

OBJETO.

El objeto del presente PROCESO DE CALIBRACIÓN es definir la pauta utilizada en el software CALIBRO para la calibración de bloques patrón longitudinales, y que se deriva del proceso de calibración SCI D-001, del Sistema de Calibración del Ministerio de Industria y Energía de España (Miner).

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.

La calibración de los bloques patrón longitudinales se realiza determinando su longitud y verificando la planitud y el paralelismo de sus caras de medida por medición directa, de forma absoluta o diferencial, con instrumentos de nivel metrológico adecuado a la calidad de los bloques.

En la calibración de bloques patrón longitudinales la magnitud fundamental que se certifica (longitud del bloque) es la longitud en el centro [4], después de verificar que las caras de medida son planas y paralelas dentro de las tolerancias que para las diferentes calidades establece la norma UNE 82-311 [4]. Como es habitual que, además de recoger el valor de la longitud del bloque con la incertidumbre correspondiente, el certificado de calibración exprese explícitamente la conformidad de dicho valor con una de las calidades normalizadas por UNE 82-311, se incluyen en el apartado 7 las tolerancias respectivas para la longitud del bloque y para la variación o diferencia de longitud (parámetro que cuantifica conjuntamente las desviaciones de planitud y paralelismo de las caras de medida).

Como ya se ha indicado, el presente proceso de calibración no aborda la calibración interferométrica, cuyos fundamentos pueden consultarse en otros trabajos [5], y se limita al denominado método de comparación, adecuado para las calidades 0,1 y 2; los bloques de calidad 0 se comparan con los de calidad 00 y los de calidades 1 y 2 con sus correspondientes de calidad 0.

En este procedimiento, las caras de medida de los bloques patrón longitudinales se denominan A y B, de acuerdo con el criterio indicado en la Figura 1.

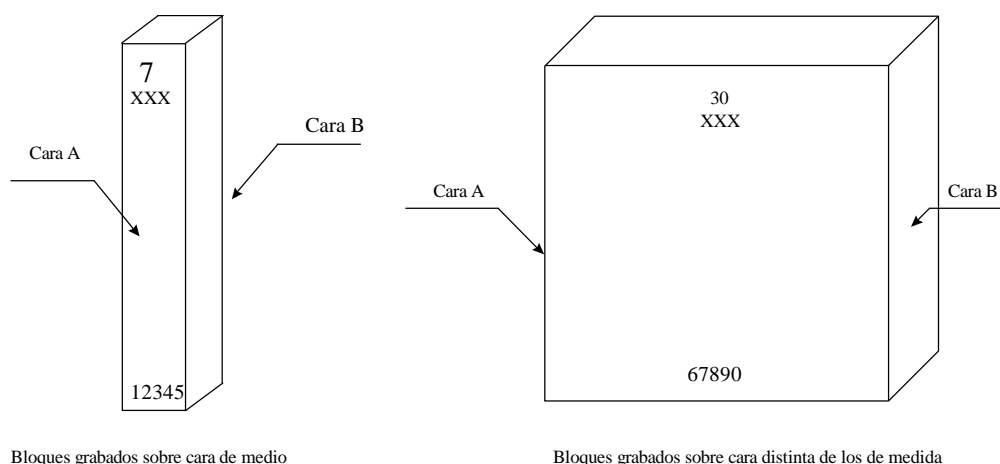


Figura 1: Identificación de caras A y B

NOTA: Se indicará siempre la cara sobre la que se mide (no la contraria que apoya sobre una base o se pega a un cuarzo)

La calibración se efectúa en comparador de doble palpador, generalmente electrónico y de tipo inductivo, con división de escala $E = 0.01 \mu\text{m}$ para las calidades (0-00) y $E = 0,1 \mu\text{m}$ para las calidades (1-0).

