



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Global Geosystems

|                    |   |                          |              |
|--------------------|---|--------------------------|--------------|
| <b>Cliente</b>     | Global Geosystems<br>Rúa Xesta, 77A<br>15.895 – Milladoiro-Ames | <b>Nº de Certificado</b> | 2020-AC-0115 |
|                    |   | <b>Fecha Inspección</b>  | 30.04.2020   |
| <b>Producto</b>    | LS10  | <b>Nº Serie</b>          | 705704       |
| <b>Nº Artículo</b> | 804550  | <b>Nº Equipo</b>         | 9015520      |

### Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Leica modelo 727043 N° 11763 con certificado CEM número 191349001.

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:  
[http://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2017/11/CEM\\_CORU%C3%91A.pdf](http://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2017/11/CEM_CORU%C3%91A.pdf)

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

### Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-PT-001

Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-NV-003

### Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70140489

C/ Rafael Alberti, 6, B, Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981 804 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 1/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
[info@global-geosystems.com](mailto:info@global-geosystems.com)  
[www.global-geosystems.com](http://www.global-geosystems.com)

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido      Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
- No Valido      Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

## Mediciones

Error de entrada:

|                                      | M1  |
|--------------------------------------|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3 |

Error de salida:

|                                      | M1  | M2  | M3  | M5  | M5  |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.7 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

Resultados:

|                                      | Entrada | Tolerancia | Salida | Incertidumbre |
|--------------------------------------|---------|------------|--------|---------------|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0     | 1.0        | 1.0    | 0.3           |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3     | 0.3        | 0.3    | 0.1           |

## Notas

Terminología    Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

30.04.2020

Rodrigo Martínez  
Técnico

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6. B. Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981.01.786

Este Certificado no puede ser reproducido o traducido a otra lengua sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.  
Página 2/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
info@global-geosystems.com  
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Global Geosystems

|                    |   |                          |              |
|--------------------|---|--------------------------|--------------|
| <b>Ciente</b>      | Global Geosystems<br>Rúa Xesta, 77A<br>15.895 – Milladoiro-Ames | <b>Nº de Certificado</b> | 2020-AC-0375 |
| <b>Producto</b>    | LS10  | <b>Fecha Inspección</b>  | 18.11.2020   |
| <b>Nº Artículo</b> | 804550  | <b>Nº Serie</b>          | 705714       |
|                    |   | <b>Nº Equipo</b>         | 9015230      |

### Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Leica modelo 727043 Nº 11763 con certificado CEM número 191349001.

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:  
[https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM\\_Acoruna.pdf](https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM_Acoruna.pdf)

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

### Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-PT-001  
Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-NV-003

### Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .  
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6, B, Izquierda

15172 Santa Cristina – Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981 304 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 1/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
info@global-geosystems.com  
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido      Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
- No Valido      Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

## Mediciones

Error de entrada:

|                                      | M1  |
|--------------------------------------|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.5 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.7 |

Error de salida:

|                                      | M1  | M2  | M3  | M5  | M5  |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 |

Resultados:

|                                      | Entrada | Tolerancia | Salida | Incertidumbre |
|--------------------------------------|---------|------------|--------|---------------|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.5     | 1.0        | 1.0    | 0.3           |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.7     | 0.3        | 0.3    | 0.1           |

## Notas

Terminología    Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

18.11.2020

Rodrigo Martínez  
Técnico

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6, B, Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Este Certificado no puede ser reproducido o alterado de forma alguna sin la autorización escrita de la entidad emisora.

Página 2/2



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Global Geosystems

|                    |   |                          |             |
|--------------------|---|--------------------------|-------------|
| <b>Cliente</b>     | Altius geotecnia y obras especiales<br>Ctra N-240, km 140<br>22.400 – Monzón (Huesca) | <b>Nº de Certificado</b> | 2021-AC-117 |
|                    |   | <b>Fecha Inspección</b>  | 05.05.2021  |
| <b>Producto</b>    | LS10  | <b>Nº Serie</b>          | 705714      |
| <b>Nº Artículo</b> | 804550  | <b>Nº Equipo</b>         | 9015230     |

### Identificación de patrones

Ángulos: Estación total Leica, modelo TCA2003, número de serie 440400 con certificado CEM número 210025001.

El certificado de nuestro patrón puede ser descargado en el siguiente link:

<https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2021/04/CEM.pdf>

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

### Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PCP-GG-09-20 basado en el documento DI-39 para la calibración de colimadores ópticos desarrollado por el CEM.

Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-NV-003

### Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6 del Izquierda

15172 Santa Cristina de Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981 804 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 1/2



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido      Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
- No Valido      Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

## Mediciones

Error de entrada:

|   | <b>M1</b> |
|---|-----------|
| <b>Desviación medición Óptica (mm)</b>      | 1.0       |
| <b>Desviación medición electrónica (mm)</b> | 0.3       |

Error de salida:

|   | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>M3</b> | <b>M5</b> | <b>M5</b> |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Desviación medición Óptica (mm)</b>      | 0.7       | 0.7       | 0.5       | 0.7       | 0.5       |
| <b>Desviación medición electrónica (mm)</b> | 0.1       | 0.1       | 0.1       | 0.1       | 0.2       |

Resultados:

|   | <b>Entrada</b> | <b>Tolerancia</b> | <b>Salida</b> | <b>Incertidumbre</b> |
|---|----------------|-------------------|---------------|----------------------|
| <b>Desviación medición Óptica (mm)</b>      | 1.0            | 1.0               | 1.0           | 0.3                  |
| <b>Desviación medición electrónica (mm)</b> | 0.3            | 0.3               | 0.3           | 0.1                  |

## Notas

Terminología    Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

05.05.2021

Rodrigo Martínez  
Técnico

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6, 6ª Izquierda  
15172 Santa Cristina de Oleiros - A Coruña  
Teléfono: 981 304 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 2/2



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Global Geosystems

|                    |   |                          |             |
|--------------------|---|--------------------------|-------------|
| <b>Ciente</b>      | Global Geosystems<br>Rúa Xesta, 77A<br>15.895 – Milladoiro-Ames | <b>Nº de Certificado</b> | 2021-AC-112 |
| <b>Producto</b>    | LS10  | <b>Fecha Inspección</b>  | 30.04.2021  |
| <b>Nº Artículo</b> | 804550  | <b>Nº Serie</b>          | 706879      |
|                    |   | <b>Nº Equipo</b>         | 9444063     |

### Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Leica modelo 727043 Nº 11763 con certificado CEM número 191349001.

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:  
[https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM\\_Acoruna.pdf](https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM_Acoruna.pdf)

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

### Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-PT-001

Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-NV-003

### Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6, B, Izquierda

15172 Santa Cristina – Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981 304 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 1/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
info@global-geosystems.com  
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido      Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
- No Valido      Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

## Mediciones

Error de entrada:

|                                      | M1  |
|--------------------------------------|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3 |

Error de salida:

|                                      | M1  | M2  | M3  | M5  | M5  |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |

Resultados:

|                                      | Entrada | Tolerancia | Salida | Incertidumbre |
|--------------------------------------|---------|------------|--------|---------------|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0     | 1.0        | 1.0    | 0.3           |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3     | 0.3        | 0.3    | 0.1           |

## Notas

Terminología    Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

30.03.2021

Rodrigo Martínez  
Técnico

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6, B, Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Este Certificado no puede ser reproducido o alterado de forma alguna sin la autorización escrita de la entidad emisora.

