FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

I CAIM 2008
Primer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
Octubre 2008

Realización metrológica y mantenimiento de la Escala Nacional de presión

Juan Ángel Forastieri [*1] , Victorio Jorge Miranda [2]

División Mecánica - Departamento de Física y Metrología – Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI – Colectora Avda. Gral Paz 5445 – San Martín (1650) - Argentina
[1] jaforast@inti.gov.ar , [2] victorm@inti.gov.ar*

RESUMEN

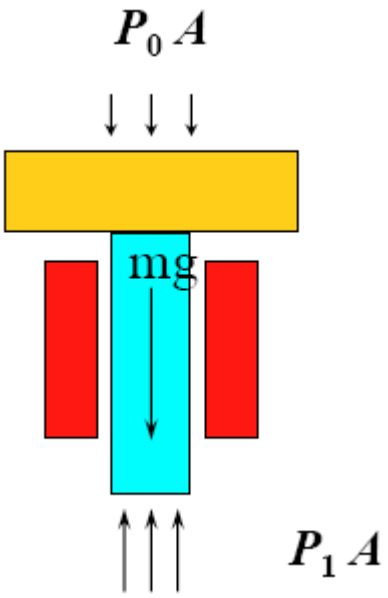
En la República Argentina los requerimientos en la magnitud presión, están vinculadas tanto a nivel de metrología industrial como legal y científica.
El INTI está abocado desde el Centro de Investigación y Desarrollo de Física y Metrología, a la realización y mantenimiento de la escala nacional de presión, permitiendo así, brindar asistencia industrial y legal a través de mediciones con el máximo nivel de exactitud.
La realización de la unidad primaria requiere su definición, luego generar su realización y posteriormente materializarla.
En le presente trabajo se exponen las actividades para la realización y materialización de la escala nacional para un rango comprendido entre –0,1 a 400 MPa; niveles de exactitud, incertidumbres de medición, trabajos de intercomparación y desarrollos a futuro de los patrones.

Palabras Claves: calibración patron medición

1. INTRODUCCIÓN

La magnitud presión es una magnitud derivada de las de masa tiempo y longitud. La obtención de un patrón primario de presión de alta calidad metrológica consiste en obtener un sistema de pistón y cilindro cuya área efectiva permita ser determinada geométricamente (longitud), y soportar un fuerza originada por una serie de pesas (masa), bajo un determinado campo gravitacional (tiempo-longitud).

El laboratorio de presión del INTI-Física cuenta con una serie de sistemas pistón-cilindro de diferentes áreas que permite cubrir el rango de 0 a 500 MPa en presión relativa y desde 1,5 a 70 000 kPa en presión absoluta. La capacidad de masas puesta en juego en el alcance máximo es de 100 kg sobre una sección de aproximadamente 2 mm^2. Estos sistemas van montados sobre equipos denominados balanzas de peso muerto que permiten operar según los rangos de trabajo en aceite o gas.



Fuerza acendente = Fuerza descendente

$$P_1 \cdot A = m \cdot g + P_0 \cdot A$$

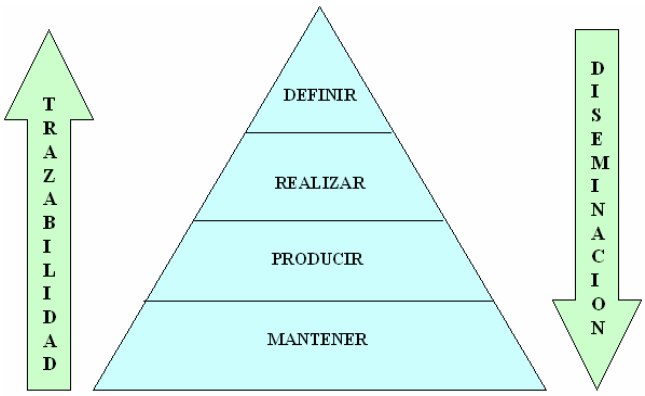
$$(P_1 - P_0) = m \cdot g / Area$$

Figura 1 Principio de funcionamiento de una balanza de peso muerto

Para cubrir los diferentes rangos se utilizan sistemas de pistón-cilindro con las siguientes constantes:
K(2025)= 0,7 kPa/kg; K(429)= 0,3 bar/kg; K(972)=1 bar/kg; K(1807)= 2 bar/kg; K(5020)= 10 bar/kg; K(1327)= 11 bar/kg; K(1476)= 30 bar/kg; K(3709)= 50 bar/kg