La calibración de la calidad 2 a partir de la 0 (2-0) puede hacerse con comparador mecánico de deformación elástica, con palpado simple y división de escala $E = 0,1 \mu\text{m}$

Una vez limpios los bloques, se debe realizar una inspección visual de los mismos, sobre todo de sus caras de medida, para comprobar que no existen rayas, puntos de oxidación u otros defectos que pueden, a juicio del laboratorio, desaconsejar la calibración solicitada.

Se recomienda el uso de guantes, pantalla protectora, manipuladores automáticos, plantilla de posicionado y cualquier otro accesorio que redunde en una mejor calidad del trabajo de calibración.

La calibración de las calidades (0-00) y (1-0) debe hacerse en la sala de metrología con control de temperatura en $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. La calibración (2-0) puede realizarse en salas de metrología con acondicionamiento en $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

En todo caso, el laboratorio de calibración debe asegurarse que los bloques que van a ser comparados han alcanzado una estabilización térmica suficiente antes de iniciar la calibración.

Los contactos sobre el bloques a calibrar (calibrando) se realizan en 5 ó 3 puntos por cara, según calidades (figura 2), y palpando siempre en el centro del bloque de mayor calidad, que actúa como patrón de referencia en la calibración. Durante esta operación, ambos bloques se colocan con sus caras de medida horizontales.

En la calibración de bloques 0 se realizan tres contactos en el centro de la cara del bloque 00, según la secuencia:

- centro del bloque 00 - centro del bloque 0.
- centro del bloque 00 - extremos (izquierda) del bloque 0.
- centro del bloque 00 - extremos (derecha) del bloque 0.

Cuando se calibran bloques 1 ó 2, solo se realiza un contacto en el centro del bloque 0, pasando luego al bloque en calibración (centro, extremo izquierdo y extremo derecho).

Sin embargo, es conveniente en ambos casos finalizar con un contacto de cierre sobre el centro que actúa de patrón de referencia en la calibración. Esta lectura, que no se registra, sirve exclusivamente como criterio de rechazo adicional al que se indica en (condición 1), ya que permite decidir si es preciso repetir la medida por deriva eléctrica de la señal de medida.

La comparación se inicia con la cara A en posición superior y después de realizar las medidas sobre ella (5 ó 3), se presenta la cara B en posición superior, girando 180° el bloque alrededor de un eje horizontal perpendicular a las caras laterales de mayor superficie.

La figura 2 es una vista en planta de las caras de medida de los bloques que se comparan, en los diferentes supuestos indicados. Las flechas indican el sentido de la rotación a aplicar a los bloques para cambiar de cara de medida.

En resumen, se realizan las siguientes medidas sobre el bloque a calibrar:

- (0 - 00): 5 puntos x 2 caras = 10 medidas.
- (1 - 00): 5 ó 3 puntos x 2 caras = 10 ó 6 medidas.
- (2 - 00): 3 puntos x 2 caras = 6 medidas.

Los bloques a comparar deben ser siempre del mismo material (acero - acero, carburo - carburo, cerámica - cerámica, etc.) para evitar las dilataciones diferenciales y las posibles diferencias de deformación de los palpadores.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN.

Se obtienen las diferencias entre las indicaciones de los puntos correspondientes en cada cara del bloque en comparación y del bloque patrón. Estos puntos son los que pertenecen a una misma recta perpendicular a las caras de medida., lo que se identifica por el subíndice numérico (figura 2). Al girar el bloque para cambiar de cara de medida, una vertical situada a la izquierda del mismo pasa a la derecha, y viceversa, lo que explica la numeración de los puntos de palpado, en cada posición del bloque, en dicha figura 2. Todas las medidas que deben efectuarse, dependiendo de la calidad de los bloques a calibrar, están recogidas en la tabla 3.