Página 2/2



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Global Geosystems

|                    |   |                          |              |
|--------------------|---|--------------------------|--------------|
| <b>Ciente</b>      | Global Geosystems<br>Rúa Xesta, 77A<br>15.895 – Milladoiro-Ames | <b>Nº de Certificado</b> | 2020-AC-0334 |
| <b>Producto</b>    | LS10  | <b>Fecha Inspección</b>  | 05.10.2020   |
| <b>Nº Artículo</b> | 804550  | <b>Nº Serie</b>          | 704085       |
|                    |   | <b>Nº Equipo</b>         | 8502984      |

### Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Leica modelo 727043 N° 11763 con certificado GEM número 191349001.

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:  
[https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM\\_Acoruna.pdf](https://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2020/03/CEM_Acoruna.pdf)

### Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura  $K=2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

### Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-PT-001  
Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-NV-003

### Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión  $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .  
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

### Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.489

C/ Rafael Alberti, 6, B Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Teléfono: 981 004 796

*Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.*  
Página 1/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
info@global-geosystems.com  
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



# GLOBALGEOSYSTEMS

## Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido      Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
- No Valido      Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

## Mediciones

Error de entrada:

|                                      | M1  |
|--------------------------------------|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3 |

Error de salida:

|                                      | M1  | M2  | M3  | M5  | M5  |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 0.5 |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |

Resultados:

|                                      | Entrada | Tolerancia | Salida | Incertidumbre |
|--------------------------------------|---------|------------|--------|---------------|
| Desviación medición Óptica (mm)      | 1.0     | 1.0        | 1.0    | 0.3           |
| Desviación medición electrónica (mm) | 0.3     | 0.3        | 0.3    | 0.1           |

## Notas

Terminología    Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

05.10.2020

Rodrigo Martínez  
Técnico

**GLOBAL GEOSYSTEMS, S.L.**

CIF: B-70.140.439

C/ Rafael Alberti, 6. B/ Izquierda

15172 Santa Cristina - Oleiros - A Coruña

Teléfono: +34 981 790 790

Este Certificado no puede ser reproducido o transmitido sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.  
Página 2/2

Rúa da Xesta, 77 A  
15.895 // Milladoiro // Ames  
T: +34 902 922 564  
info@global-geosystems.com  
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



**CEM** CENTRO ESPAÑOL  
DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO N°**  
*Certificate Number*  
**210956001**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of Calibration*

**Expedido a:** INGENIO DESDE EL AIRE SL  
*Issued to*

c/ Doctor Alcay, 12, 1°C  
50006 Zaragoza - Zaragoza

**De acuerdo con:** Las directrices para el uso del logotipo CIPM MRA (Documento CIPM MRA-D-02 Versión 3.3,  
*In accordance with* de septiembre de 2018).

**Instrumento:** Mira invar  
*Instrument*

**Especificaciones:** --  
*Features*

**Fabricante:** Leica  
*Manufacturer*

**Marca/Modelo:** Leica/GPCL2  
*Trademark/Type*

**N° Serie/Código CEM:** 37756  
*Serial number/CEM code*

**Fecha fin de calibración:** 12/05/2021  
*End of calibration date*

Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones. Se garantiza la trazabilidad metrológica al SI.

El presente Certificado es coherente con las Capacidades de Medida y Calibración (CMC) incluidas en el Anexo C del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (CIPM ARM) redactado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). Según el CIPM ARM, todos los Institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medida para las magnitudes, campos e incertidumbres especificados en el citado Anexo C (para más detalles véase <http://www.bipm.org>). El logo "CIPM MRA" y esta declaración dan fe solo de las mediciones contenidas en este documento. (Véase también <https://www.cem.es/es/servicios/certificados-cem>).

Este documento no puede ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro Español de Metrología

*This Certificate does not confer to the equipment attributes beyond those shown by the data contained herein. Results refer to the dates and conditions in which measurements were carried out and guarantee metrological traceability to the SI.*

*This Certificate is consistent with Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) that are included in Appendix C of the Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the CIPM MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <http://www.bipm.org>). The "CIPM MRA Logo" and this statement attest only to the measurement component of the certificate. (See also <https://www.cem.es/es/servicios/certificados-cem>).*

*Partial quotation of this document is not allowed without the express authorization of Centro Español de Metrología*

[www.cem.es](http://www.cem.es)  
comercial@cem.es  
CEM-F-0077-03

**Página 1 de 4**  
*Page 1 of 4*

C/ Alfar, 2  
28760 Tres Cantos, Madrid  
Teléfono: +34 91 807 47 00

El Centro Español de Metrología, comprometido con el medio ambiente, mantiene un sistema de Gestión Medioambiental ISO 14001 certificado por AENOR con el número GA-0638/2008

**ISO 14001**

**CALIBRACIÓN DE:**

MIRA DE ÍNVAR PARA NIVELACIÓN

**DESCRIPCIÓN:**

El instrumento objeto de esta calibración es una mira de ínvar, marca LEICA, modelo GPCL2, número de serie 37756, de 2 metros de longitud.



En una franja central de 2,2 cm de anchura dispone de un código de barras binario (zonas blancas y negras). El origen de la medida es una talonera plana rectangular, perpendicular al eje de la mira.

**PROCESO DE MEDICIÓN:**

La calibración se ha realizado conforme al procedimiento técnico CEM-PT-0064. El instrumento se ha calibrado en posición horizontal, sobre un banco equipado con un interferómetro láser (Id. 1.1-01.02-0919).

Se han calibrado 19 trazos (líneas de separación entre zonas claras y oscuras) separados entre sí 10 centímetros aproximadamente.

Las condiciones ambientales durante la medición se han mantenido dentro de los límites siguientes:

- Temperatura:  $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$       - Humedad:  $45\% \pm 10\%$

Fecha/s de calibración: 10/05/2021 a 12/05/2021

**FIN DE PÁGINA**

**RESULTADOS:**

**Mira LEICA, modelo GPCL2, número de serie 37756**

| Valor nominal (mm) | Valor medido (mm) | Desviación (mm) |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| 101,250            | 101,182           | - 0,068         |
| 200,475            | 200,406           | - 0,069         |
| 305,775            | 305,711           | - 0,064         |
| 400,950            | 400,885           | - 0,065         |
| 500,175            | 500,108           | - 0,067         |
| 603,450            | 603,380           | - 0,070         |
| 712,800            | 712,728           | - 0,072         |
| 812,025            | 811,953           | - 0,072         |
| 909,225            | 909,152           | - 0,073         |
| 1 002,375          | 1 002,297         | - 0,078         |
| 1 101,600          | 1 101,521         | - 0,079         |
| 1 208,925          | 1 208,845         | - 0,080         |
| 1 306,125          | 1 306,046         | - 0,079         |
| 1 401,300          | 1 401,225         | - 0,075         |
| 1 508,625          | 1 508,553         | - 0,072         |
| 1 601,775          | 1 601,708         | - 0,067         |
| 1 701,000          | 1 700,936         | - 0,064         |
| 1 802,250          | 1 802,190         | - 0,060         |
| 1 903,500          | 1 903,447         | - 0,053         |

