

# SEMBLANZA DE UNA DÉCADA DE METROLOGÍA PRIMARIA DE PRESIÓN Y VACÍO EN MÉXICO

Torres Guzmán J., Olvera Arana P.

Centro Nacional de Metrología, km 4,5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México

Teléfono (52) 442 211 0572, fax (52) 442 211 0578, e-mail: [jtordes@cenam.mx](mailto:jtordes@cenam.mx)

**Resumen:** Es año de una década trabajando en metrología primaria en México. El Centro Nacional de Metrología - CENAM inició operaciones en 1994 y ha desarrollado funciones de acuerdo a la Ley Federal de Metrología y Normalización – LFMN. Dentro de estas funciones se encuentra la de fungir como laboratorio de referencia para el Sistema Nacional de Calibraciones – SNC. Para el cumplimiento de esta meta se han desarrollado varias actividades y proyectos en la magnitud de presión.

En este documento se presenta un resumen de las actividades más importantes y de mayor impacto desarrolladas en esta década, así como los planes de actividades y proyectos más relevantes en metrología de presión y vacío.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Centro Nacional de Metrología, a través de la División de Metrología de Fuerza y Presión del Área de Metrología Mecánica, ha establecido colaboración estrecha con el SNC (de conformidad con los artículos número 25 y 30 de la LFMN) [1]. A partir de 1994, se impulsó la colaboración con el SNC y se incluyeron varias actividades tales como: reuniones del SNC en el grupo de trabajo de presión y vacío, asesorías grupales, proyectos individuales (por laboratorio), cursos avanzados (exclusivos para el SNC), comparaciones nacionales entre laboratorios secundarios (con el CENAM como organizador y laboratorio piloto).

Por otra parte, y con el fin de homogenizar los resultados obtenidos por los laboratorios secundarios al realizar mediciones y calibraciones se han organizado comparaciones nacionales entre laboratorios secundarios desde 1996. También, a nivel internacional se han realizado comparaciones desde 1996. En ambos casos, el CENAM ha desarrollado metodología y procedimientos [2, 3].

## 2. ESTADO ACTUAL

El CENAM cuenta con 3 laboratorios en presión (con sistemas de calidad adecuados implantados [4, 5]) para desarrollar metrología primaria [6] y otorgar servicios de calibración a laboratorios secundarios y a laboratorios nacionales de otros países.

Estos laboratorios se administran para lograr la mayor eficiencia y eficacia posible [7], logrando niveles de respuesta al cliente de 10 semanas en lista de espera y 1 semana en calibración.

Laboratorio	Alcance de Medición	Incertidumbre Expandida	Servicio (Presión)
Patrón Nacional de Presión	15 kPa 7 MPa	$\pm 10 \cdot 10^{-6}$	Absoluta Diferencial Relativa
Patrón Nacional de Vacío	$1 \cdot 10^{-4}$ Pa $1 \cdot 10^3$ Pa	$\pm 5 \cdot 10^{-7}$ Pa $\pm 1$ Pa	Absoluta
Patrones de Referencia de Presión y Vacío	$5 \cdot 10^{-3}$ Pa 500 MPa	$\pm 2 \cdot 10^{-1}$ Pa $\pm 100$ kPa	Absoluta Negativa Diferencial Relativa

*Tabla 1. Laboratorios de presión en el CENAM.*

## 3. COLABORACIÓN CON EL SNC

El SNC se inició en julio de 1980 por decreto presidencial y se tenían reuniones de varios grupos de trabajo coordinados por la DGN. Con la aparición de la ema se diluyó esta actividad, sustituyéndose por las reuniones de los subcomités de evaluación de laboratorios de calibración (con propósitos de acreditación). A partir del año 2000, el CENAM, a través de la División de Metrología de Fuerza y Presión, convocó a reuniones del grupo de trabajo de presión y vacío. Las reuniones convocadas por el CENAM a la fecha han sido 4.

Como producto de estas reuniones se han realizado varias actividades que se mencionan a continuación [8].

Cursos. Desde 1997 se han otorgado dos cursos avanzados de presión, dedicados al SNC.

