

## Realización actual del Patrón Nacional de Masa - Implementación de la medición de susceptibilidad magnética y rugosidad en patrones de masa

Serra, R. D.; Passarino, M. N.

Departamento de Patrones Nacionales de Medida (DPNM)

El presente trabajo tiene como objetivo informar sobre las actividades desarrolladas por el laboratorio de masa del DPNM. Su misión fundamental es la realización de la unidad de masa. Mantenimiento y custodia del kilogramo.

Como laboratorio de referencia nacional está obligado a participar en comparaciones internacionales que permitan demostrar su capacidad de medición y lograr el reconocimiento mutuo de sus pares.

La recomendación R-111/94 de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) establece las características y cualidades metrológicas que deben cumplir los patrones de masa. Especifica los errores máximos tolerados (EMT), los límites de la densidad del material con el cual deben estar contruidos, el límite máximo de susceptibilidad magnética permitido, la rugosidad superficial, etc. Nuestro laboratorio debe asegurar una precisión relativa de  $\pm 6 \times 10^{-8}$ . Para ello es necesario aplicar la metodología adecuada para la medición de todos estos parámetros.

Todo esto conlleva a las "buenas prácticas de las mediciones" (GMP) de masa.

### TRANSFERENCIA A PATRONES SECUNDARIO

La jerarquía de patrones de nuestro laboratorio presenta en su vértice dos pesas de 1 kg identificadas, K30 y PTB48, en acero inoxidable; siendo estas el eslabón de la cadena de trazabilidad al Prototipo Internacional de Pt/Ir (BIPM). A partir de ellas se transfiere a patrones testigos, K29 y PTB47, y a un juego de 11 pesas cilíndricas de 1 kg de las mismas características que las identificadas con la letra K, cilíndricas de igual altura que diámetro.

Para el procesamiento de los datos de diseminación nuestro laboratorio cuenta con un software propio, desarrollado en Visual C++, el cual está basado en la resolución de sistemas de ecuaciones sobredeterminados por aplicación del método de cuadrados mínimos. Ingresando los datos de uno o más patrones (valor nominal, error y densidad) y la matriz correspondiente al esquema de medición elegido es posible obtener, a partir de las comparaciones individuales, los valores de todas las incógnitas con sus respectivas incertidumbres. El programa también toma en cuenta los datos ambientales obtenidos durante la medición lo cual permite realizar las correcciones debidas al empuje del aire ya que en general se comparan pesas de diferentes densidades. Estas correcciones resultan relevantes cuando se trabaja con pesas de clase "E<sub>0</sub>" y E<sub>1</sub>.

Como ejemplo se muestra un esquema de medición utilizado en la transferencia de los patrones primarios de 1 kg a los secundarios.

Esquema de comparación

K30	PTB48	K29	PTB47	Valores obs. [μg]
-1	+1	0	0	-28,89
-1	0	+1	0	-267,50
-1	0	0	+1	-192,36
0	-1	+1	0	-224,50
0	-1	0	+1	-134,86
0	0	-1	+1	+100,56

Densidad del aire en la medición:  $(1,204 \pm 0,001) \text{ mg/cm}^3$

K30:  $1 \text{ kg} + 0,112 \text{ mg} \pm 0,013 \text{ mg}$  ( $k=1$ ) densidad:  $7,949 \text{ g/cm}^3$

#### Resultados obtenidos:

PTB48:  $1 \text{ kg} + 0,920 \text{ mg} \pm 0,060 \text{ mg}$ , densidad:  $7,957 \text{ g/cm}^3$

K29:  $1 \text{ kg} + 0,842 \text{ mg} \pm 0,060 \text{ mg}$ , densidad:  $7,949 \text{ g/cm}^3$

PTB47:  $1 \text{ kg} + 0,781 \text{ mg} \pm 0,060 \text{ mg}$ , densidad:  $7,957 \text{ g/cm}^3$