**INCERTIDUMBRE:**

La incertidumbre expandida para una determinada longitud  $L$  responde a la expresión:

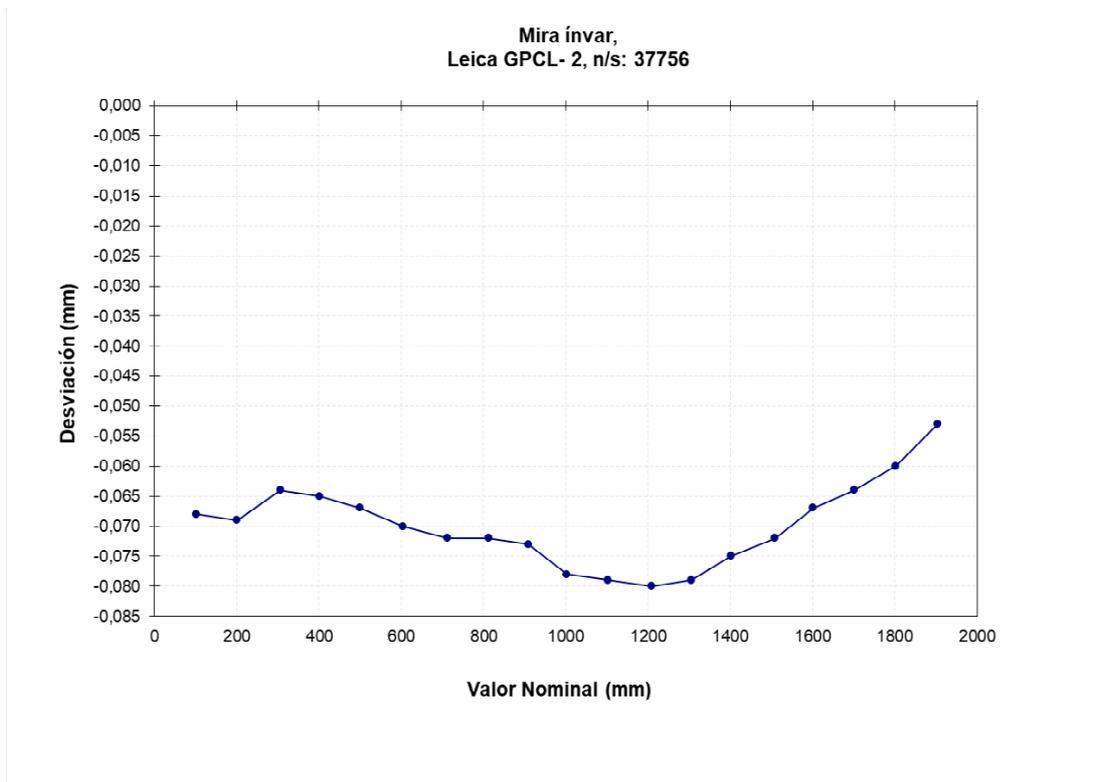
$$U = [(5 \mu\text{m})^2 + (0,3 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2]^{1/2} \quad (k = 2)$$

Esta incertidumbre de calibración, expresada para un factor de cobertura  $k = 2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95 %, resulta de considerar la incertidumbre de los patrones e instrumentos utilizados, el método de calibración, las influencias ambientales y el elemento en calibración.

Su cálculo está basado en las recomendaciones de la *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*, versión española, 3ª ed., 2009, publicada por el CEM.

Dicha expresión está de acuerdo con la Capacidad de Medida y Calibración (CMC) declarada por el CEM para este tipo de mediciones, y aceptada internacionalmente en base a los criterios establecidos en el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM)(<http://kcdb.bipm.org/appendixC>).

**GRÁFICO:**



**FIN DE DOCUMENTO**



**CEM** CENTRO ESPAÑOL  
DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO N°**  
*Certificate Number*  
**210956002**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of Calibration*

**Expedido a:** INGENIO DESDE EL AIRE SL  
*Issued to*

c/ Doctor Alcay, 12, 1°C  
50006 Zaragoza - Zaragoza

**De acuerdo con:** Las directrices para el uso del logotipo CIPM MRA (Documento CIPM MRA-D-02 Versión 3.3, de septiembre de 2018).  
*In accordance with*

**Instrumento:** Mira invar  
*Instrument*

**Especificaciones:** --  
*Features*

**Fabricante:** Leica  
*Manufacturer*

**Marca/Modelo:** Leica/GPCL2  
*Trademark/Type*

**N° Serie/Código CEM:** 78066  
*Serial number/CEM code*

**Fecha fin de calibración:** 14/05/2021  
*End of calibration date*

Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones. Se garantiza la trazabilidad metrológica al SI.

El presente Certificado es coherente con las Capacidades de Medida y Calibración (CMC) incluidas en el Anexo C del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (CIPM ARM) redactado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). Según el CIPM ARM, todos los Institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medida para las magnitudes, campos e incertidumbres especificados en el citado Anexo C (para más detalles véase <http://www.bipm.org>). El logo "CIPM MRA" y esta declaración dan fe solo de las mediciones contenidas en este documento. (Véase también <https://www.cem.es/es/servicios/certificados-cem>).

Este documento no puede ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro Español de Metrología

*This Certificate does not confer to the equipment attributes beyond those shown by the data contained herein. Results refer to the dates and conditions in which measurements were carried out and guarantee metrological traceability to the SI.*

*This Certificate is consistent with Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) that are included in Appendix C of the Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the CIPM MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <http://www.bipm.org>). The "CIPM MRA Logo" and this statement attest only to the measurement component of the certificate. (See also <https://www.cem.es/es/servicios/certificados-cem>).*

*Partial quotation of this document is not allowed without the express authorization of Centro Español de Metrología*

[www.cem.es](http://www.cem.es)  
[comercial@cem.es](mailto:comercial@cem.es)  
CEM-F-0077-03

**Página 1 de 4**  
*Page 1 of 4*

C/ Alfar, 2  
28760 Tres Cantos, Madrid  
Teléfono: +34 91 807 47 00

El Centro Español de Metrología, comprometido con el medio ambiente, mantiene un sistema de Gestión Medioambiental ISO 14001 certificado por AENOR con el número GA-0638/2008

**ISO 14001**

**CALIBRACIÓN DE:**

MIRA DE ÍNVAR PARA NIVELACIÓN

**DESCRIPCIÓN:**

El instrumento objeto de esta calibración es una mira de ínvar, marca LEICA, modelo GPCL2, número de serie 78066, de 2 metros de longitud.



En una franja central de 2,2 cm de anchura dispone de un código de barras binario (zonas blancas y negras). El origen de la medida es una talonera plana rectangular, perpendicular al eje de la mira.

**PROCESO DE MEDICIÓN:**

La calibración se ha realizado conforme al procedimiento técnico CEM-PT-0064. El instrumento se ha calibrado en posición horizontal, sobre un banco equipado con un interferómetro láser (Id. 1.1-01.02-0919).