Asesorías. Desde 1998 se han realizado 15 asesorías individualizadas para laboratorios secundarios. Desde 2003, se han realizado 2 asesorías generalizadas, contando con 5 laboratorios en cada una.

Comparaciones Nacionales. Se han realizado comparaciones nacionales entre laboratorios secundarios. La primera comparación se realizó en 1997, contó con la participación de 6 laboratorios y en las 4 siguientes se fue incrementando la participación de laboratorios secundarios hasta la quinta comparación realizada en el 2003 donde participaron más del triple de laboratorios, 20. En total en esta magnitud se han realizado 5 comparaciones contando con la participación total de 47 laboratorios secundarios, siempre con el CENAM como laboratorio piloto y organizador.

A continuación se presentan las comparaciones realizadas con el alcance de medición, la fecha de realización, el patrón de comparación utilizado y el número de laboratorios participantes [9, 10, 11, 12, 13].

Alcance de Medición	Fecha	Patrón de Comparación	Laboratorios Secundarios Participantes
0 MPa a 7 MPa	1997	Manómetro; Cl. exactitud 0,5 %	6
35 MPa	1998	Balanza de presión; Cl. exactitud 0,025 %	4
-100 kPa a 0 kPa	1999	Manovacúmetro; Cl. exactitud 0,05 %	12
100 MPa	2000	Manómetro digital; Cl. exactitud 0,01 %	5
100 MPa	2001	Manómetro digital; Cl. exactitud 0,01 %	5
100 MPa México - Alemania (PTB – CENAM)	2002	Manómetro digital; Cl. exactitud 0,01 %	7
0 MPa a 2,1 MPa	2003	Manómetro digital; Cl. exactitud 0,01 %	20

**Tabla 2.** Comparaciones nacionales en la magnitud de presión (presión y vacío) entre laboratorios secundarios del SNC.

### 3.1 Resumen

En las siguientes tablas, se resumen las actividades realizadas con el SNC desde 1994.

Reunión	Curso	Asesoría	Asesoría Grupal	Conferencia
4	2	12	2	10

**Tabla 3.** Actividades realizadas por el CENAM con el SNC desde 1994.

El total de conferencias impartidas a los laboratorios secundarios se refiere a técnicas y dirigidas a mejorar las mediciones y/o calibraciones de los laboratorios.

Comparaciones Nacionales	Comparaciones Internacionales
6	1

**Tabla 4.** Comparaciones entre laboratorios secundarios de calibración de presión mexicanos.

Para la mayoría de las comparaciones, se han publicado los resultados en Congresos nacionales e internacionales. Para las demás comparaciones se realizó un informe final de circulación restringida entre los laboratorios secundarios participantes. En las primeras comparaciones se incluyó un informe confidencial para cada laboratorio participante que incluía las oportunidades de mejora detectadas por el CENAM.

Número de laboratorios Acreditados		
1994	2004	En vías
15	28	4

**Tabla 5.** Laboratorios secundarios de calibración de presión acreditados en México.

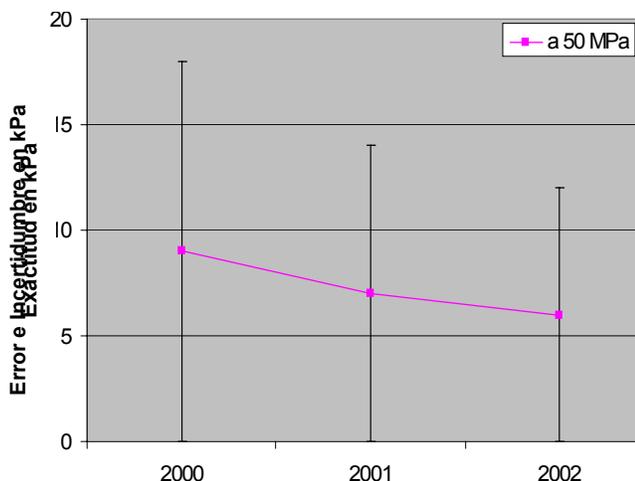
Es importante aclarar que muchos laboratorios (la mayoría) que se establecieron de 1994 a esta fecha, recibieron apoyo por parte del CENAM para su implantación. Esto fue mediante, al menos, uno de los servicios que el CENAM ha otorgado al SNC descritos en la **Tabla 3** anterior (curso, asesoría, conferencia) o como proyecto específico a una empresa para la instalación de un laboratorio secundario (p. e. Industrias Técnicas Schob).