La misión del laboratorio de presión es la de mantener los patrones nacionales de la magnitud con el fin de lograr niveles de incertidumbre acorde con las necesidades de la industria y mantener actividades de intercomparación con los institutos de metrología de otros países. Los mejores niveles de incertidumbre alcanzados en todos los campos de aplicación permiten satisfacer la totalidad de la demanda actual de la industria que se concretan con las calibraciones de los patrones de trabajo o de referencia que ella emplean.

Su realización conlleva el arreglo físico de un conjunto de operaciones metrológicas que permita obtener calidad de valores representativos de los niveles de exactitud requeridos. Luego de este paso, es decir de su realización al más alto nivel nacional, es necesario reproducirla y mantenerla para garantizar su transferencia.
Lógicamente para su posterior aplicación en el ámbito de las transacciones entre partes, se requiere del conocimiento para diseminar la escala en múltiplos y submúltiplos y su aplicación masiva.
La etapa descripta anteriormente es la denominada capacidad de diseminar una unidad determinada que recorrida en forma inversa permite garantizar la trazabilidad de las mediciones con su concepto de una cadena ininterrumpida de vinculaciones de medidas con los patrones nacionales.



2 ESTADO ACTUAL

El laboratorio primario del INTI se encuentra en Buenos Aires en el Parque Tecnológico Miguelete donde se obtiene la escala nacional de esta magnitud. Además dispone de 4 laboratorios en el interior del país con capacidades diversas para cubrir las necesidades de la industria local y regional. Estos laboratorios están ubicados en Rosario, Rafaela, Mar del Plata y Córdoba.

El INTI ha firmado en el año 1999 junto a otros 38 directores de los Institutos Nacionales de Metrología miembros de la Convención del Metro un Reconocimiento de Acuerdo Mutuo (CIPM-MRA) [7] para patrones nacionales de medida y para los certificados de medición y calibración empleados por estos laboratorios.

Este Acuerdo de Reconocimiento Mutuo es en respuesta a la creciente necesidad para un esquema de apertura, transparente y comprensivo, que brinde a los usuarios información confiable sobre las cantidades a medir a partir de la comparación de los servicios nacionales de metrología y proveer de las bases técnicas para acuerdos amplios que hacen al comercio,a las transacciones internacionales y temas de regulación.

Para sostener este acuerdo en la magnitud de presión, el INTI ha declarado su mejor capacidad de medición ante el Sistema Interamericano de Metrología, organismo regional ante el Bureau International des Poids et Measure (BIPM), y someter las mismas a una evaluación por pares con otro organismo intenacional, que en este caso ha sido el Physikalisch-Technische Bundesanstalt de Alemania (PTB).

