Instituto Nacional de Metrología de Colombia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / *Certificate number:* 4858

Objeto / *Object:* TRANSDUCTOR DE FUERZA A COMPRESION

Tipo / *Type:* C18

Fabricante *Manufacturer:* HBM

Número de Serie *Serial number:* 00283N54 2

Solicitante *Customer:* INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - COLOMBIA
AV CRA 50 N 26-55 INT 2

Ciudad / *City:* BOGOTA D.C.
COLOMBIA

Fecha de calibración / Callibration Date: 2020-05-27

Número de radicación / *Radication number:* 20002241

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario está obligado a calibrar el instrumento a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is obliged to have the object calibrated at appropriate intervals.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente, excepto con autorización del laboratorio que lo emite. Los suplementos de certificados de calibración sin firma no son válidos. */This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. The supplements of the calibration certificates without signature are not valid.*

Los resultados de este certificado solo están relacionados con los objetos calibrados./ *The results of this certificate just are related with the calibrated objects.*

CIPM MRA

Este certificado es consistente con las capacidades de calibración y medición (CMC) que están incluidas en el Apéndice C del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (CIPM MRA), elaborado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). Bajo el CIPM MRA, todos los institutos participantes reconocen la validez de los certificados de calibración y medición de cada uno de los otros participantes para las magnitudes, los intervalos y las incertidumbres de medición especificadas en el Apéndice C (para más detalle ver http://www.bipm.org)/ *This certificate is consistent with the 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).*

Fecha de expedición *Issue date:*	Calibrado por *Calibrated by:*	Autorizado por *Authorized by:*
	Firmado digitalmente COD79109099	Firmado digitalmente COD1014201169
2020-07-10	Ingeniero Juan Alberto Arias Prieto	Ingeniero Ivan David Betancur Pulido
	Profesional Especializado	Profesional Universitario

Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM
Subdirección de Metrología Física
Avenida Carrera 50 No.26- 55 Int. 2 CAN Bogotá D.C.-Colombia
Conmutador: (57- 1) 2542222 - Website: www.inm.gov.co
E-mail: contacto@inm.gov.co - Twitter: @inmcolombia
Código Postal 111321

El progreso es de todos
Mincomercio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

1 CONSECUTIVO INTERNO
Internal Number

20/L07-25

2 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO
Description of the instrument

2.1 Instrumento Sensor

Transductor de fuerza para compresión, con medición digital de la deformación.

Capacidad	:	1000 kN
Número de serie	:	00283N54
Tipo	:	C18
Señal cero	:	-0.009 808 mV/V en posición de montaje.
Longitud del cable	:	510 cm
Fabricante	:	HBM

2.2 Instrumento Indicador digital

Capacidad	:	± 2.500 000 mV/V
Resolución	:	0.000 001 mV/V - 1 000 000 dígitos
Valor de calibración	:	2.500000 mV/V
Filtro / Canal	:	0.22 Hz Besse / 1.1
Número de serie	:	121020084
Tipo	:	DMP40
Fabricante	:	HBM

2.3 Acople(s) utilizado(s) para la calibración

Pieza base y pieza superior para aplicación de la carga en compresión, propias del transductor.

3 MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method

El instrumento es calibrado según el procedimiento interno M-01-L07-P-01, del laboratorio de fuerza del Instituto Nacional de Metrología el cual sigue los lineamientos de la norma ISO 376:2011.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

4 CONDICIONES AMBIENTALES
Environmental conditions

Temperatura mínima: 19.74 °C	Temperatura máxima: 20.17 °C
Humedad relativa mínima: 49.99 %	Humedad relativa máxima: 52.65 %
Presión ambiental mínima: 75.27 kPa	Presión ambiental máxima: 75.41 kPa

5 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
Results of calibration

Los resultados de la calibración están dados en las Tablas 1 a la 8.
Los valores dados están corregidos con el valor indicado en el punto cero.

5.1 SINOPSIS

TABLA 1 Lecturas de las precargas en fuerza máxima de calibración.

TABLA 2 Lecturas de las fuerzas ascendentes en las series 1, 2, 3 y 4.
Lecturas de las fuerzas descendentes en las series 3* y 4*.

TABLA 3 Lecturas de fluencia (c) a fuerza cero.

TABLA 4 Error relativo de cero f_0.