Es importante mencionar que existen otros laboratorios secundarios de calibración que han optado por no acreditarse.

### 3.2 Beneficios

Para evaluar los beneficios que los laboratorios secundarios obtienen por la colaboración del CENAM se tendría que incluir cada caso. Sin embargo, se puede presentar un ejemplo de mejora grupal en sus mediciones, analizando un ejemplo de comparaciones nacionales: la comparación de presión a 100 MPa.

Esta comparación se realizó 3 veces (en 2000, 2001 y 2002), en la gráfica siguiente se presenta la dispersión de los resultados obtenidos por los laboratorios (la máxima dispersión de todos) en las 3 comparaciones. En la gráfica se puede observar una mejora significativa en cada comparación.



**Gráfica 1.** Mejora en la exactitud de los laboratorios secundarios en diferentes comparaciones.

### 4. COLABORACIÓN INTERNACIONAL

La colaboración se ha desarrollado tanto con laboratorios nacionales de otros países como con instituciones y organismos. Las actividades realizadas incluyen proyectos, desarrollos tecnológicos, asesorías, cursos, entrenamiento y comparaciones entre otras.

#### 4.1 Apoyo Otorgado por el CENAM

A nivel internacional el CENAM ha otorgado asesorías, estancias de entrenamiento, cursos y organizado varias comparaciones internacionales en la magnitud de presión.

En la siguiente tabla se presenta un resumen del apoyo otorgado en presión.

APOYO	OTORGADO A	FECHA
Curso de presión	SIM/ ONNUM (Costa Rica), COHCIT (Honduras), USAC (Guatemala), CONACYT (El Salvador), UTP (Panamá), TTBS (Trinidad y Tobago), INDECOPI (Perú), INTN (Paraguay), IBMETRO (Bolivia), INMETRO (Brasil).	Junio 20 – 23, 2001
Curso de presión	Andimet/SENCAMER (Venezuela), SIC (Colombia), IBMETRO (Bolivia), INEN (Ecuador), INDECOPI (Perú) y ENAER (Chile).	Septiembre 13 y 14, 2001; Febrero 25 y 26, 2002
Curso de comparación entre laboratorios	Chile (LCPN), Bolivia y Venezuela.	Junio, 2002
Entrenamiento	JBS (Jamaica)	1997
Entrenamiento	UTP (Panamá)	1998
Entrenamiento	CONACYT y Laboratorio Nacional de Metrología Legal (Salvador)	1998
Entrenamiento	INMETRO (Brasil)	1998
Entrenamiento	INTI (Argentina)	1999
Entrenamiento	ONNUM (Costa Rica)	1999 y 2001
Entrenamiento	INEN (Ecuador)	2001
Entrenamiento	ENAER (LCPN, Chile)	2001 y 2002
Entrenamiento	IBMETRO (Bolivia)	2002
Entrenamiento	SIC (Colombia)	2002
Entrenamiento	SENCAMER (Venezuela)	2003
Entrenamiento	LANAMET (Nicaragua)	2003
Consultoría	ONNUM (Costa Rica)	2001
Consultoría	SIC (Colombia)	2002
Consultoría	ENAER (LCPN, Chile)	2002 y 2003
Evaluación por pares	INMETRO (Brasil)	2004

**Tabla 6.** Apoyo otorgado internacionalmente por el CENAM en la magnitud de presión.

#### 4.2 Colaboración con el CENAM

Se han realizado proyectos de diseño y construcción de patrones nacionales, así como

mejoras operativas colaborando con especialistas de laboratorios nacionales de otros países.

En la tabla siguiente se resume la colaboración desarrollada con especialistas de Institutos Metrológicos Nacionales [14, 15].