La longitud L_p del bloque que actúa como patrón en la calibración (00 ó 0) se obtiene mediante su nominal (L_o) y desviación al nominal (Δ):

$$L_p = L_o + \Delta \quad (1)$$

El bloque que se calibra (bloque en comparación) posee el mismo nominal que el patrón, pero su desviación (D) es, en general diferente. Por tanto, su longitud (L_c) responde a:

$$L_c = L_o + D \quad (2)$$

La desviación al nominal que se asigna al bloque que se calibra, determinada en el centro de sus caras de medida, se obtiene a partir de:

$$D = \Delta + \frac{1}{2}(\Delta_{1A} + \Delta_{1B}) \quad (3)$$

siendo Δ_{1A} y Δ_{1B} las diferencias de indicación entre los bloques (última columna de la tabla 3).

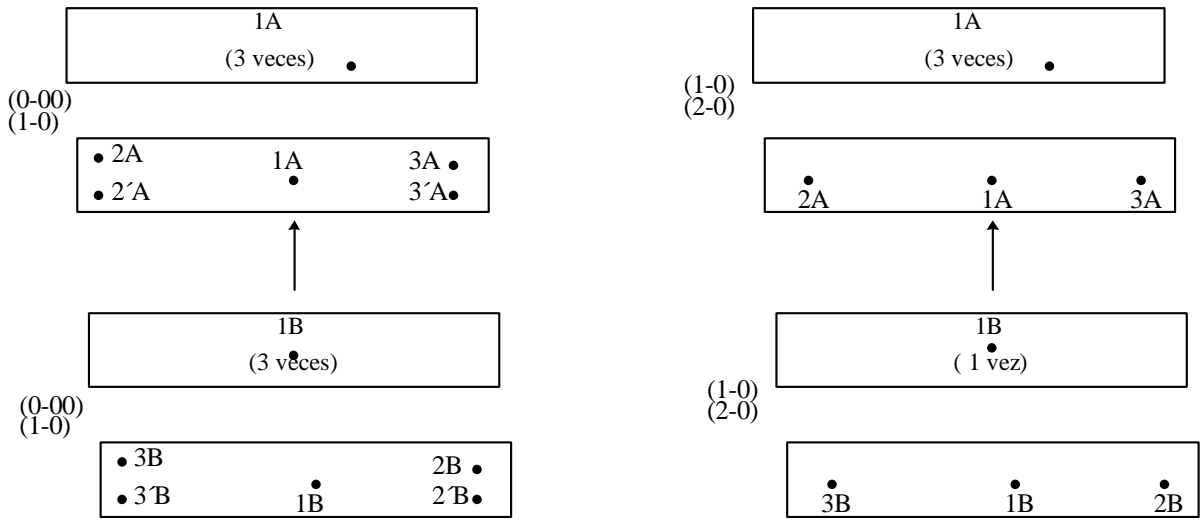


Figura 2: Puntos de palpado sobre las caras A y B

La variación de longitud (F) del bloque que se calibra es:

$$F = \Delta_{max} - \Delta_{min} \tag{4}$$

donde las diferencias máxima y mínima se refieren al total de las diferencias (6 ó 10) obtenidas en la calibración. Es decir:

$$\Delta_{max} = \max(\Delta_{1A}, \Delta_{1B}) \tag{5}$$

$$\Delta_{min} = \min(\Delta_{1A}, \Delta_{1B}) \tag{6}$$

Comparación	(1) Indicación en el bloque patrón	(2) Indicación en el bloque en comparación	(2)-(1) Diferencia de indicaciones
(0-00) (1-0)	P _{1A}	C _{1A}	Δ_{1A}
	P _{1A}	C _{2A} C _{2'A}	Δ_{2A} $\Delta_{2'A}$
	P _{1A}	C _{3A} C _{3'A}	Δ_{3A} $\Delta_{3'A}$
	P _{1B}	C _{1B}	Δ_{1B}
	P _{1B}	C _{2B} C _{2'B}	Δ_{2B} $\Delta_{2'B}$
	P _{1B}	C _{3B} C _{3'B}	Δ_{3B} $\Delta_{3'B}$
(1-0) (2-0)	P _{1A}	C _{1A} C _{2A} C _{3A}	Δ_{1A} Δ_{2A} Δ_{3A}
	P _{1B}	C _{1B}	Δ_{1B}
		C _{2B}	Δ_{2B}
C _{3B}		Δ_{3B}	

Tabla 3: Medidas en la calibración por comparación.

