N-2$  es seleccionado porque la ecuación (2) asume que hay  $N$  cantidades de entrada en conjunto. Por tanto, la corrección  $\delta x = x_P - x_{ind-c}$  toma la

$$\text{forma: } \delta x = x_P - x_{ind} - \sum_{i=1}^{N-2} \delta x_i \dots (3)$$

Debe notarse que en muchos casos el mejor estimado de  $\delta x_i$  es cero. Sin embargo, aún tales términos necesitan ser incluidos en la ecuación (2), porque ellos contribuyen a la incertidumbre de  $\delta x$ .

#### 3.2 La corrección de $x_P$

El estimado  $x_P$  del valor del patrón, usado en la ecuación (3) puede a menudo ser expresado como  $x_P = x_{P, nom} + \delta x_P$ , donde  $x_{P, nom}$  es el valor nominal (indicado) del patrón y  $\delta x_P$  es la corrección del valor nominal obtenido de la calibración del patrón.

#### 3.3 Expresión general de la corrección $\delta x$

En muchos casos, las contribuciones restantes para la corrección de un instrumento de medición pueden juntarse en dos términos, uno concerniente a la contribución del instrumento para ser calibrado y el otro concerniente a efectos ambientales. El modelo general de calibración dado por la ecuación (3) puede entonces ser expresado como

$$\delta x = (x_{P, nom} + \delta x_P - x_{ind}) - \delta x_{obj} - \delta x_{amb} \dots (4)$$

$x_{ind}$ : indicación del instrumento de medición a ser calibrado;  $\delta x_{obj}$ : corrección de indicación  $x_{ind}$  debida a todos los efectos causados por medición del instrumento a ser calibrado;  $\delta x_{amb}$ : corrección de la indicación  $x_{ind}$  debida a todos los efectos ambientales a ser considerados. En realidad, las correcciones indicadas en la ecuación (4) pueden consistir de muchos componentes, siendo 0 (cero) su mejor estimado en muchos casos.

### 3.3 Estimación de Incertidumbre de $\delta x$ [3]

La incertidumbre estándar  $u(\delta x)$  del estimado  $\delta x$  de la corrección es obtenida de  $u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \dots (5)$

como  $u(\delta x) = \sqrt{u^2(\delta x_p) + u^2(x_{ind}) + u^2(\delta x_{obj}) + u^2(\delta x_{amb})} \dots (6)$ , donde

$u(\delta x_p)$  - Incertidumbre estándar de la corrección,

$u(x_{ind})$  - Incertidumbre estándar de la indicación del instrumento de medición a ser calibrado,

$u(\delta x_{obj})$  - Incertidumbre estándar de la corrección debida a todos los efectos causados por el instrumento de medición a ser calibrado,

$u(\delta x_{amb})$  - Incertidumbre estándar de la corrección debida a todos los efectos ambientales a ser considerados

Se debe notar que no es necesario considerar la incertidumbre del valor nominal  $x_{p, nom}$  del patrón en la ecuación (4) porque su contribución está ya contenida en  $u(\delta x_p)$ .

## 4. RESULTADOS

El resultado final de una calibración no es inmediato, porque la indicación provista por el instrumento de medición necesita procesarse con más detalle. En general, los resultados deben ser presentados en un documento separado comúnmente llamado *certificado de calibración*. El contenido de los certificados de calibración esta prescrito en la cláusula 5.10 de la referencia [4].

## 5. CONCLUSIONES

La calibración de una Retícula Ocular puede parecer una simple acción, en particular cuando se lleva a cabo en concordancia con el procedimiento descrito en la referencia [2]. Sin embargo, hacer la estimación de la confiabilidad de los resultados obtenidos es más complicado, pero no imposible. Todos los esfuerzos para obtener un estimado valido de la calibración y su incertidumbre asociada, pueden resultar ser inútiles, si se torna evidente que el resultado no es trazable. En conclusión, la trazabilidad es una propiedad del resultado de una medición y por consiguiente, el uso de un instrumento de medición calibrado trazable es una condición necesaria para conseguir trazabilidad.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Rein Laaneots, Olev Mathiesen, An Introduction to Metrology, Estonia: TUT Press, 2006, pp. 217-237
- [2] ASTM (American Society for Testing and Materials) Standards: E 1951 -02, Standard Guide for Calibrating Reticles and Light Microscope Magnifications, 2002, 2-3.
- [3] Wolfgang A. Schmid, Ruben J. Lazos Martínez, GUÍA PARA ESTIMAR LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (GUM), Publicación gratuita, <http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas>, 2004, 6-21.
- [4] NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) Requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y de calibración, 2006, 23-26.