TABLA 5 Promedio de las lecturas de las series 1 y 2.
Error relativo de repetibilidad (b') de las series 1 y 2.
Promedio de las lecturas de las series 1, 3 y 4.
Error relativo de reproducibilidad (b) de las series 1, 3 y 4.
Error relativas por reversibilidad (v) de las series 3* y 4*.

TABLA 6 Tabla de interpolación para fuerzas en kilonewton (kN) calculada con ayuda de la ecuación 1 de **TERCER** grado para la prueba de compresión que se calculó del promedio aritmético de las series 1, 3 y 4, por el método de los mínimos cuadrados, la cual se dará al finalizar la Tabla 5, como Ecuación 1.
La Ecuación 2 se utiliza para calcular la fuerza en función de la deformación.

TABLA 7 Promedio de las lecturas de las series 1, 3 y 4.
Valor de deformación calculado usando la ecuación 1 de interpolación.
Error relativo de interpolación f_c.

TABLA 8 Incertidumbre de medición relativa expandida del instrumento para los casos C y D, según los criterios de clasificación del numeral 8.2 de la norma ISO 376:2011, con $k=2$ correspondiente a un nivel de confianza del 95.45%

TABLA 9 Información para clasificación del instrumento calibrado según ISO 376:2011

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

Indicación del sensor en el punto cero: -0.009 808 mV/V en posición de montaje.

TABLA 1. Lecturas de las precargas (mV/V)

	V1	V2	V3	V4	V5
Posición de montaje	0°	0°	0°	120°	240°
Indicación en el punto cero	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
Indicación para carga nominal	2.001 517	2.001 485	2.001 481	2.001 709	2.001 403
Indicación residual	-0.000 018	0.000 000	0.000 001	-0.000 021	-0.000 021

TABLA 2. Valores indicados para cargas ascendentes y descendentes

	Igual posición de montaje		Diferentes posiciones de montaje			
	Ascendentes		Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente
Posición de montaje	0° Serie 1	0° Serie 2	120° Serie 3	120° Serie 3*	240° Serie 4	240° Serie 4*
Carga en kN	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)
0.00	0.000 000	0.000 000	0.000 000	------	0.000 000	------
100.00	0.199 977	0.199 981	0.199 994	0.199 903	0.199 957	0.199 865
200.00	0.400 083	0.400 061	0.400 102	0.399 986	0.400 049	0.399 923
300.00	0.600 328	0.600 309	0.600 355	0.600 238	0.600 273	0.600 142
400.00	0.800 469	0.800 440	0.800 502	0.800 371	0.800 392	0.800 253
500.00	1.000 598	1.000 576	1.000 655	1.000 509	1.000 519	1.000 364
600.00	1.200 720	1.200 703	1.200 804	1.200 662	1.200 644	1.200 496
700.00	1.400 866	1.400 840	1.400 959	1.400 838	1.400 783	1.400 664
800.00	1.601 029	1.601 002	1.601 151	1.601 060	1.600 958	1.600 867
900.00	1.801 233	1.801 205	1.801 390	1.801 351	1.801 177	1.801 145
1000.00	2.001 504	2.001 481	2.001 700	-----	2.001 471	-----
0.00	-0.000 038	-0.000 047	-----	-0.000 119	-----	-0.000 152

TABLA 3. Valores indicados para la medición de fluencia a fuerza cero

Lecturas de fluencia	
Puntos	(mV/V)
i30	-0.010 101
i300	-0.010 069

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

TABLA 4. Error relativo de cero f_o

Serie de mediciones	Serie 1	Serie 2	Serie 3 / 3*	Serie 4 / 4*
Variación del punto cero (%)	-0.002	-0.002	-0.006	-0.008

TABLA 5. Promedios, desviaciones relativas de indicación, reversibilidad y fluencia