Se prevé un criterio de rechazo por falta de repetibilidad en el proceso de medida (condición 1), y dos comprobaciones para decidir si los valores de D y F se

encuentran dentro de las tolerancias del apartado 7 para las calidades que correspondan en cada caso (condiciones 2 y 3)

Condición 1

Los valores de las diferencias entre los puntos correspondientes de ambas caras (pertenecientes a una misma perpendicular a las caras de medida) no pueden resultar muy diferentes pues son expresiones de una misma longitud. Por tanto, la medición se rechaza si se alcanza alguna de las siguientes condiciones:

$$\left. \begin{aligned} |\Delta_{1A} - \Delta_{1B}| &> \frac{D_{max}}{2} \\ |\Delta_{2A} - \Delta_{2B}| &> \frac{D_{max}}{2} \\ |\Delta_{2'A} - \Delta_{2'B}| &> \frac{D_{max}}{2} \\ |\Delta_{3A} - \Delta_{3B}| &> \frac{D_{max}}{2} \\ |\Delta_{3'A} - \Delta_{3'B}| &> \frac{D_{max}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Si se presenta rechazo por esta condición debe procederse a una nueva medida, previa limpieza de los bloques y palpadores. Si el rechazo persiste debe suspenderse la calibración y revisarse el comparador.

Condición 2

El bloque calibrado no está dentro de su calidad si:

$$|D| > D_{max} \quad (8)$$

www.gesdocal.es

Condición 3

El bloque no está dentro de su calidad si:

$$F > F_{max} \quad (9)$$

La incertidumbre de la longitud certificada para el bloque como resultado de la calibración se obtiene componiendo la incertidumbre del bloque empleado como patrón de referencia con la incertidumbre de las mediciones correspondientes realizadas durante la calibración. En la práctica, el comparador se calibra en condiciones similares a las que existen cuando se calibran los bloques por lo que llamando I_c ($k=2$) a la incertidumbre del comparador en estas condiciones, e I_p ($k=2$) a la incertidumbre del bloque patrón de referencia resulta:

$$I(k = 2) = \sqrt{I_p^2 + I_c^2} \quad (10)$$

como incertidumbre del bloque calibrado.

Los certificados de calibración de los bloques patrón longitudinales de calidad 0 incluirán siempre la desviación al nominal de cada bloque, su variación de longitud y la correspondiente incertidumbre.

Los certificados de calibración de los bloques patrón longitudinales de calidad 1 ó 2 podrán limitarse a asegurar o no la pertenencia de cada bloque a la calidad correspondiente, aunque es deseable que incluyan la desviación al nominal e incertidumbre de cada bloque.

Dado que estos patrones suelen emplearse por juegos, con un número relativamente alto de bloques, se admite tanto la certificación individual por bloques como colectiva por juegos, pero este último caso "UN SOLO BLOQUE FUERA DE TOLERANCIA SITUÁ A TODO EL JUEGO FUERA DE LA CALIDAD CORRESPONDIENTE".

Se admite la sustitución de bloques por otros nuevos con igual numeración a efectos de "RECUPERACION DE LA CALIDAD DE UN JUEGO".

Se admite también la "DEGRADACION DE UN JUEGO" a una calidad inferior, haciéndolo constar de forma clara y permanente en su estuche.

PERIODOS DE CALIBRACIÓN.

El intervalo máximo entre dos calibraciones sucesivas de los bloques patrón longitudinales se establece en:

Bloques grado 0: treinta y seis meses.

Bloques grado 1 y 2: veinticuatro meses.

En cualquier caso, los periodos máximos señalados deben reducirse adecuadamente en función de la frecuencia y condiciones de utilización de los bloques, o por requisitos especiales de seguridad sobre los resultados de medida.

CALIDADES.

De acuerdo con lo establecido por ISO [3] [4], se establecen cuatro grados de calidad para los bloques patrón longitudinales: 00, 0, 1 y 2.

