

CARACTERIZACIÓN DE LA LINEALIDAD DE LA ESCALA DE UNA MICROBALANZA EN EL ALCANCE DE 10 A 100 MILIGRAMOS

L. Touceda⁽¹⁾, R. Quille⁽¹⁾

ltouceda@inti.gov.ar, rquille@inti.gov.ar

⁽¹⁾Laboratorio de Masa, Departamento de Mecánica y Acústica, DT Metrología Física- INTI.

Palabras Clave: Microbalanza, Linealidad, Método alternativo.

INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de Masa del Departamento de Mecánica y Acústica se realiza la Diseminación del patrón nacional de masa, denominado "K30" cuyo valor nominal es de 1 kg, para desarrollar la escala nacional de patrones de masa en el alcance de 1 mg a 1000 kg. Una de las tareas del laboratorio es evaluar metrológicamente los instrumentos de pesar utilizados como medio de medición en el desarrollo de la escala de masa que sostiene las mediciones en las transacciones comerciales, en la industria, y en el medio legal del país. En este sentido se realizó la caracterización de la linealidad de escala de indicación de una microbalanza, aplicando el método alternativo de calibración de microbalanzas [1].

OBJETIVO

Caracterizar la linealidad de la escala de indicación de una microbalanza en el alcance de 10 mg a 100 mg, aplicando el método alternativo de calibración de microbalanzas.

DESARROLLO

La microbalanza utilizada es de tipo mecánica-electrónica de capacidad máxima de 5 g con resolución de 0,0001 mg, utilizada como comparador de masa, en la diseminación de la escala de masa y calibración de pesas clase E₁. El instrumento mencionado cuenta con una escala electrónica en el alcance de 0 a 100 mg y tiene un sistema de pesas internas desde 100 mg hasta 5 g. Para la caracterización de la linealidad de la microbalanza se aplicó un método alternativo [1]. La ventaja de este método con respecto al método tradicional de calibración de balanzas es que se obtiene una menor incertidumbre de medición, y solamente es necesario contar con una pesa patrón calibrada con incertidumbre de clase de exactitud E₁ [2] o mejor. En este estudio de la linealidad de la microbalanza se utilizaron una pesa patrón de valor nominal 100 mg con incertidumbre a clase E₁ de acero inoxidable, y seis pesas auxiliares, tipo laminar, de aluminio y

acero inoxidable, de valores nominales de 10 mg, 10 mg, 20 mg, 20 mg, 50 mg y 50 mg (Figura 1) sin calibración previa, pero con características metrológicas de pesas a clase E₂.

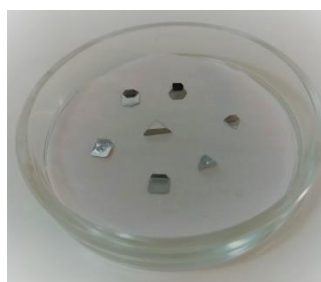


Figura 1: Pesas utilizadas en el estudio de la linealidad de la microbalanza desde 10 mg hasta 100 mg.

El error de linealidad puede entenderse como el error de indicación que se obtendría cuando el error convencional de la pesa [2] de ajuste sea igual a cero, según literatura [1].

En calibración de pesas no nos interesa los errores de indicación de la balanza debido a que no realizamos pesadas absolutas sino mediciones relativas. En nuestro caso nos interesa saber la linealidad en el rango de la diferencia entre la pesa patrón y la pesa incógnita. Mediante el método alternativo podemos determinar los errores de indicación de la microbalanza y posteriormente deducir los errores de linealidad. Este método aplica los Cuadrados Mínimos Ordinarios en su versión matricial, para determinar de manera aproximada los errores de indicación y su incertidumbre. El modelo general sería

$$AE = L + e \quad (1)$$

$$E = (A^T A)^{-1} A^T L \quad (2)$$

donde $L = I - Mn$

I : es la indicación obtenida de la microbalanza
 Mn : es masa convencional de la pesa o conjuntos de pesas

A : es la matriz de diseño conteniendo sólo coeficientes 0 y 1.