La estabilidad de las condiciones ambientales es fundamental durante la realización de las comparaciones. El laboratorio cuenta con una sala controlada en temperatura ( $\pm 0,3$  °C por hora) y humedad (aprox. 40 % con un máximo de  $\pm 3$  % en 4 horas). Una serie de cuatro comparadores de masa permiten diseminar desde 1 kg a múltiplos y submúltiplos. Sus capacidades son:

**5 g** con resolución  $\pm 0,1$   $\mu\text{g}$  / **50 g** con resolución  $\pm 1$   $\mu\text{g}$

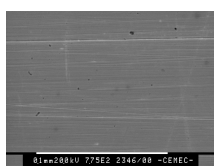
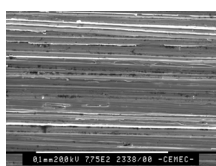
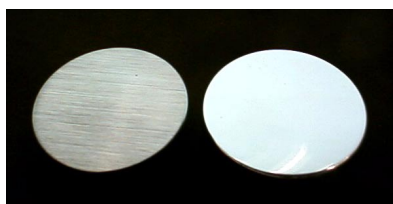
**1 kg** con resolución  $\pm 1$   $\mu\text{g}$  / **10 kg** con resolución  $\pm 100$   $\mu\text{g}$

### MEDICIÓN DE RUGOSIDAD

La calidad de la superficie de los patrones es fundamental para la conservación de la masa. Por ello, la rugosidad superficial es un parámetro importante a controlar dado que a mayor rugosidad mayor superficie de intercambio con el medio ambiente. Los fenómenos que se manifiestan en las superficies son los de absorción y adsorción. La recomendación R-111/94 establece tolerancias máximas admisibles para la altura promedio entre pico y valle ( $R_z$ ). Estas se indican a continuación:

Clase	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
R <sub>z</sub> ( $\mu\text{m}$ )	0,5	1	2	5

Para la evaluación de dicho parámetro se ha construido un juego de doce patrones de rugosidad de forma cilíndrica, cuyas caras superiores representan las distintas etapas de pulido en la fabricación de pesas de clase E. Se han escaneado en un microscopio electrónico de barrido para ser comparadas con los resultados obtenidos de un rugosímetro mecánico. En las fotos se muestran los cilindros de mayor y menor rugosidad y las correspondiente del microscopio electrónico.



### MEDICIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

La evolución del principio de funcionamiento de los instrumentos de pesar, desde los sistemas mecánicos hasta los de compensación electromagnética de fuerzas, ha impuesto la necesidad de la determinación de las características magnéticas de los patrones de masa. Una pesa que exceda los valores máximos de susceptibilidad,  $\chi$ , altera la indicación de la balanza. La R-111/94 establece dichos valores (ver tabla).

Clase	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
$\geq 100$ g	0,010	0,020	0,07	0,21
< 100 g	0,025	0,075	0,25	0,75
$\leq 1$ g	0,120	0,370	1,20	

Para la medición de dicho parámetro se adaptó a nuestras posibilidades el dispositivo propuesto por el Dr. R. Davis (BIPM).



Se utilizan dos cilindros magnéticos de altura 2,5 mm y diámetro 5 mm, cuyo eje de magnetización coincide con su eje geométrico. El principio de medición requiere de la distancia que separa la pesa a controlar de los cilindros magnéticos, de las dimensiones y forma de la pesa, del valor de la aceleración de la gravedad del lugar, de la diferencia de masa detectada en el comparador (50 g, resolución  $\pm 1$   $\mu\text{g}$ ) y del valor del campo magnético calculado. Se utiliza en las mediciones un calibre de altura y un laser para lograr el mejor centrado del sistema.

#### Mediciones realizadas:

Valor Nominal	Forma	Susceptibilidad magnética ( $\chi$ )
100 g	cilíndrica	0,011
100 g	internacional	0,011
500 g	cilíndrica	0,110
500 g	internacional	0,015

Para mayor información contactarse con:

Mirta Passarino – [passarin@inti.gov.ar](mailto:passarin@inti.gov.ar)

[Volver a página principal](#) ◀