COLABORACIÓN	CON	FECHA
Trazabilidad Interna	NIST, EUA	1994 - 1995
Desarrollo del Manobarómetro	IMGC, Italia	1994 - 1995
Desarrollo del Sistema de Expansión Estática	PTB, Alemania	1996 - 1998

**Tabla 7.** Colaboración internacional con el CENAM.

**4.3 Inclusión del CENAM en Grupos de Trabajo de Alto Desempeño**

El CENAM ha sido incluido en el Grupo de Trabajo de Presión del Consejo Consultivo de Masa y Magnitudes Relacionadas del CIPM. Este Grupo de Trabajo se divide en 3 subgrupos, cada uno con un número de miembros de diferentes Institutos Metrológicos Nacionales no mayor a 20 personas. Los grupos son: el de baja presión (vacío), el de media presión (presión en el alcance de medición de la presión barométrica) y el de alta presión (hidráulica y neumática).

También, el CENAM es miembro del Comité Técnico 16 del IMEKO (TC16, Presión y Vacío), formado por menos de 30 especialistas de todo el mundo.

Dentro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), se ha mantenido una colaboración estrecha. Adicionalmente, desde 1996 el CENAM a tenido la coordinación del Grupo de Trabajo de Presión y Vacío del SIM.

**4.4 Comparaciones Internacionales**

Se han realizado varias comparaciones internacionales en las magnitudes de presión y vacío [16, 17, 18]. Algunas han sido bilaterales (el CENAM con otro Instituto Metrológico Nacional) y otras con la participación de varios laboratorios.

En la tabla siguiente, se incluye información general de estas comparaciones. Se indica el laboratorio organizador y piloto subrayando su nombre en la columna de Laboratorios.

ALCANCE	LABORATORIOS	AÑO
610 kPa - 5,4 MPa	<u>CENAM</u> /México - INTI/Argentina.	2000
10 MPa - 100 MPa transductor	SIM/ SIC (Colombia), ONNUM (Costa Rica), JBS (Jamaica), INTI (Argentina), INMETRO (Brasil), NIST (EUA) y <u>CENAM</u> (México).	2000
10 kPa - 100 kPa	NRC/Canadá - <u>CENAM</u> /México.	2000
10 MPa - 100 MPa	<u>CENAM</u> /SNC (México) – PTB/DKD (Alemania).	2000 2001
2 MPa - 20 MPa	Andimet/SIC (Colombia), SENCAMER (Venezuela), IBMETRO (Bolivia), INEN (Ecuador), INDECOPI (Perú); ENAER (Chile) y <u>CENAM</u> (México).	2001 2002
10 MPa - 100 MPa pistón - cilindro	SIM/ SIC (Colombia), ONNUM (Costa Rica), JBS (Jamaica), INTI (Argentina), INMETRO (Brasil), NIST (EUA) y <u>CENAM</u> (México).	2000 2002
10 <sup>-4</sup> Pa - 10 <sup>-1</sup> Pa	<u>CENAM</u> /México - PTB/Alemania.	2002
200 kPa - 2 MPa	ENAER (Chile) and <u>CENAM</u> (México).	2003
7 MPa - 70 MPa	ENAER (Chile) and <u>CENAM</u> (México).	2003

**Tabla 8.** Comparaciones internacionales en la magnitud de presión en las que el CENAM ha participado.

**5. OTRAS COLABORACIONES Y COMENTARIOS GENERALES**

Se ha colaborado con la Dirección General de Normas par la revisión y actualización de Normas Mexicanas (NOM), estas son: NOM-009-SCFI-1993 “Instrumentos de medición-Esfigmomanómetros de columna de mercurio y de elemento sensor elástico para medir la presión sanguínea del cuerpo humano” y la NOM-013-SCFI-2004 “Instrumentos de medición - manómetros con elemento elástico – especificaciones y métodos de prueba”

El CENAM tomó parte en la comparación clave del CIPM (CCM.P-K7) en la magnitud de presión, donde solo 9 laboratorios nacionales del mundo fueron incluidos. El informe final de esta comparación clave se encuentra en preparación por parte del laboratorio piloto (PTB de Alemania).

Los trabajos que se están desarrollando actualmente en metrología primaria de presión en el CENAM, se enfocan a mejorar la trazabilidad interna y establecer niveles de incertidumbre eficientes y confiables tanto en actividades internas como en servicios de calibración [19, 20].

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de la especialidad de presión y vacío del CENAM para el logro de los resultados alcanzados y por su entrega y dedicación.

