

MEJORAS EN LA REALIZACIÓN PRÁCTICA DE LA CADENA DE TRAZABILIDAD DE PESAS DE ALTA CAPACIDAD

J. Sánchez, R. Quille, C. Comi

Unidad Técnica Masa- Centro de Física y Metrología

sanchezj@inti.gob.ar rquille@inti.gob.ar ccomi@inti.gob.ar

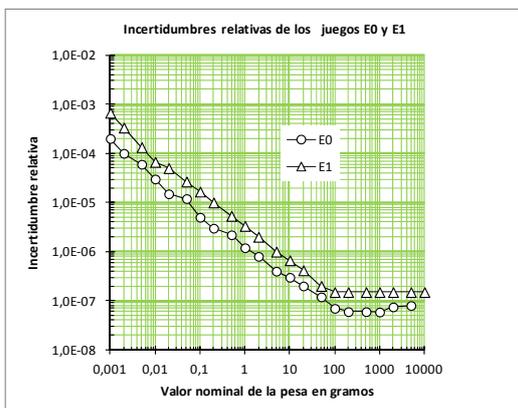
La *Unidad Técnica Masa del Centro de Física y Metrología* es responsable de la diseminación del patrón nacional de masa, cuyo valor nominal es de 1 kg, para generar la escala de patrones de masa de 1 mg a 1000 kg. En nuestro país las pesas están reglamentadas por la resolución 456/83 de la Secretaría de Comercio. Dicha resolución establece cinco clases de pesas (E1, E2, F1, F2 y M1) con valores comprendidos entre 1 mg y 50 kg, una clase (M2) con valores comprendidos entre 1 g y 10 kg y dos clases (n=10000 y n=5000) con valores comprendidos entre 100 kg y 1000 kg.

La demanda de calibración de pesas de alta capacidad, con valores típicos de 500 kg y 1000 kg y una incertidumbre de calibración relativa de 15×10^{-6} , creció en los últimos 14 años debido a la gran demanda de verificación de balanzas de alta capacidad en el ámbito de la Metrología Legal. En la actualidad, además de los laboratorios de INTI, existen por lo menos cinco laboratorios privados pertenecientes al *Servicio Argentino de Calibración y Medición, SAC*, que calibran pesas de alta capacidad.

El objetivo de este proyecto es mejorar los procesos de transferencia del patrón nacional de 1 kg con una incertidumbre relativa de 3×10^{-8} a pesas de 500 kg y 1000 kg con una incertidumbre relativa de 5×10^{-6} las cuales son utilizadas como patrones por los laboratorios regionales de INTI y la red SAC.

Primer paso, 1 mg a 10 kg clase E1

Mediante un proceso de calibración por subdivisión se determinan los errores de un juego de pesas de 1 mg a 5 kg a partir del patrón nacional de 1 kg (*en adelante clase "E0"*) y con ellas se calibran los juegos de trabajo clase E1 de 1 mg a 10 kg por comparación directa.



Segundo paso, 50 kg a 500 kg clase F1

Con cinco pesas de 10 kg clase E1 como patrón de 50 kg, se calibran nueve pesas de 50 kg clase F1 y una bandeja portapesas también de 50 kg fabricada con las características físicas de una pesa clase F1 para completar 500 kg con una incertidumbre relativa de $1,5 \times 10^{-6}$. Con las 9 pesas de 50 kg y la bandeja portapesas, es decir con las 9 pesas de 50 kg y la bandeja portapesas "materializamos" una pesa de 500 kg clase F1.

Antes de las mejoras

Las pesas de 50 kg se calibraban cargando una balanza de plataforma en forma manual. Para lograr la repetibilidad requerida era necesario realizar entre 10 y 20 ciclos tipo **ABBA**. Los errores de excentricidad del comparador (cambios de indicación con cargas excéntricas) y las diferencias de distribución de carga sobre la plataforma entre la pesa de 50 kg y las cinco de 10 kg, generan falta de repetibilidad y, lo más grave, pueden generar diferencias sistemáticas en los resultados.