Se han calibrado 19 trazos (líneas de separación entre zonas claras y oscuras) separados entre sí 10 centímetros aproximadamente.

Las condiciones ambientales durante la medición se han mantenido dentro de los límites siguientes:

- Temperatura:  $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$       - Humedad:  $45\% \pm 10\%$

Fecha/s de calibración: 12/05/2021 a 14/05/2021

**FIN DE PÁGINA**

**RESULTADOS:**

**Mira LEICA, modelo GPCL2, número de serie 78066**

| Valor nominal (mm) | Valor medido (mm) | Desviación (mm) |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| 101,250            | 101,283           | 0,033           |
| 200,475            | 200,505           | 0,030           |
| 305,775            | 305,808           | 0,033           |
| 400,950            | 400,979           | 0,029           |
| 500,175            | 500,199           | 0,024           |
| 603,450            | 603,472           | 0,022           |
| 712,800            | 712,825           | 0,025           |
| 812,025            | 812,047           | 0,022           |
| 909,225            | 909,249           | 0,024           |
| 1 002,375          | 1 002,402         | 0,027           |
| 1 101,600          | 1 101,628         | 0,028           |
| 1 208,925          | 1 208,954         | 0,029           |
| 1 306,125          | 1 306,159         | 0,034           |
| 1 401,300          | 1 401,335         | 0,035           |
| 1 508,625          | 1 508,659         | 0,034           |
| 1 601,775          | 1 601,809         | 0,034           |
| 1 701,000          | 1 701,040         | 0,040           |
| 1 802,250          | 1 802,294         | 0,044           |
| 1 903,500          | 1 903,538         | 0,038           |

**INCERTIDUMBRE:**

La incertidumbre expandida para una determinada longitud  $L$  responde a la expresión:

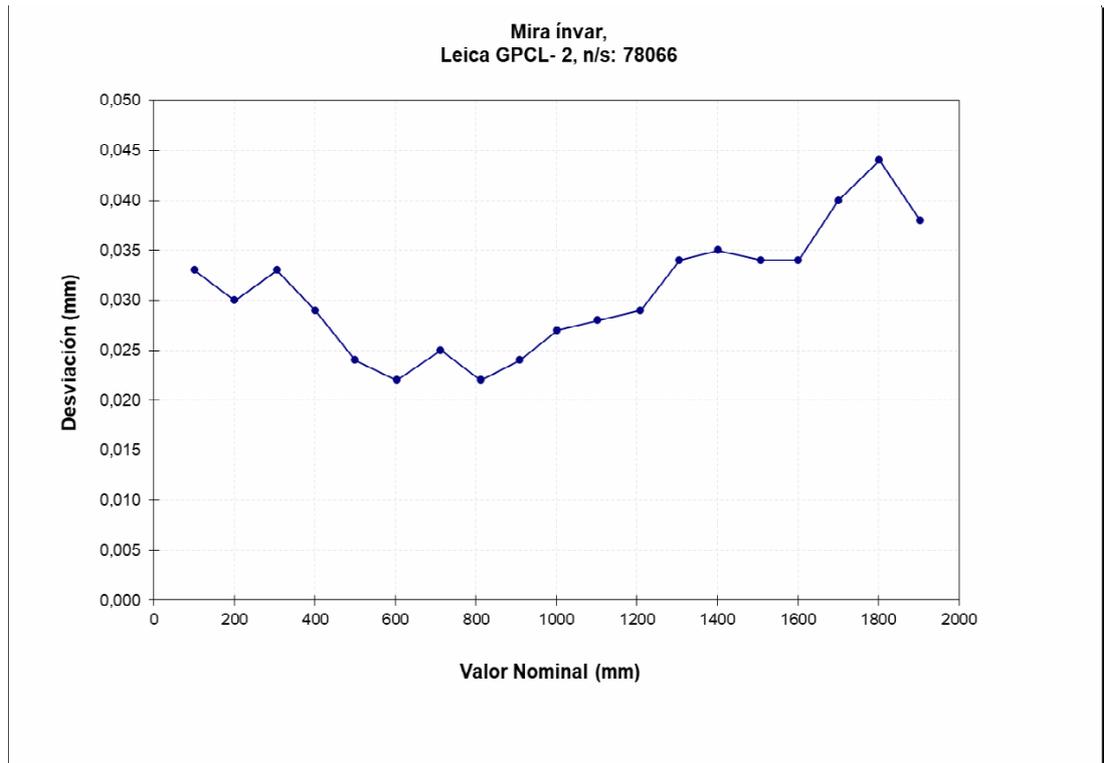
$$U = [(5 \mu\text{m})^2 + (0,3 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2]^{1/2} \quad (k = 2)$$

Esta incertidumbre de calibración, expresada para un factor de cobertura  $k = 2$ , aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95 %, resulta de considerar la incertidumbre de los patrones e instrumentos utilizados, el método de calibración, las influencias ambientales y el elemento en calibración.

Su cálculo está basado en las recomendaciones de la *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*, versión española, 3ª ed., 2009, publicada por el CEM.

Dicha expresión está de acuerdo con la Capacidad de Medida y Calibración (CMC) declarada por el CEM para este tipo de mediciones, y aceptada internacionalmente en base a los criterios establecidos en el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM)(<http://kcdb.bipm.org/appendixC>).

**GRÁFICO:**



**FIN DE DOCUMENTO**

# Calibration Certificate

**Invar rod (type, No.):**  
GPCL3 78993

**ISO-Classification:**  
ISO 12858-1 - 3 B A

**No. of graduations measured:**  
5 - 345

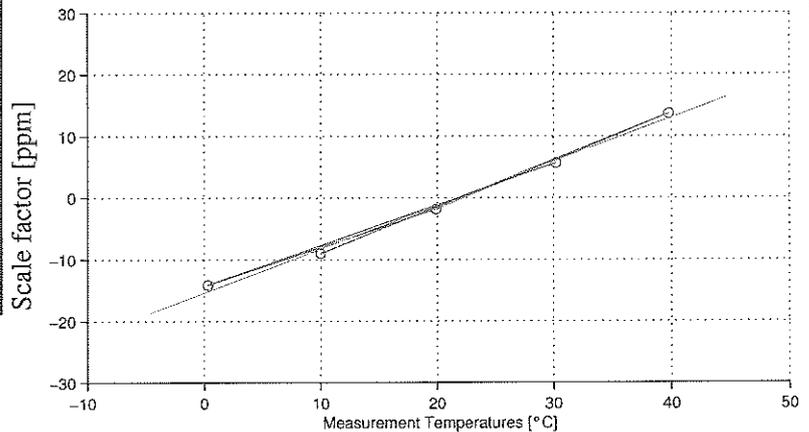
**Contract:**  
20-439-2072862

**Date :**  
23.10.2020



**Determination of the coefficient of expansion**  
**Horizontal calibration position**

Measurement cycle: 30 → 0 → 20 → 40 → 10 [°C]