Carga en kN	Series 1 y 2		Series 1, 3 y 4		Error de reversibilidad (%) *v*	Error de fluencia (%) *c*
	Lecturas promedio (mV/V)	Error de repetibilidad (%) *b'*	Lecturas promedio (mV/V)	Error de reproducibilidad (%) *b*		
100.00	0.199 979	0.002	0.199 976	0.019	0.046	0.002
200.00	0.400 072	0.005	0.400 078	0.013	0.030	
300.00	0.600 319	0.003	0.600 319	0.014	0.021	
400.00	0.800 455	0.004	0.800 454	0.014	0.017	
500.00	1.000 587	0.002	1.000 591	0.014	0.015	
600.00	1.200 712	0.001	1.200 723	0.013	0.012	
700.00	1.400 853	0.002	1.400 869	0.013	0.009	
800.00	1.601 016	0.002	1.601 046	0.012	0.006	
900.00	1.801 219	0.002	1.801 267	0.012	0.002	
1000.00	2.001 493	0.001	2.001 558	0.011	----------	

ECUACIÓN 1: donde Xa (mV/V) es el valor de deformación calculado y F (kN) es la fuerza aplicada

Ecuación de la forma: $$X_a = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}F + \boldsymbol{C}F^2 + \boldsymbol{D}F^3$$

Donde:
A = -2.874 000 E-04 (mV/V)
B = 2.002 592 E-03 (mV/V)/(kN)
C = -2.680 420 E-09 (mV/V)/(kN)²
D = 1.923 854 E-12 (mV/V)/(kN)³

ECUACIÓN 2: donde F (kN) es la fuerza calculada y Xa (mV/V) es el valor de deformación encontrado

Ecuación de la forma: $$F = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}X_a + \boldsymbol{C}X_a^2 + \boldsymbol{D}X_a^3$$

Donde:
A = 1.435 293 E-01 (kN)
B = 4.993 530 E+02 (kN)/(mV/V)
C = 3.340 860 E-01 (kN)/(mV/V)²
D = -1.198 186 E-01 (kN)/(mV/V)³

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

TABLA 6. Valores compensados calculados en dependencia de la carga (mV/V)

kN	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00
100.0	0.199 947	0.209 957	0.219 968	0.229 978	0.239 988	0.249 998	0.260 008	0.270 018	0.280 028	0.290 038
150.0	0.300 048	0.310 057	0.320 067	0.330 076	0.340 085	0.350 094	0.360 104	0.370 113	0.380 121	0.390 130
200.0	0.400 139	0.410 148	0.420 156	0.430 165	0.440 174	0.450 182	0.460 190	0.470 199	0.480 207	0.490 215
250.0	0.500 223	0.510 231	0.520 239	0.530 247	0.540 255	0.550 263	0.560 270	0.570 278	0.580 286	0.590 293
300.0	0.600 301	0.610 308	0.620 316	0.630 323	0.640 331	0.650 338	0.660 345	0.670 352	0.680 360	0.690 367
350.0	0.700 374	0.710 381	0.720 388	0.730 395	0.740 402	0.750 409	0.760 416	0.770 423	0.780 430	0.790 437
400.0	0.800 444	0.810 450	0.820 457	0.830 464	0.840 471	0.850 478	0.860 484	0.870 491	0.880 498	0.890 505
450.0	0.900 511	0.910 518	0.920 525	0.930 532	0.940 538	0.950 545	0.960 552	0.970 559	0.980 565	0.990 572
500.0	1.000 579	1.010 586	1.020 592	1.030 599	1.040 606	1.050 613	1.060 620	1.070 627	1.080 634	1.090 640
550.0	1.100 647	1.110 654	1.120 661	1.130 668	1.140 675	1.150 682	1.160 690	1.170 697	1.180 704	1.190 711
600.0	1.200 718	1.210 726	1.220 733	1.230 740	1.240 748	1.250 755	1.260 763	1.270 770	1.280 778	1.290 785
650.0	1.300 793	1.310 801	1.320 809	1.330 817	1.340 824	1.350 832	1.360 841	1.370 849	1.380 857	1.390 865
700.0	1.400 873	1.410 882	1.420 890	1.430 899	1.440 907	1.450 916	1.460 925	1.470 933	1.480 942	1.490 951
750.0	1.500 960	1.510 969	1.520 979	1.530 988	1.540 997	1.551 007	1.561 016	1.571 026	1.581 036	1.591 046
800.0	1.601 056	1.611 066	1.621 076	1.631 086	1.641 096	1.651 107	1.661 117	1.671 128	1.681 139	1.691 150
850.0	1.701 161	1.711 172	1.721 183	1.731 194	1.741 206	1.751 217	1.761 229	1.771 241	1.781 252	1.791 264
900.0	1.801 277	1.811 289	1.821 301	1.831 314	1.841 326	1.851 339	1.861 352	1.871 365	1.881 378	1.891 392
950.0	1.901 405	1.911 419	1.921 433	1.931 446	1.941 460	1.951 475	1.961 489	1.971 503	1.981 518	1.991 533
1000.0	2.001 548	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

