



Evaluación y expresión de incertidumbres de medición para laboratorios de calibración del Sistema de Laboratorios Supervisados SAC

1. Siempre que se informen resultados de calibración, es obligatorio proporcionar alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de manera tal que los usuarios puedan evaluar su confiabilidad. Al respecto, citamos la Norma IRAM 301 : “*Un laboratorio de calibración ... debe tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de medición para todas las calibraciones y todo tipo de calibraciones*” [1, 5.4.6.1., ver también 5.4.6.3. y 5.10.4.b]. A continuación, se desarrollan algunas recomendaciones para el cumplimiento de este requerimiento.
2. La metodología general para la evaluación y expresión de incertidumbres de medición en calibraciones deberá seguir los lineamientos de la *Guía ISO GUM* [2]. Existen también otros documentos de referencia, basados en la *Guía*. En particular, se sugiere la consulta del documento europeo EA-4/02 [3], el cual propone el empleo (punto 4.8.) del balance de incertidumbres *-uncertainty budget-* mencionado en el punto 4 de este documento, y contiene algunos ejemplos de aplicación en calibraciones, los cuales sugerimos consultar. Por otro lado, la nota técnica TN 1297 del NIST [4] resume los conceptos principales y operatoria dados en [2].
3. Cada uno de los procedimientos específicos de calibración del laboratorio deberá incluir el análisis particular de las incertidumbres asociadas. Tal análisis comprende los elementos citados a continuación:
 - (a) La lista de los componentes o magnitudes de entrada que afecten significativamente al resultado de la calibración. Algunos de los componentes mencionados, pueden llegar a ser, por ejemplo, el efecto generado por la repetibilidad de mediciones, componentes relacionados con los patrones o equipos de medición utilizados en la calibración, componentes relacionados con la resolución o apreciación de las lecturas efectuadas, componentes relacionados con la variación en las condiciones de medición, etc.
 - (b) La evaluación cuantitativa de la incertidumbre standard asociada a cada uno de los componentes de entrada mencionados en (a). Tales evaluaciones pueden obtenerse, por ejemplo, a partir de:

- i. *la desviación standard de una serie de mediciones realizadas durante la calibración, o la desviación standard del promedio de una serie de mediciones*
- ii. *la desviación standard combinada de varias series de mediciones*
- iii. *la desviación standard histórica, evaluada a partir de registros previos o por la experiencia previa del laboratorio*
- iv. *la incertidumbre declarada en certificados de calibración de patrones o instrumentos de medición*
- v. *la exactitud especificada por el fabricante de un instrumento*
- vi. *la incertidumbre obtenida a partir de la asunción de una distribución de probabilidad (por ejemplo, una distribución rectangular en la evaluación de la incertidumbre asociada a la resolución de una lectura)*

(c) Los coeficientes de sensibilidad correspondientes a cada uno de los componentes citados en (a). En muchas situaciones, se conoce el modelo matemático asociado a la medición ([2], 4.1.1.), expresado en forma similar a:

$$y = f(x_1, \dots, x_k)$$

donde y es el resultado de la medición (por ejemplo, el desvío del instrumento sujeto a calibración en un punto), y x_1, \dots, x_k son los valores estimados de los componentes de entrada. En tal caso, es suficiente con explicitar tal modelo, dado que la expresión para los coeficientes de sensibilidad se obtiene a partir del mismo derivando parcialmente y respecto de cada uno de los x_i .

La contribución u_i , que cada uno de los componentes aporta a la incertidumbre del resultado, se calcula como el producto de la incertidumbre standard asociada a un componente, mencionada en (b), por el coeficiente de sensibilidad correspondiente, mencionado en este punto.

(d) La incertidumbre standard combinada del resultado de la medición o calibración se calcula sumando cuadráticamente las contribuciones u_i , asociadas a todos los componentes. Debe mencionarse, también, de qué manera se calcula la incertidumbre expandida, incluyendo el factor de cobertura y/o nivel de confianza asociado.

4. Además del análisis de incertidumbre mencionado en el punto anterior, deberá mostrarse el cálculo para una situación típica de calibración, incluyendo sus resultados numéricos. Este cálculo puede ser mostrado en la forma de planilla, o balance de incertidumbres (*uncertainty budget*), que agrupa sintéticamente a todos los elementos mencionados en el punto 3:

Magnitud	Valor estimado	Incertidumbre standard	Coefficiente de sensibilidad	Contribución
componente 1	X_1	$u(x_1)$	c_1	$u_1 = c_1 \cdot u(x_1)$
componente 2	X_2	$u(x_2)$	c_2	$u_2 = c_2 \cdot u(x_2)$
...
componente k	x_k	$u(x_k)$	c_k	$u_k = c_k \cdot u(x_k)$
resultado	$y = f(x_1, \dots, x_k)$			$u(y) = \sqrt{\sum_i u_i^2}$

La expresión de incertidumbres en certificados de calibración debe estar acompañada por una declaración del nivel de confianza asociado a la incertidumbre expandida informada. Por ejemplo, puede incluirse una frase similar a la siguiente en los certificados de calibración:

“La incertidumbre de medición expandida informada fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura $k=2$, lo que corresponde a un nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal”

Referencias:

1. Norma IRAM 301: 2000, equivalente a la Norma ISO/IEC 17025, *“Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”*.
2. *“Guía para la expresión de incertidumbres de medición”*, [segunda impresión, INTI, 2000], traducción INTI-CEFIS de *“Guide to the expression of uncertainty in measurements”* BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993. Este documento puede ser adquirido en la secretaría del CEFIS.
3. EA-4/02 *“Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration”*. Este documento puede ser obtenido en: www.european-accreditation.org/documents#EA4
4. TN 1297, *“Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results”*, Barry N. Taylor and Chris E. Kuyatt. Este documento puede ser obtenido en: <http://physics.nist.gov/Pubs/guidelines/contents.html>