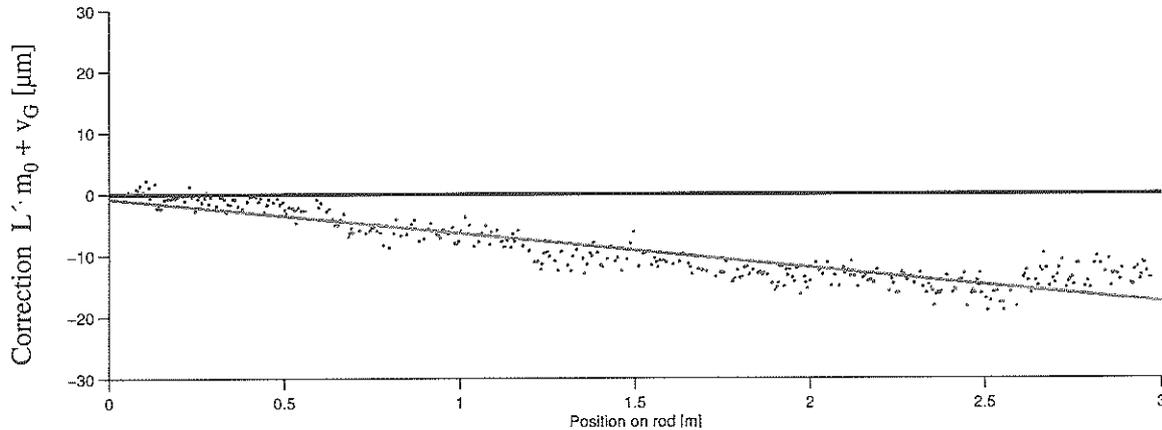


**Coefficient of expansion:**

$$\alpha_T = 0.71 \pm 0.03 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$$

**Determination of the scale factor**

**Vertical calibration position, middle 16 mm of scale**



**Scale factor:**

$$m_0 = -5.60 \pm 1.16 \text{ ppm at } T_0 = 18.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

**Length adjustment from the vertical calibration (position of use)**

$$L = l^0 + L'[1 + (m_0 + \alpha_T(T - T_0)) \cdot 10^{-6}] + v_G$$

$$l^0 = -0.002 \pm 0.002 \text{ mm}$$

$$v_G = -0.001 \text{ mm}$$

$$l^0 = l_K^0 + v_K$$

$$l_K^0 = +0.002 \pm 0.002 \text{ mm}$$

$$v_K = -0.004 \text{ mm}$$

$L'$  [m] = observed rod length

$v_G$  [m] = graduation correction

$T$  [°C] = temperature

$l^0$  [m] = index correction ( $l_K^0$  [m] = index correction of reference bar,  $v_K$  [m] = reference bar correction)

Technical specialist:

*Schreyer*

Munich,

23.10.2020

Laboratory director:

*Müller*

Institute director:

*i.v. Grotz*



Geodätisches Prüflabor am Lehrstuhl für Geodäsie der TU München  
Arcisstraße 21, 80290 München, Tel.: 089/289-22850, Fax: 089/289-23967

# Calibration Certificate

Number of Invar rod : 78993

Date : 23.10.2020

Type of rod : GPCL3

Contract : 20-439-2072862

Positions of graduations measured : 5 - 345 (counting bar number from bottom)

## Determination of the Scale Factor

### Measurement Direction up

Mean temp.: 18.7 °C Mean press.: 956.6 hPa

Scale factor : -5.67 ppm  $\pm$  1.16 ppm

Average deviation of measurements : 2.48  $\mu$ m

### Measurement Direction down

Mean temp.: 18.8 °C Mean press.: 956.3 hPa

Scale factor : -5.53 ppm  $\pm$  1.16 ppm

Average deviation of measurements : 2.27  $\mu$ m

### Both directions averaged

Mean temp.: 18.8 °C Mean press.: 956.4 hPa

Scale factor : -5.60 ppm  $\pm$  1.16 ppm

Average deviation of measurements : 2.26  $\mu$ m

The scale factor is calculated using the middle 16 mm of the visible bar code. If the visible width is smaller than that amount, the whole visible width is used.

## Determination of the Index Correction

### Measurement Direction up

Correction : 0.003 mm  $\pm$  0.002 mm

### Measurement Direction down

Correction : 0.001 mm  $\pm$  0.003 mm

### Both directions averaged

Correction : 0.002 mm  $\pm$  0.002 mm

### Reference bar correction

Correction : -0.004 mm

The index correction is based on the lower edge of graduation bar No.66.825 [mm] Therefore this edge must theoretically have no scale factor correction. Because the scale factor is calculated using the graduation bar centers, a small correction for that reference bar will appear if its gauge is not exact.

# Calibration Certificate

Number of Invar rod : 78993

Date : 23.10.2020

Type of rod : GPCL3

Contract : 20-439-2072862

Positions of graduations measured : 5 - 345 (counting bar number from bottom)

## Correction of Graduations

Correction of graduation bar centers is shown in [ $\mu\text{m}$ ]

