

## CALIBRACIÓN INTERFEROMÉTRICA DE BLOQUES PATRÓN: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MEDICIÓN

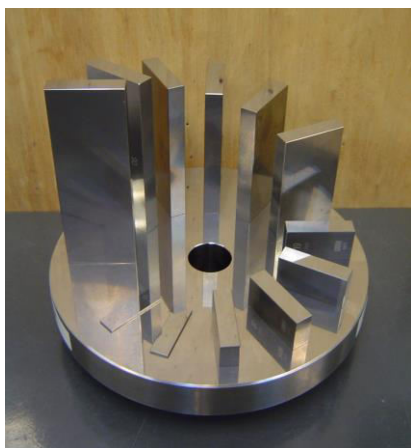
E. Beer , G. Giarmata , L. Alvarez  
INTI Física y Metrología  
ethelb@inti.gov.ar

### **OBJETIVO**

Disminuir la duración del turno de calibración interferométrica de un juego de 122 Bloques Patrón, manteniendo la incertidumbre declarada como Capacidad de Calibración y Medición ante el *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) para este servicio.

### **DESCRIPCIÓN**

La unidad de longitud, el metro, es la distancia que recorre la luz en un tiempo igual a  $1/299\,792\,458$  s. Dicha unidad, se materializa por medio de bloques patrón (BP) de diferentes longitudes nominales y materiales (Figura 1). El método más exacto y preciso para calibrar la longitud de los BP es a través de técnicas interferométricas. De acuerdo con la norma ISO 3650, la longitud de un BP que se calibra interferométricamente, se define como la distancia desde una de sus caras, hasta una superficie de referencia sobre la que el BP está adherido.



**Figura 1:** BP adheridos a una platina de referencia.

Las caras de los BP se identifican como A y B. El resultado final de una calibración interferométrica, es el desvío al centro del BP ( $f_n$ ), respecto de su longitud nominal  $L$ . Un juego de BP típico, tiene 122 BP de distintas longitudes nominales ( $L$ ) desde 0.5 mm hasta 100 mm. En el proceso tradicional, se realizan mediciones adhiriendo los BP por ambas caras, y se informa el promedio de ambas. Si la diferencia entre ambos  $f_n$  es mayor a 20 nm, se debe repetir alguna de las mediciones. Para informar un  $f_n$  promedio, obtenido a partir de

los valores de  $f_n$  de cada cara, se debe realizar una cantidad de mediciones mayor a 244, dado que se realizan repeticiones porque algunas mediciones pueden resultar fallidas, o no se ajustan al criterio de 20 nm de diferencia.

El proceso de adhesión de los BP a la superficie de referencia, se realiza en forma manual, friccionando los BP contra la misma. Debido al tamaño de las superficies de referencia utilizadas, las mediciones se realizan en tandas. El proceso de adhesión ocupa gran parte del tiempo de calibración de un juego de BP. En este trabajo se analizaron los resultados de calibraciones de un juego de 122 BP, en las que se utilizó el método tradicional. El objetivo del análisis es evaluar la posibilidad de adherir los BP una única vez manteniendo los valores de incertidumbre actuales, para acortar los tiempos de calibración. El juego de bloques fue calibrado en los años 2007 y 2010. En cada calibración, se compararon, para cada BP, los  $f_n$  de ambas caras calculando coeficientes de solapamiento,  $S$  (Ecuación 1) a partir de los intervalos de confianza obtenidos:

$$S = \frac{(f_n - f'_n) + 2U}{2U} \quad f'_n > f_n \quad (1)$$

Donde  $f_n$  y  $f'_n$  son los resultados de las mediciones que se quieren comparar y  $U$  es la incertidumbre expandida correspondiente. Esta incertidumbre corresponde a la capacidad de medición y calibración declarada por el INTI ante el BIPM para la calibración interferométrica de BP. Los coeficientes  $S$  indican si los intervalos de confianza obtenidos en cada calibración son equivalentes.  $S=1$  significa que los intervalos son iguales.  $S=0.5$ , indica que se solapan en un 50%. Coeficientes  $S$  con valores entre 0 y 1 implican que la diferencia entre los valores medidos es menor a  $U$ . Valores menores o iguales a cero significan que no hay equivalencia entre las mediciones. También se calcularon los valores de  $S$ , comparando los  $f_n$  de ambas calibraciones para cada cara; y se analizaron la cantidad de repeticiones realizadas en cada calibración. Para hacer el análisis se dividió la caja en varios rangos de longitud nominal.