Las capacidades declaradas son las informadas en la tabla 1

Tabla 1. Mejores capacidades de medición declaradas por el INTI

Magnitudes u objetos a calibrar/verificar/ensayar	**Campos de medida**	**Incertidumbre mínima de medición**
Presión absoluta p_{abs}	0,015 bar a 0,05 bar	0,05 mbar
	0,05 bar a 2 bar	$5.\ 10^{-5}\ p_{abs}$ pero > que 0,01mbar
	2 bar a 7 bar	$5.10^{-5}\ p_{abs}$
	7 bar a 70 bar	$5.\ 10^{-5}\ p_{abs}$
	70 a 120 bar	$6.10^{-5}\ p_{abs}$
	2 bar a 1001 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_{abs}$ pero > que 0,3 mbar
	1001 bar a 4001 bar	$4.10^{-5}\ p_{abs} + (1{,}3.10^{-6}/\text{bar}).p_{abs}^2$
Presión relativa positiva y negativa p_e	-1 bar a -0,05 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_e$ pero > que 0,01 mbar
	-50 mbar a -15 mbar	0,02 mbar
	15 mbar a 50 mbar	0,02 mbar
	0,05 bar a 2 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_e$ pero > 0,01 mbar
	2 bar a 7 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_e$
	7 bar a 70 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_e$
	70 a 120 bar	$6.\ 10^{-5}\ p_e$
Presión relativa positiva p_e	1 bar a 1 000 bar	$4.\ 10^{-5}\ p_e$ pero > que 0,3 mbar
	1 000 bar a 4 000 bar	$4.10^{-5}\ p_e + (1{,}3.10^{-8}/\text{bar}).p_e^2$
Presión relativa negativa en gas	-0,015 bar a 0 bar	3 E-4. p ó 0,003 mbar (el mayor de ambas)
Presión relativa positiva en gas	0 bar a 0,015 bar	3 E-4. p ó 0,003 mbar (el mayor de ambas)

Dada la creciente demanda de las actividades de presión, existen en la actualidad siete laboratorios cuyos patrones de medida se encuentran con trazabilidad a los patrones del INTI y su sistema de Calidad supervisada por este instituto bajo la norma IRAM 301 (ISO 17025).

3 TRABAJOS DE INTERCOMPARACIÓN

Dentro del ámbito metrológico, una de las condiciones para poder evaluar la capacidad de medición de un laboratorio, es efectuar trabajos de intercomparación. Estos ejercicios tienen por finalidad establecer el grado de concordancia entre los participantes y considerar posibles desvíos sistemáticos en sus sistemas de medición que no han podido ser determinados a través del modelo matemático empleado.

Para tal actividad se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cantidad física a medir
- Dispositivo en circulación (tipo y propietario)
- Determinación de los puntos de medición
- Procedimiento de medición
- Laboratorio de referencia
- Resolución y estabilidad del dispositivo
- El Ente organizador del interlaboratorio
- Método de traslado
- Fechas de comienzo y finalización de las mediciones.
- Fecha para reunión del informe final

Bajo estos lineamientos el INTI ha llevado a cabo intercomparaciones en tres modalidades

a) Comparaciones internacionales
b) Comparaciones entre laboratorios privados y/ó públicos de alta exactitud
c) Comparaciones entre laboratorios propios del INTI

A continuación se describe los trbajos de comparación llevados a cabo en el área de presión:

3.1 Comparciones internacionales

Tabla 2 Comparaciones Internacionales

Rango	Medio	Transfer	Fecha	Participantes
18 a 3 000 hPa	Absoluta	Calibrador	Abr 2008	Alemania - Argentina
10 a 100 MPa	Hidráulica	Pistón-cilindro	Mar 2003	Brasi, México, Argentina, Colombia, EEUU, [4]
0,2 a 1,0 kPa	Neumático	Transmisor	May 02	Alemania-Argentina
1,5 a 5,0 kPa	Neumático	Transmisor	May 02	Alemania-Argentina
10 a 700 kPa	Neumático	Pistón-cilindro	May 00	Alemania-Argentina [8]
0,6 a 6 MPa	Neumático	Calibrador	Nov 00	Argentina-México [5]
5 a 100 MPa	Hidráulico	Calibrador	Mar 00	Brasil, Argentina, Colombia, Costa Rica, Jamaica, USA, México [3]
20 a 200 MPa	Hidráulico	Sensor	Jun 00	Alemania - Argentina