|     | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0   |      |      |      |      |      | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.4  | 1.1  |
| 10  | 1.0  | 1.8  | 0.3  | 0.8  | 0.6  | 2.8  | 1.7  | -0.0 | 2.4  | -1.6 |
| 20  | -1.3 | -1.7 | -0.2 | 0.1  | 0.2  | 0.5  | 0.3  | 0.6  | 1.1  | 0.8  |
| 30  | -0.0 | 1.1  | 2.5  | 0.9  | -1.5 | 0.6  | 1.2  | 0.1  | 0.8  | 1.8  |
| 40  | -0.1 | 1.0  | -0.3 | 1.9  | 1.2  | 1.3  | 0.9  | -1.1 | 0.2  | 0.1  |
| 50  | 1.1  | 1.1  | -0.0 | -0.3 | 0.9  | 1.8  | 1.9  | 1.8  | 1.1  | 1.7  |
| 60  | -0.5 | 0.7  | 1.7  | 1.2  | 1.9  | 0.9  | 1.4  | 0.2  | -0.4 | 0.6  |
| 70  | 0.6  | 0.3  | -1.8 | 0.7  | 0.2  | 0.3  | 2.3  | 1.1  | 1.9  | 0.6  |
| 80  | 1.0  | -0.6 | -1.5 | -1.5 | -0.5 | 0.5  | -3.2 | -2.5 | -1.8 | -2.5 |
| 90  | -2.0 | -0.9 | -2.3 | -1.9 | -1.5 | -1.3 | -1.8 | -0.7 | -2.1 | -4.1 |
| 100 | -4.4 | -1.9 | 0.4  | -2.2 | -1.9 | -0.2 | 0.6  | -2.8 | -2.4 | -0.6 |
| 110 | 0.3  | -1.4 | -1.5 | -1.9 | -0.6 | -1.2 | -0.0 | -2.7 | -2.7 | -2.2 |
| 120 | -0.5 | 1.8  | 0.6  | -2.8 | -2.0 | -0.5 | 0.8  | -2.2 | -0.2 | 0.2  |
| 130 | -0.9 | -1.5 | -2.4 | -1.3 | -2.4 | -0.2 | -1.4 | 0.5  | -2.0 | -2.6 |
| 140 | -4.4 | -4.3 | -5.5 | -4.7 | -2.9 | -0.8 | -2.6 | -3.2 | -3.9 | -5.4 |
| 150 | -2.2 | -4.4 | -5.3 | -2.8 | -1.7 | -0.8 | -3.1 | -5.5 | -4.0 | -2.1 |
| 160 | -2.5 | -0.3 | -1.9 | -3.9 | -4.1 | -2.7 | -0.6 | -3.0 | -2.4 | -4.5 |
| 170 | -0.8 | -2.4 | 0.2  | 2.1  | -3.5 | -1.3 | -1.1 | -3.0 | -1.9 | -2.5 |
| 180 | -3.3 | -2.1 | -2.1 | -2.3 | -0.9 | -2.6 | -2.0 | -0.6 | -2.2 | -2.8 |
| 190 | -3.8 | -1.0 | -3.0 | -3.1 | -3.2 | -3.9 | -3.1 | -3.1 | -1.3 | -4.5 |
| 200 | -4.0 | -2.5 | -3.8 | -3.5 | -2.0 | -1.8 | -3.0 | -2.3 | -2.7 | -2.5 |
| 210 | -2.9 | -2.5 | -2.8 | -4.1 | -5.2 | -4.7 | -3.9 | -1.2 | -1.2 | -4.4 |
| 220 | -1.7 | -2.5 | -1.6 | -2.9 | -3.4 | -1.3 | -5.4 | -2.6 | -3.4 | -4.4 |
| 230 | -3.1 | 0.0  | -1.3 | -1.8 | 0.2  | -3.5 | -1.8 | -3.5 | -0.4 | -1.3 |
| 240 | -0.8 | -1.6 | 0.8  | -1.6 | -3.3 | -1.0 | -1.8 | -1.4 | -2.2 | -1.9 |
| 250 | -2.3 | -0.2 | -3.5 | -1.5 | -2.2 | -3.7 | -3.7 | -0.2 | -0.6 | -1.4 |
| 260 | -0.7 | -1.8 | 0.0  | -2.3 | -3.2 | -1.8 | -2.4 | -2.8 | -5.1 | -3.3 |
| 270 | -3.0 | -3.1 | -2.7 | -0.0 | -2.7 | -2.1 | -2.2 | -0.7 | -0.4 | 0.6  |
| 280 | -4.7 | -2.6 | -2.1 | -2.5 | -0.3 | -1.1 | 0.9  | -2.4 | -3.1 | -5.1 |
| 290 | -3.4 | -2.0 | -1.8 | -3.5 | -3.6 | -4.8 | -1.7 | -3.9 | 0.9  | 1.3  |
| 300 | 2.2  | 0.5  | -1.5 | 0.6  | -0.2 | 2.6  | 2.2  | 5.2  | 2.8  | -0.1 |
| 310 | 1.1  | 0.6  | 1.8  | 3.0  | 4.4  | -0.1 | 1.0  | 1.4  | 1.7  | 0.5  |
| 320 | 4.0  | 4.1  | 0.4  | 1.3  | 0.2  | 4.3  | 5.5  | 4.3  | 3.1  | 5.3  |
| 330 | 0.9  | 2.9  | 3.1  | 2.9  | 2.1  | 3.9  | 1.6  | 1.5  | 3.9  | 4.4  |
| 340 | 2.5  | 3.1  | 5.4  | 5.1  | 3.9  | 2.8  |      |      |      |      |

# Calibration of Invar Rods

Invar rods for precise levelling are examined on the comparators at the Geodetic Laboratory of the Chair of Geodesy at the Technical University of Munich. The distances between the code edges on the invar tape are measured using a CCD camera and laser interferometer system in a fully automated process.

## Determination of the index correction

The distance between the reference edge of the graduation and the setup point of the rod is measured in the axis of the invar tape guidance and is compared to the nominal value. On the calibration certificate one can find

- the **index correction of the reference bar**  $l_K^0$  which is the (single) bar defined for index error definition
- the **reference bar correction**  $v_K$  which is the correction of the reference bar due to its thickness error. It's a correction value which describes the difference between the reference bar and the reference bar's edge which is used for adjusting the index error
- the combined **index correction of the rod**  $l^0$  which is the sum of the corrections above. This is the final value which has to be added to the rod reading.

For analogue rods with two graduation scales, the graduation offset  $k^0$  is also determined.

DIN ISO 12858-1 allows an index error up to 50  $\mu\text{m}$ .

## Determination of the scale factor

The position of all graduation bars is observed in two measurement transits (the rod passing the camera up and down). The nominal and measured positions of each bar get compared and the results are related to a linear regression. The gradient of this regression is the **mean rod scale factor**  $m_0$  at the **measurement temperature**  $T_0$ . The code pattern quality is rather defined by the linearity than by the scale factor; i.e. a graduation with a scale factor close to 0 and big deviations from linearity usually is worse than a linear graduation with a bigger scale factor.

DIN ISO 12858-1 classifies the scale as a combination of linear and non-linear effects, while class A rods usually have a scale factor  $< 10$  ppm and scale factors  $> 50$  ppm lead to a classification decline.

For rods with two line graduations, a scale factor for both graduations is determined individually.

A tabulation of the residuals of each graduation bar is supplied on the certificate. For analogue rods, these values may be added to the reading depending on the bar element observed; for digital rods a combined correction value  $v_G$  is specified which is a mean correction of the scale's non-linearity.

## Determination of the coefficient of thermal expansion

Levelling rods consist of a graduation tape which is moveable in its housing. Under thermal expansion conditions, usually the housing's deformation is much bigger than the tape's elongation. To determine the coefficient of thermal expansion, the graduation's scale factor is determined at five different temperatures from 0°C to 40°C. Usually the scale factor values are linear to the measurement temperature, and the regression gradient is the **thermal coefficient of expansion**  $\alpha_T$ . To ensure that friction between the tape and the housing as well as malfunctions of the tension module aren't systematically increasing during the measurements, a temperature cycle of 30°C  $\rightarrow$  0°C  $\rightarrow$  20°C  $\rightarrow$  40°C  $\rightarrow$  10°C is performed.

DIN ISO 12858-1 classifies a coefficient of thermal expansion up to 1.5 ppm/°C, while all standard invar tapes used are classified as B.

An explanation on how to read the calibration certificate and how to use the calibration results provided can be found on the reverse side.