## RESULTADOS

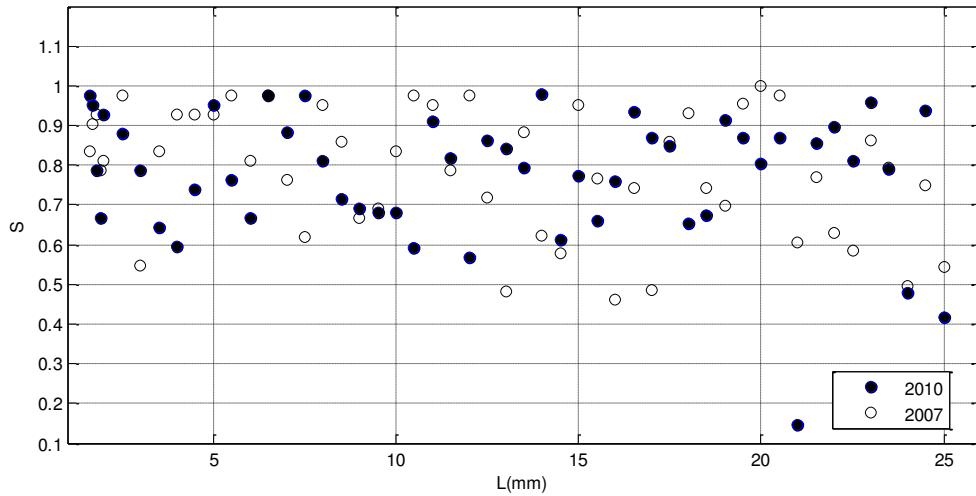


Figura 2: Coeficientes de solapamiento,  $S$  en función de la longitud nominal  $L$ .

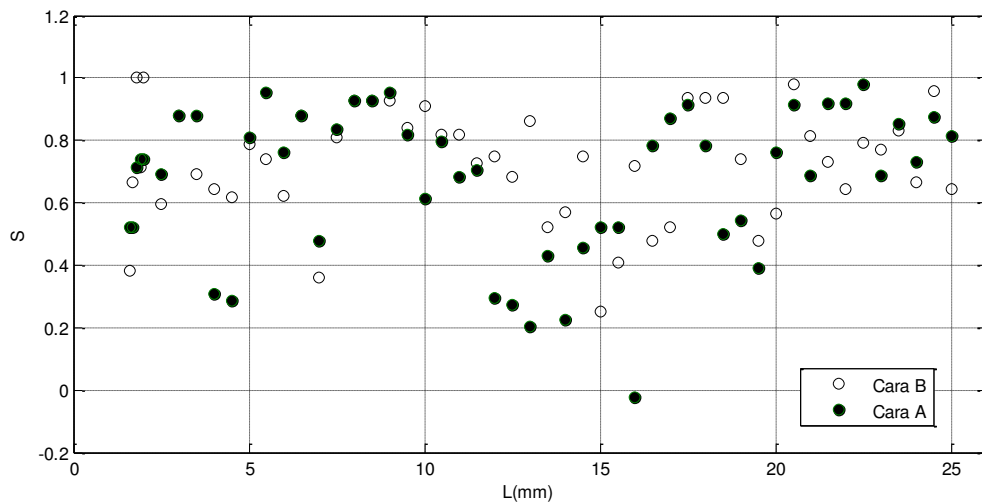


Figura 3: Coeficientes  $S$  en función de  $L$  comparando los  $f_n$  correspondientes a las caras A y B de las calibraciones de 2007 y 2010

Para la calibración del año 2007 se calcularon los coeficientes  $S$  para comparar los  $f_n$  de cada cara. Para todos los BP del juego se obtuvieron coeficientes  $S$  entre 0.5 y 1, excepto para 6 BP. En la Figura 2, se pueden ver los valores de  $S$  en función de la longitud nominal,  $L$ , para el rango de 1.6 mm hasta 25 mm. La cantidad de BP con repeticiones fue de 8. Haciendo el mismo análisis para la calibración del 2010 se calcularon coeficientes  $S$  entre 0.5 y 1, excepto para 3 BP. En este caso, la cantidad de BP con repeticiones fue de 34. También se calcularon los coeficientes  $S$  comparando los  $f_n$  de las caras A obtenidos en 2007 y 2010 (Figura 3). Se encontraron 22 BP con  $S < 0.5$  para esta comparación. Para las caras B, se encontraron 23 BP de la caja con  $S < 0.5$ .

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados anteriores, se decidió abandonar el criterio tradicional de adhesión por ambas caras, y adoptar uno nuevo en el que se calibra una única cara. El criterio para decidir si una medición es válida se basa en el cálculo del coeficiente  $S$ , respecto del valor obtenido en la calibración anterior. La medición es válida si  $S > 0.5$ . Aplicando este nuevo criterio, se redujo el número total de mediciones, incluidas las repeticiones, y se llevó el tiempo de calibración del juego de BP a la mitad. Pasando de 2 meses a 1 mes.