El valor máximo admisible para la desviación al valor nominal en el centro del bloque (D_{max}) define un intervalo de tolerancia simétrico alrededor de cero, de forma que la desviación al nominal (D) de cualquier bloque que pertenezca a una determinada calidad, obtenida mediante (3), ha de satisfacer:

$$-D_{max} \leq D \leq D_{max} \quad (11)$$

Así mismo, la variación de longitud (F), determinada a través de 4, no debe superar un valor máximo (F_{max}) Es decir:

$$0 \leq F \leq F_{max} \quad (12)$$

Los valores de D_{max} y F_{max} para las calidades indicadas, se recogen por grupos de longitudes nominales, en la tabla 4 que ha sido obtenida a partir de las fórmulas de la tabla 5 con ciertas reglas de redondeo definidas en las normas indicadas.

Grupo de longitudes nominales (mm)		Máximas desviaciones al nominal (D_{max}) y desviaciones de longitud (F_{max}) (μm)							
		00		0		1		2	
Más de	hasta (inclusive)	D_{max}	F_{max}	D_{max}	F_{max}	D_{max}	F_{max}	D_{max}	F_{max}
-	10	0,06	0,05	0,12	0,10	0,20	0,16	0,45	0,30
10	25	0,07	0,05	0,14	0,10	0,30	0,16	0,60	0,30
25	50	0,10	0,06	0,20	0,10	0,40	0,18	0,80	0,30
50	75	0,12	0,06	0,25	0,12	0,50	0,18	1,00	0,35
75	100	0,14	0,07	0,30	0,12	0,60	0,20	1,20	0,35
100	150	0,20	0,08	0,40	0,14	0,80	0,20	1,60	0,40
150	200	0,25	0,09	0,50	0,16	1,00	0,25	2,00	0,40
200	250	0,30	0,10	0,60	0,16	1,20	0,25	2,40	0,45
250	300	0,35	0,10	0,70	0,18	1,40	0,25	2,80	0,50
300	400	0,45	0,12	0,90	0,20	1,80	0,30	3,60	0,50
400	500	0,50	0,14	1,10	0,25	2,20	0,35	4,40	0,60
500	600	0,60	0,16	1,30	0,25	2,60	0,40	5,00	0,70
600	700	0,70	0,18	1,50	0,30	3,00	0,45	6,00	0,70
700	800	0,80	0,20	1,70	0,30	3,40	0,50	6,50	0,80
800	900	0,90	0,20	1,90	0,35	3,80	0,50	7,50	0,90
900	1100	1,00	0,25	2,00	0,40	4,20	0,50	8,00	1,00

Tabla 4: Valores máximos de D y F según calidades.

La calidad de calibración, normalmente identificada como clase K, posee unas características geométricas de clase 00, excepto en lo que respecta a su longitud, por lo que su desviación al nominal puede superar ampliamente los límites de la clase 00. Esto es así porque los bloques K se emplean para comparaciones entre diferentes equipos y laboratorios, siendo importante que la longitud nominal no sea conocida previamente dentro de una tolerancia tan estrecha como la de la clase 00. También se utilizan los bloques K para calibración de otros instrumentos, lo que si exige conocer el valor de D mediante el correspondiente certificado de calibración.

www.gesdocal.es

CALIDAD	D_{max} (μm) (cuando L_0 en mm)	F_{max} (μm) (cuando L_0 en mm)
00	$0,05 + 0,001 \cdot L_0$	$0,05 + 0,0002 \cdot L_0$
0	$0,10 + 0,002 \cdot L_0$	$0,10 + 0,0003 \cdot L_0$
1	$0,20 + 0,004 \cdot L_0$	$0,16 + 0,00045 \cdot L_0$
2	$0,40 + 0,008 \cdot L_0$	$0,30 + 0,0007 \cdot L_0$



Procedimiento de calibración de bloques patrón longitudinales is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).
Based on a work at gesdocal.es.