Geodetic Laboratory at the Chair of Geodesy

Technical University of Munich, Arcisstraße 21, 80333 München

Phone: ++49 89 289 22850 Fax: ++49 89 289 22967 calibration@bv.tum.de

# Calibration Certificate

Invar rod (type, No.):

GPCL3 78991

ISO-Classification:

ISO 12858-1 - 3 B A

No. of graduations measured:

5 - 345

Contract:

20-439-2072862

Date :

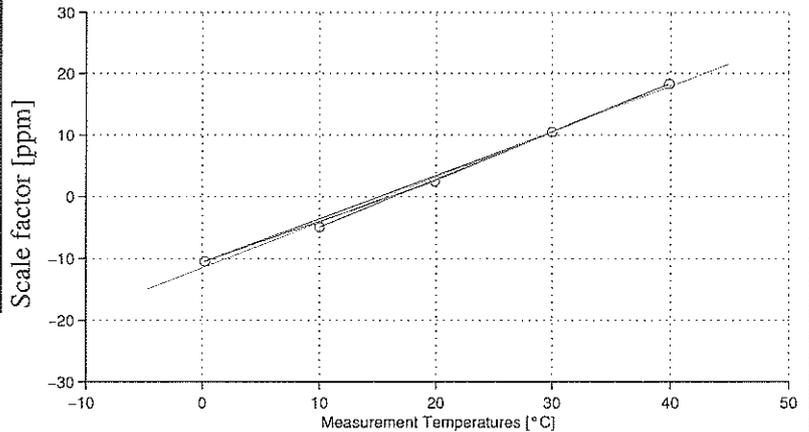
23.10.2020



Determination of the coefficient of expansion

Horizontal calibration position

Measurement cycle: 30 → 0 → 20 → 40 → 10 [°C]

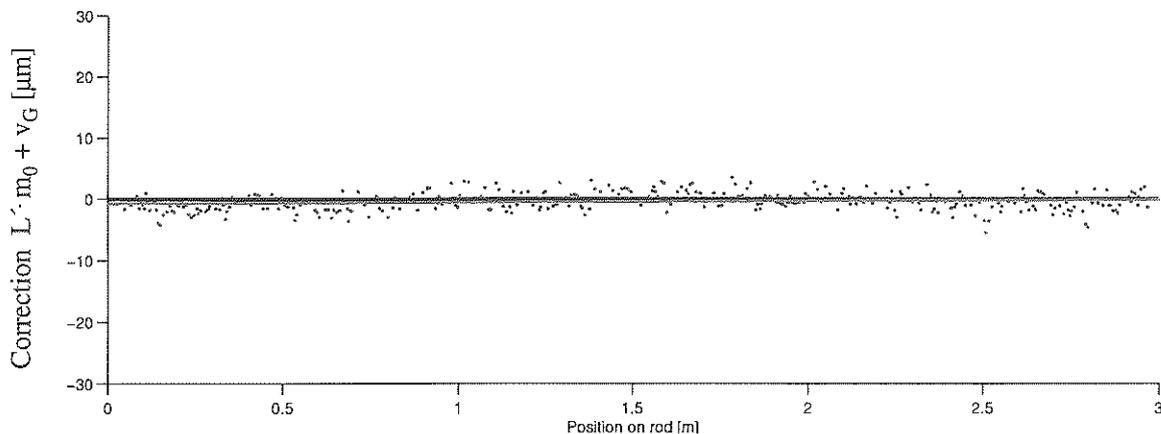


Coefficient of expansion:

$\alpha_T = 0.74 \pm 0.03 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$

Determination of the scale factor

Vertical calibration position, middle 16 mm of scale



Scale factor:

$m_0 = 0.23 \pm 1.15 \text{ ppm at } T_0 = 19.9 \text{ }^\circ\text{C}$

Length adjustment from the vertical calibration (position of use)

$$L = l^0 + L'[1 + (m_0 + \alpha_T(T - T_0)) \cdot 10^{-6}] + v_G$$

$$l^0 = +0.001 \pm 0.002 \text{ mm}$$

$$v_G = -0.001 \text{ mm}$$

$$l^0 = l_K^0 + v_K$$

$$l_K^0 = +0.006 \pm 0.002 \text{ mm}$$

$$v_K = -0.004 \text{ mm}$$

$L'$ [m] = observed rod length

$v_G$  [m] = graduation correction

$T$ [°C] = temperature

$l^0$  [m] = index correction ( $l_K^0$ [m] = index correction of reference bar,  $v_K$ [m] = reference bar correction)

Technical specialist:

*Schreyer*

Munich,

23.10.2020

Laboratory director:

*Wagner*

Institute director:

*i.v. Galt*



Geodätisches Prüflabor am Lehrstuhl für Geodäsie der TU München

Arcisstraße 21, 80290 München, Tel.: 089/289-22850, Fax: 089/289-23967

# Calibration Certificate

Number of Invar rod : 78991

Date : 23.10.2020

Type of rod : GPCL3

Contract : 20-439-2072862

Positions of graduations measured : 5 - 345 (counting bar number from bottom)

## Determination of the Scale Factor

### Measurement Direction up

Mean temp.: 20.1 °C Mean press.: 956.9 hPa

Scale factor : 0.57 ppm  $\pm$  1.15 ppm

Average deviation of measurements : 1.65  $\mu$ m

### Measurement Direction down

Mean temp.: 19.7 °C Mean press.: 956.9 hPa

Scale factor : -0.11 ppm  $\pm$  1.15 ppm

Average deviation of measurements : 1.67  $\mu$ m

### Both directions averaged

Mean temp.: 19.9 °C Mean press.: 956.9 hPa

Scale factor : 0.23 ppm  $\pm$  1.15 ppm

Average deviation of measurements : 1.47  $\mu$ m

The scale factor is calculated using the middle 16 mm of the visible bar code. If the visible width is smaller than that amount, the whole visible width is used.

## Determination of the Index Correction

### Measurement Direction up

Correction : 0.005 mm  $\pm$  0.002 mm

### Measurement Direction down

Correction : 0.007 mm  $\pm$  0.003 mm

### Both directions averaged

Correction : 0.006 mm  $\pm$  0.002 mm

### Reference bar correction

Correction : -0.004 mm

The index correction is based on the lower edge of graduation bar No.66.825 [mm] Therefore this edge must theoretically have no scale factor correction. Because the scale factor is calculated using the graduation bar centers, a small correction for that reference bar will appear if its gauge is not exact.

# Calibration Certificate

Number of Invar rod : 78991

Date : 23.10.2020

Type of rod : GPCL3

Contract : 20-439-2072862

Positions of graduations measured : 5 - 345 (counting bar number from bottom)

## Correction of Graduations

Correction of graduation bar centers is shown in [ $\mu\text{m}$ ]