Después de las mejoras

Se construyó un intercambiador de pesas para ser utilizado con una balanza de 60 kg de capacidad con una resolución de 5 mg. Para eliminar los errores de excentricidad del comparador el receptor de cargas del intercambiador "cuelga" de la balanza a través de un pórtico que apoya sobre una bolilla de acero colocada en el centro del receptor de cargas del comparador.



Intercambiador cargado con la pesa a calibrar y los patrones de 10 kg. El malacate se utiliza para cargar la pesa de 50 kg

Prestaciones (incertidumbre atribuible al comparador)

Información obtenida de la calibración de 9 pesas de 50 kg utilizando 4 ciclos ABBA en cada pesa:

- 1- $u_w = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,0054 \text{ mg}}{\sqrt{4}} = 2,7 \text{ mg}$
- 2- $u_r = \frac{\text{resolución}}{2\sqrt{3}} \sqrt{2} = \frac{5 \text{ mg}}{2\sqrt{3}} \sqrt{2} = 2,0 \text{ mg}$
- 3- $u_{ex} = \frac{\text{error de excent}}{\sqrt{3}} = \frac{7,5 \text{ mg}}{\sqrt{3}} = 4,3 \text{ mg}$
- 4- $u_{comb} = \sqrt{u_w^2 + u_r^2 + u_{ex}^2} = 5,5 \text{ mg}$
- 5- Finalmente la componente de incertidumbre debida al comparador es:
 $U_{(k=2)} = 11 \text{ mg}$

Tercer paso, montaje del patrón de 500 kg clase F1



Armado del conjunto

Cuarto y último paso, calibración de pesas de 500 y 1000 kg



Calibración de una pesa clase F2, en el comparador de brazos iguales de 1000 kg de capacidad



La medición en un comparador de brazos iguales demanda mucho tiempo y esfuerzo para realizar un ciclo ABBA.

Los comparadores de masa electrónicos agilizan las mediciones pero presentan un defecto difícil de controlar, los errores de excentricidad.

Mejoras programadas

Se diseñó un comparador especial con muy bajo error de excentricidad y baja deriva aplicando los mismos principios del intercambiador de 50 kg. Antes de iniciar el pedido de construcción del comparador se realizaron ensayos con una

estructura prototipo experimental construida y facilitada gentilmente por la empresa Dolz Hnos SRL (laboratorio de calibración que pertenece a la red SAC).

*Izquierda- prototipo experimental de 500 kg de capacidad máxima y 0,5 g de resolución.
 Derecha- forma práctica de "armar" un patrón de 1000 kg clase F2 con dos pesas de 500 kg calibradas con una incertidumbre relativa de 5×10^{-6}*



Prestaciones



Información obtenida de la calibración de 3 pesas de 500 kg utilizando 5 ciclos ABBA en cada pesa:

- 1- $u_w = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,34 \text{ g}}{\sqrt{5}} = 0,15 \text{ g}$
- 2- $u_r = \frac{\text{resolución}}{2\sqrt{3}} \sqrt{2} = \frac{0,5 \text{ g}}{2\sqrt{3}} \sqrt{2} = 0,2 \text{ g}$
- 3- $u_{ex} = \frac{\text{error de excent}}{\sqrt{3}} = \frac{0,75 \text{ g}}{\sqrt{3}} = 0,43 \text{ g}$
- 4- $u_{comb} = \sqrt{u_w^2 + u_r^2 + u_{ex}^2} = 0,50 \text{ g}$
- 5- Finalmente la componente de incertidumbre debida al comparador es:
 $U_{(k=2)} = 1,0 \text{ g}$

Conclusiones

Los resultado de los ensayos demuestran una mejora apreciable en la incertidumbre de calibración de pesas de 50 kg (5×10^{-7}) y una materialización más eficiente del patrón de 500 kg clase F1 cuyas partes tienen las características físicas recomendadas por la OIML.

Por otra parte estos resultados nos permitirán mejorar las CMCs publicadas (actualmente M1 para 500 y 1000 kg) cuando hayamos finalizado la instalación del comparador de 500 kg y 1000 kg

Bibliografía

- 1-Resolución 456/83 de la Secretaría de Comercio: Reglamentación metrológica y técnica de pesas
- 2-International Recommendation OIML R111-1 Edition 2004, Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 and M3 Part 1: Metrological and technical requirements