3.2 Comparaciones Nacionales

Tabla 3 Comparaciones Ncionales

Rango	Medio	Transfer	Fecha	Participantes
0,5 a 10 MPa	Hidráulica	Calibrador	Jul 2007	INTI-Córdoba, INTI-Rosario, INTI-Rafaela, INTI-Mar del Plata, INTI-Física
0,5 a 6 MPa	Neumática	Calibrador de cuarzo	Jun 2001	Metrocal, Honeywell, Siderar, Gas Natural Ban, Metrogas, INTI-Física
5 a 50 MPa	Hidráulica	Calibrador de cuarzo	Jun 2001	Aerolineas Argentinas, LMD, Ing. Capino, Fox Ingeniería, Metrocal,Siderar, DHI (USA), INTI-Rosario, INTI-Rafala, INTI- Córdoba, INTI-Física

3.3 Evaluación de desempeño

La evaluación del desempeño de los laboratorios participantes se realiza de acuerdo con los procedimientos aceptados internacionalmente y que se citan en la Bibliografía.

Se utilizó como criterio el cálculo del parámetro "E_n", definido de la siguiente manera:

$$E_n = (x_i - x_{ref}) / (U_i^2 + U^2_{ref})^{1/2} \qquad (1)$$

Donde:

x_i = Valor informado por el participante

x_{ref} = Valor de referencia. (establecido por INTI-Física)

U_i = Incertidumbre expandida informada por el participante.[1] [2]

U_{ref}= Incertidumbre expandida del valor de referencia.[1] [2]

De acuerdo con la bibliografía [6] es posible clasificar a los laboratorios de la siguiente forma:

$| E_n | < 1$ satisfactorio $| E_n | \geq 1$ no satisfactorio

Los valores del parámetro E_N así obtenido para el caso de la comparación internacional de Julio de 2007 fue como se indica en la tabla 4.

Tabla 4 Determinación de Error normalizado E_N

Presión Nominal MPa	E_N			
	Rosario	Rafaela	Mar del Plata	Córdoba
0	-----	-0,2	0,0	0,0
0,5	-0,1	0,2	0,4	-0,1
1	0,9	-0,3	0,4	-0,6
2	0,1	-0,4	0,0	-0,5
3	0,2	-0,4	0,0	-0,5
4	0,1	-0,5	0,0	-0,7
5	0,0	-0,4		-0,6
6	0,2	-0,4		-0,8
7	0,5	0,0		-0,6
8	0,5	0,1		-0,7
9	0,4	0,1		-0,6
10	0,4	0,0		-0,5

Como se observa en la tabla los valores de todos los participantes en todos los estados de presión fueron inferiores a 1, indicando esta situación un buen grado de acuerdo en las mediciones.

4 CONCLUSIONES:

El trabajo llevado a cabo en el laboratorio de metrología de presión del INTI apunta a brindar a todas las ramas de la industria, comercio, servicios, educación e investigación un nivel de calidad en las calibraciones de instrumentos de la magnitud acorde a los altos estándares internacionales con el fin de colaborar en la trazabilidad de los bienes que se ponen a disposición de nuestra comunidad y/o a las transacciones de origen internacional dentro del ámbito técnico comercial ó legal. Este nivel se encuentra sostenido por trabajos de desarollo de la escala, diseminación de la unidad y mantenimiento a través de trabajos de intercomparaciones nacionales e internacionales.

5 REFERENCIAS

[1] Document EA-4/02 European co-operation for Accreditation: Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration 1999.

[2] Guía para la Expresión de Incertidumbres de Medición Traducción INTI (BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993)

[3] SIM – Pressure Standards Comparison within the Interamerican Metrology System up to 100 MPa. J. Torres – P. Couto. NCSL Washington 2001.

.

[4] Hydraulic gauge pressure SIM compariso for a range up to 100 MPa. J Torres. P Olvera 4th CCM London 2005

[5] Comparación de baja presión entre México y Argentina. Torres – Forastieri Metrocal Chile 2001

[6] Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons ISO/DIS 13528:2002 (E)

[7] CIPM Mutual Recognition Arrangement. http://www.bipm.org/en/cipm-mra/

[8] Escala Nacional de presión y trabajos de intercomparación. J. Forastieri – V. Miranda - D. Jungman – Jornadas Tecnológicas INTI 2002