TABLA 7. Promedios y desviaciones relativas por interpolación

Carga en kN	Series 1,3 y 4 Lecturas promedio (*Xr*) (mV/V)	Por interpolación (*Xa*) (mV/V)	Desviación (*fc*) (%)
100.00	0.199 976	0.199 947	0.015
200.00	0.400 078	0.400 139	-0.015
300.00	0.600 319	0.600 301	0.003
400.00	0.800 454	0.800 444	0.001
500.00	1.000 591	1.000 579	0.001
600.00	1.200 723	1.200 718	0.000
700.00	1.400 869	1.400 873	0.000
800.00	1.601 046	1.601 056	-0.001
900.00	1.801 267	1.801 277	-0.001
1000.00	2.001 558	2.001 548	0.001

6 INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
Measurement uncertainty

TABLA 8. Incertidumbre de la medición relativa del instrumento para los casos C y D

INCERTIDUMBRE RELATIVA DEL INSTRUMENTO MEDIDOR DE FUERZA (k=2)		
Carga en kN	**Caso C (%)**	**Caso D (%)**
100.00	0.040	0.066
200.00	0.041	0.054
300.00	0.027	0.036
400.00	0.027	0.033
500.00	0.027	0.032
600.00	0.026	0.030
700.00	0.026	0.028
800.00	0.026	0.027
900.00	0.026	0.026
1000.00	0.026	0.026

TABLA 9. Información para clasificación del instrumento calibrado según Tabla 2 - Características de los Instrumentos Medidores de Fuerza, de la Norma ISO 376:2011

Clase	Errores relativos del equipo de fuerza bajo calibración %						Incertidumbre expandida de la fuerza aplicada k=2 (ver numeral 7)
	Reproducibilidad b	Repetibilidada b'	Interpolación f_c	Cero f_0	Reversibilidad v	Fluencia c	%
00	0.05	0.025	±0.025	±0.012	0.07	0.025	±0.01
0.5	0.1	0.05	±0.05	±0.025	0.15	0.05	±0.02
1	0.20	0.10	±0.10	±0.050	0.30	0.10	±0.05
2	0.40	0.20	±0.20	±0.10	0.50	0.20	±0.10

7 TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN
Traceability

El Instituto Nacional de Metrología asegura el mantenimiento de la trazabilidad al SI de las mediciones realizadas usando el siguiente Patrón Nacional:

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4858

7.1 Máquina Patrón

Máquina Hidráulica Patrón de Referencia marca ERICHSEN para 1000 kN
Capacidad: 20 kN hasta 1000 kN
Incertidumbre de medición: 0.04% para fuerzas menores de 40 kN y 0.02% desde 40 kN hasta 1000 kN

8 OBSERVACIONES
Additional information

8.1 "*Un instrumento de medición de fuerza se debe volver a calibrar cuando ha sido sometido a una sobrecarga mayor a la establecida en el literal* (B.1 Anexo B de ISO 376:2011) *o después de la reparación.*" (Numeral 8.3.2 de ISO 376:2011), es decir, si la carga escede en más del 12% la capacidad nominal del instrumento, o también si se realizan reparaciones en él o en su instrumento indicador, sin tener en cuenta el tiempo transcurrido desde la presente calibración.

8.2 Este certificado emplea punto (.) en línea como separador decimal, de acuerdo con la 10ª Resolución de la 22ª CGPM de 2003 y la Resolución DG-210-2015 del 12 de Agosto de 2015 del INM.

8.3 El número de serie de la caratula "00283N54 2", corresponde al consecutivo de las calibraciones realizadas al item.

Fin del Certificado de Calibración
End of Calibration Certificate

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA DE COLOMBIA-INM
SUBDIRECCIÓN METROLOGÍA FÍSICA
Av. Cra 50 No 26-55 Int 2 CAN - Bogotá, D.C. Colombia
Conmutador: (571) 254 22 22
e-mail: contacto@inm.gov.co
www.inm.gov.co

El progreso es de todos
Mincomercio