E : es el vector columna de las incógnitas, contiene los errores de indicación de los 10 puntos evaluados.

e : es el vector columna de los posibles errores aleatorios que influyen en el proceso de medición. Este vector se asume cero para la solución del modelo.

La ecuación 2 sería la solución aproximada por Cuadrados Mínimos del modelo (ecuación 1). Siempre en cuando que el producto $(A^T A)$ tenga inversa. La ecuación para estimar la incertidumbre asociada U se describe en la literatura [1].

RESULTADOS

En la tabla 1 observamos que los errores de indicación, tienen un comportamiento ascendente el cual no influyen en nuestras mediciones debido a que no realizamos pesadas absolutas.

Tabla 1: Resultados de los Errores de Indicación y de Linealidad y su incertidumbre (k=2) para cada carga

Carga / g	Error de Indicación / μg	Incertidumbre / μg
0,00	0,0	0,9
0,01	4,5	0,9
0,02	9,1	1,0
0,03	13,9	1,1
0,04	19,2	1,6
0,05	23,8	1,3
0,06	28,7	1,6
0,07	33,5	1,7
0,08	38,3	1,8
0,09	43,0	2,0
0,10	47,1	1,6

También, en la tabla 1 se muestran los valores de incertidumbre expandida (k=2) que corresponde al proceso de medición del instrumento, que muestra un incremento desde 0,9 hasta 2 microgramos (μg). Estos resultados son aceptables debido a que para la carga de 100 mg la incertidumbre se aproxima a la incertidumbre de calibración de la pesa patrón de 100 mg clase E_1 (1,5 μg). En la tabla 2 observamos que el error de linealidad hasta 0,05 g tiene un comportamiento de acuerdo a lo que indica el manual del fabricante (+/- 0,3 μg). Sin embargo entre 0,06 g y 0,09 g, se observa un comportamiento ascendente que supera el error tolerado por el fabricante, posiblemente este comportamiento sea propio del desgaste por el uso del instrumento. En la figura 2 se muestra

graficamente los errores de linealidad en función de la carga aplicada.

Tabla 2: Resultados de los Errores de Linealidad para cada carga aplicada

Carga / g	Error de Linealidad / μg
0,00	0,0
0,01	-0,2
0,02	-0,3
0,03	-0,3
0,04	0,3
0,05	0,2
0,06	0,5
0,07	0,5
0,08	0,7
0,09	0,7
0,10	0,0

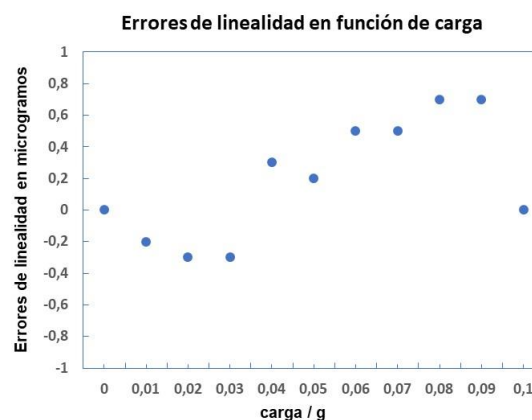


Figura 2: Errores de linealidad en función de la carga aplicada.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los errores de linealidad obtenidos nos aporta información importante a considerar en el uso del instrumento, y nos permite analizar su contribución en el balance de incertidumbre de la disseminación de la unidad de masa y calibración de pesas de clase E_1 en el alcance desde 1 mg hasta 5 g.

En mediciones directas en una balanza es necesario tener en cuenta los errores de indicación y linealidad de una balanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kornblit, F., Leiblich, J., Sanchez, J. Método alternativo para la determinación de errores de indicación y de linealidad en microbalanzas”, Simposio de Metrología Memorias CENAM, 2012 pág. 90-95.
- [2] Recomendación Internacional OIML R 111-1 Weights of classes $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}$ and M_3 Edición (E) 2004.