|     | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10  | 0.4  | -1.5 | -0.3 | -0.9 | -1.6 | 0.9  | -0.7 | -1.0 | -0.0 | 0.0  |
| 20  | -4.0 | -4.3 | -2.6 | -2.2 | -1.2 | -2.0 | -2.2 | -1.0 | -1.2 | -0.3 |
| 30  | -1.3 | -1.0 | -2.5 | -3.1 | -2.7 | -1.6 | -2.4 | -1.9 | -0.1 | -2.1 |
| 40  | -1.7 | -1.2 | -1.6 | -0.8 | -1.8 | 0.1  | -1.1 | -3.4 | -2.2 | -1.4 |
| 50  | 0.2  | -0.8 | -0.6 | -0.5 | -0.2 | 0.5  | -1.0 | 0.6  | 0.6  | 0.4  |
| 60  | -1.7 | -0.8 | -1.6 | 0.6  | -0.0 | -1.7 | 0.1  | -0.4 | -1.1 | -1.4 |
| 70  | -0.7 | -1.5 | -3.6 | -2.7 | -1.1 | -0.1 | -2.0 | -2.3 | -3.1 | -1.9 |
| 80  | -1.9 | -3.2 | -2.0 | -2.3 | -2.0 | 1.2  | -1.7 | -3.8 | -2.0 | -2.2 |
| 90  | 1.0  | -0.7 | -1.1 | -3.1 | -0.4 | -0.6 | 0.2  | 0.1  | -1.7 | -2.1 |
| 100 | -3.2 | -1.6 | 0.1  | -1.8 | -0.8 | 0.1  | 0.6  | -2.0 | 0.8  | 1.5  |
| 110 | 1.6  | -1.8 | -0.9 | 0.1  | -1.0 | -0.4 | 2.3  | -0.1 | -1.3 | -1.6 |
| 120 | 0.3  | 2.6  | 2.5  | -0.5 | -0.6 | 0.1  | 1.6  | -2.0 | -2.0 | 2.3  |
| 130 | 1.3  | -0.2 | -1.5 | -2.4 | -1.5 | -2.6 | 1.0  | -1.3 | 0.7  | 0.9  |
| 140 | -1.4 | -0.0 | -2.1 | -1.7 | -0.5 | 0.7  | 0.9  | -1.8 | -1.4 | -1.2 |
| 150 | 2.4  | 0.0  | -1.5 | 0.3  | 0.4  | 0.2  | -1.4 | -1.8 | -2.9 | -0.4 |
| 160 | -1.9 | 2.7  | 1.3  | -0.7 | 0.9  | -0.7 | 1.9  | 1.0  | -0.5 | 0.4  |
| 170 | 1.3  | 1.4  | 1.3  | 0.9  | -0.5 | -1.3 | -0.2 | 0.1  | 1.0  | 1.6  |
| 180 | 0.8  | 0.0  | 2.5  | 2.2  | -2.6 | -1.2 | 0.7  | 1.6  | 1.0  | 0.4  |
| 190 | 2.0  | 2.2  | 0.8  | 0.6  | -1.7 | 0.6  | -1.6 | -1.5 | 0.5  | -0.5 |
| 200 | 3.1  | 2.0  | -0.1 | -0.1 | 0.1  | -0.4 | 1.3  | 2.3  | -2.2 | -1.3 |
| 210 | -2.0 | -1.2 | 0.1  | -0.1 | -0.8 | -0.7 | -1.0 | 0.2  | -1.0 | -1.3 |
| 220 | -0.8 | -1.6 | -1.0 | 0.0  | -1.0 | -1.2 | -1.0 | -0.8 | -1.0 | 0.4  |
| 230 | -0.0 | 2.3  | 1.1  | -0.9 | 1.6  | 0.3  | -0.6 | -2.3 | 0.4  | 1.2  |
| 240 | -0.5 | -0.0 | -1.3 | -0.2 | -1.3 | -0.2 | -0.2 | -1.0 | 1.7  | -0.6 |
| 250 | -1.2 | 0.4  | -1.9 | -1.1 | 0.8  | -2.4 | -3.5 | 0.7  | 0.2  | -0.8 |
| 260 | 1.4  | -1.0 | -1.1 | -2.3 | -0.8 | 1.8  | -0.7 | 0.1  | -2.6 | -2.1 |
| 270 | -0.9 | -2.8 | -0.8 | -0.9 | -2.0 | -3.6 | -1.9 | -1.4 | 0.6  | -0.0 |
| 280 | -1.6 | -0.8 | -1.5 | -0.8 | -3.3 | -0.8 | -0.3 | -1.1 | -4.1 | -6.0 |
| 290 | -4.1 | -1.8 | -0.8 | -1.2 | -2.7 | -1.7 | -1.0 | -1.3 | -2.7 | 1.1  |
| 300 | -0.1 | -1.0 | -2.4 | -1.7 | -2.3 | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.2  | -0.7 |
| 310 | -1.7 | -3.1 | -2.1 | -0.5 | -1.7 | -3.0 | -1.1 | -2.4 | -3.4 | -2.6 |
| 320 | -1.9 | 0.5  | -2.6 | -4.7 | -5.2 | -1.2 | 1.1  | -1.3 | -1.7 | 0.9  |
| 330 | -1.7 | -1.6 | -2.6 | -2.5 | -2.9 | -1.6 | -0.3 | -0.9 | 0.6  | 0.2  |
| 340 | -1.6 | -0.2 | 0.9  | -0.9 | 1.3  | -2.0 |      |      |      |      |

# Calibration of Invar Rods

Invar rods for precise levelling are examined on the comparators at the Geodetic Laboratory of the Chair of Geodesy at the Technical University of Munich. The distances between the code edges on the invar tape are measured using a CCD camera and laser interferometer system in a fully automated process.

## Determination of the index correction

The distance between the reference edge of the graduation and the setup point of the rod is measured in the axis of the invar tape guidance and is compared to the nominal value. On the calibration certificate one can find

- the **index correction of the reference bar**  $l_K^0$  which is the (single) bar defined for index error definition
- the **reference bar correction**  $v_K$  which is the correction of the reference bar due to its thickness error. It's a correction value which describes the difference between the reference bar and the reference bar's edge which is used for adjusting the index error
- the combined **index correction of the rod**  $l^0$  which is the sum of the corrections above. This is the final value which has to be added to the rod reading.

For analogue rods with two graduation scales, the graduation offset  $k^0$  is also determined.

DIN ISO 12858-1 allows an index error up to 50  $\mu\text{m}$ .

## Determination of the scale factor

The position of all graduation bars is observed in two measurement transits (the rod passing the camera up and down). The nominal and measured positions of each bar get compared and the results are related to a linear regression. The gradient of this regression is the **mean rodd scale factor**  $m_0$  at the **measurement temperature**  $T_0$ . The code pattern quality is rather defined by the linearity than by the scale factor; i.e. a graduation with a scale factor close to 0 and big deviations from linearity usually is worse than a linear graduation with a bigger scale factor.

DIN ISO 12858-1 classifies the scale as a combination of linear and non-linear effects, while class A rods usually have a scale factor  $< 10$  ppm and scale factors  $> 50$  ppm lead to a classification decline.

For rods with two line graduations, a scale factor for both graduations is determined individually.

A tabulation of the residuals of each graduation bar is supplied on the certificate. For analogue rods, these values may be added to the reading depending on the bar element observed; for digital rods a combined correction value  $v_G$  is specified which is a mean correction of the scale's non-linearity.

## Determination of the coefficient of thermal expansion

Levelling rods consist of a graduation tape which is moveable in its housing. Under thermal expansion conditions, usually the housing's deformation is much bigger than the tape's elongation. To determine the coefficient of thermal expansion, the graduation's scale factor is determined at five different temperatures from 0°C to 40°C. Usually the scale factor values are linear to the measurement temperature, and the regression gradient is the **thermal coefficient of expansion**  $\alpha_T$ . To ensure that friction between the tape and the housing as well as malfunctions of the tension module aren't systematically increasing during the measurements, a temperature cycle of 30°C  $\rightarrow$  0°C  $\rightarrow$  20°C  $\rightarrow$  40°C  $\rightarrow$  10°C is performed.

DIN ISO 12858-1 classifies a coefficient of thermal expansion up to 1.5 ppm/°C, while all standard invar tapes used are classified as B.

An explanation on how to read the calibration certificate and how to use the calibration results provided can be found on the reverse side.