## REFERENCIAS

- [1] Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, 1992 – 1999. México.
- [2] Torres Guzmán J. C., Comparaciones de Patrones de Medición, IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara. Octubre 2000.
- [3] Torres Guzmán J. C., Guía y Lineamientos Generales para Comparaciones de Patrones de Medición, Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Chile. 2001.
- [4] Torres Guzmán J. C., Cederborg Almeida B., Importancia de la Metrología en la Aplicación de la Norma ISO 9000 y la Guía 25 ISO/IEC. Memorias de las Primeras Jornadas Técnicas de Laboratorios de la Industria Petrolera y Petroquímica. Cardón, Venezuela. Mayo 1997.
- [5] Torres Guzmán J. C., Aseguramiento de las Mediciones en las Magnitudes de Presión y Vacío, Calidad 97, La Habana, Cuba. 1997.
- [6] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona B., Olvera Arana P., Medición Primaria de Presión Barométrica. Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Chile. 2001.
- [7] Torres Guzmán J. C., Administración de Laboratorios de Metrología, XVII Congreso Nacional de Metrología y Normalización. Puebla, México. Octubre 2001.
- [8] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona B., Aranda Contreras V. M., Pressure Metrology in Mexico. 3rd CCM International Conference in Pressure Metrology. Turín, Italia. Mayo 1999.
- [9] Santander Romero L., Torres Guzmán J. C., Comparación Nacional en Presión Relativa Neumática hasta 2,1 MPa, Memorias del Congreso Nacional de Metrología y Normalización. Monterrey, N. L. Octubre 2003.
- [10] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona J. B., Jöger J., Pressure Standards Comparison between Germany and Mexico (Primary and Secondary Laboratories). NCSL International, Workshop and Symposium 2002, 6E Pressure III. San Diego, USA. Agosto 2002.
- [11] Soriano Cardona J. B., Torres Guzmán J. C., Aranzolo Suárez J., Comparación Nacional en la Magnitud de Presión Relativa (100 MPa), entre laboratorios secundarios acreditados, XVII Congreso Nacional de Metrología y Normalización. Puebla, México. Octubre 2001.
- [12] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona J. B., Aranzolo Suárez J., Comparación Nacional en la Magnitud de Presión Relativa (100 MPa), entre laboratorios secundarios en vías de acreditación, IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara, México. Octubre 2000.
- [13] Torres Guzmán J. C., Santander Romero L. A., Soriano Cardona J. B., Comparación Nacional en la Magnitud de Presión Negativa (-100 kPa a 0 kPa). Memorias del XV Seminario Nacional de Metrología, ISN-0188-4328. Querétaro, México. Octubre 1999.
- [14] Soriano Cardona B., Torres Guzmán J. C., Santander Romero L., Sistema de Referencia Nacional para la Medición de Vacío. Simposio de Metrología, Querétaro, México. Mayo 2001.
- [15] Esparza Ramírez A., Construcción de un manobarómetro primario en el CENAM. Boletín ENTORNO, No. 4, año 1, Vol. 1, CENAM. México. Septiembre 1994.
- [16] Idrovo Calderón R., Neira Catalina, Torres Guzmán J. C., Comparación de Patrones de Presión en el SIM/ANDIMET. Simposio de Metrología 2002. México. 2002.
- [17] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona B., Couto P. R., Pressure Standards Comparison Within the Interamerican Metrology System (SIM), up to 100 MPa. NCSL International, Workshop and Symposium 3D National & International Comparisons. USA. 2001.
- [18] Torres Guzmán J. C., Olvera Arana P., Forastieri J., Jungman D., Comparación de Baja Presión entre México y Argentina. Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Concepción, Chile. 2001.
- [19] Aranzolo Suárez J., Torres Guzmán J. C., Diseño Mecánico para el Aseguramiento de la Trazabilidad de las Mediciones de Presión, Memorias del Congreso Nacional de Metrología y Normalización. Monterrey. Octubre 2003.
- [20] Olvera Arana P., Determinación del coeficiente de deformación elástica en Ensamblajes Pistón Cilindro de Balanzas de Presión Tipo Industrial, Memorias del Congreso Nacional de Metrología y Normalización. Monterrey. México. 2003.