

APOYOS A LAS PYMEs A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

**Artículo preparado para la
Oficina de Ciencia y Tecnología de la
Organización de Estados Americanos***

Ismael Castelazo Sinencio
Octubre 2002

* Las opiniones expresadas en este artículo son las del autor y no representan necesariamente las de la Oficina de Ciencia y Tecnología de la OEA.

TABLA DE CONTENIDO

1. ABREVIATURAS EMPLEADAS EN ESTE ARTÍCULO.....	3
2. PROMOCIÓN INDUSTRIAL A TRAVÉS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.....	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. APOYOS TRADICIONALES PARA FORTALECER LA COMPETITIVIDAD DE LAS PYMES 4	
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD	5
3.1. LAS NORMAS COMO ESPECIFICACIONES DE PRÁCTICAS ACEPTADAS	5
3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD	7
3.3. NORMAS Y BARRERAS TÉCNICAS AL COMERCIO.....	10
4. IMPLANTACIÓN EFICIENTE DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.....	12
4.1. ELEMENTOS QUE ASEGURAN LA CONFIABILIDAD DE LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.....	12
4.2. CONSIDERACIONES SOBRE LOS INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA	14
4.3. CONSIDERACIONES SOBRE LAS ENTIDADES DE ACREDITACIÓN	16
4.4. PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS Y DE LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN.....	17
5. ACCIONES DE APOYO AL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.....	18
5.1. PAPEL DE LOS ORGANISMOS REGIONALES	18
5.2. PAPEL DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA	19
5.3. PAPEL DE LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS Y LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN ..	20
5.4. FOMENTO DE UNA RED DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYOS	21
6. CONCLUSIONES	21
7. REFERENCIAS	22
APÉNDICE	23

1. Abreviaturas empleadas en este artículo

A2LA	American Association for Laboratory Accreditation
ALCA	Área de Libre Comercio de las Américas
ANSI	American National Standards Institute
APEC	Asia Pacific Economic Cooperation
APLAC	Asia Pacific laboratory Accreditation Cooperation
APMP	Asia Pacific Metrology Program
BIPM	Bureau international des poids et mesures
BSI	British Standards Institute
CE	Comisión Europea
CGPM	Conférence général des poids et mesures
CIPM	Comité international des poids et mesures
CENAM	Centro Nacional de Metrología (México)
COFRAC	Comité français d'accréditation (Francia)
CONACYT	Consejo nacional de Ciencia y Tecnología de México
DAR	Deutscher Akkreditierungs Rat
DIN	Deutsches Institut für Normung
EA	European cooperatio for Accreditation
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación (España)
EUROMET	European Colaboration in Measurement Standards
GOCO	Government-Owned-Corporate-Operated organization
IAAC	Inter American Accreditation Cooperation
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
INMETRO	Instituto Nacional de Metrología, Normalizaçao e Qualidade Industrial (Brasil)
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentina)
ISO	International Organization for Standardization
JIS	Japanese Industrial Standard
MAN	Metrología, Acreditación y Normalización
NACLA	National Voluntary Laboratory Accreditation Program
NATA	National Association of Testing Authorities (Australia)
NMI	National Metrology Institute
NMi	Nederlands Meetinstituut
NPL	National Physical Laboratory (Reino Unido)
OEA	Organización de Estados Americanos
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
SAI	Standards Australia International
SCC	Standards Council Canada
SI	Sistema Internacional de unidades
SEP	Secretaría de Educación Pública de México
SIM	Sistema Interamericano de Metrología
UKAS	United Kingdom Accreditation Service (Reino Unido)

2. Promoción industrial a través de la ciencia y la tecnología

2.1. Antecedentes

La relación directa entre el avance científico y tecnológico y el progreso económico es un hecho que en la actualidad se conoce y acepta de manera generalizada. Por este motivo, los factores promotores de estas ramas del conocimiento son de interés para todos los gobiernos y constituyen una de las estrategias de desarrollo más importantes para los organismos de fomento regional [1]¹.

Las estrategias de fomento buscan favorecer a la mayor parte de la población y las relacionadas con la ciencia y la tecnología no son la excepción. Sin embargo, la mayor parte de la población empleada en actividades con componentes tecnológicas (manufacturas, servicios tecnológicos) trabaja en pequeñas y medianas empresas (PYMES) que no cuentan con los recursos necesarios para explotar los beneficios de estos avances del saber; de ahí que los gobiernos se han esforzado por facilitar el acceso de las PYMES a estos conocimientos.

Las PYMES generalmente comparten carencias que van desde la falta de recursos económicos hasta el desconocimiento de técnicas de fabricación y administración, que las ponen en desventaja con la competencia transnacional. Muchos de los argumentos presentados en este artículo se aplican también a las llamadas “micro” empresas, generalmente negocios artesanales familiares constituidos por menos de cinco personas. Sin embargo, es necesario reconocer que cuando se habla de tecnología capaz de hacer frente a la competencia de los productos producidos por países industrializados, las micro empresas tienen un reto mucho mayor que las pequeñas y medianas.

2.2. Apoyos tradicionales para fortalecer la competitividad de las PYMES

Los gobiernos de la región han estado concientes de esta situación desde hace muchos años y han intentado una serie de medidas para promover a estas empresas con estrategias muy diversas. Actualmente, los programas de microcréditos son favorecidos, muchas veces con la modalidad de favorecer el financiamiento a las mujeres, por ser ellas quienes aseguran resultados más concretos para mejorar el bienestar de la población.

El Banco Interamericano de Desarrollo ha establecido dos líneas de acción principales en su estrategia para favorecer el desarrollo de las PYMES. La primera es eliminar la distorsión del mercado a través de la existencia de reglas de juego transparentes y equilibradas y la segunda ofrecer a estas empresas medios para acceder a financiamientos, mano de obra, tecnología y capacidad gerencial [2].

Algunas naciones latinoamericanas han desarrollado estrategias de incorporación de nuevos conocimientos como los Centros de Innovación Tecnológica en Perú [3]

¹ Los números entre corchetes representan referencias listadas al final del documento.

y los Centros Tecnológicos SEP/CONACYT en México [4]. Estos centros especializados apoyan a ciertos sectores productivos ofreciendo asesorías y servicios tecnológicos a precios accesibles para las PYMES. Su eficiencia depende no solo de la calidad de los centros sino de la adecuada selección del sector objetivo, asegurando que existan los recursos necesarios para aprovechar estos apoyos y se beneficie un amplio sector de la población.

Otro camino para fortalecer el aprovechamiento de la ciencia y la tecnología en actividades productivas, especialmente en las PYMEs, es establecer una infraestructura nacional que permita la mejor utilización de los recursos tecnológicos disponibles y el aprovechamiento en todo su potencial de la calidad de los productos y servicios generados en el país. Ejemplos ampliamente utilizados son las redes informáticas y los sistemas bibliotecarios. Otro elemento menos reconocido pero cuya cobertura y eficacia es igualmente amplia es contar con un sistema transparente y confiable de evaluación de la conformidad con respecto a normas

En este trabajo presentaremos las razones por las que un sistema de evaluación de la conformidad constituye una de las estrategias más eficientes con las que cuentan los países para apoyar la competitividad de las empresas, proteger la salud y seguridad humanas y fomentar el desarrollo sustentable. En la siguiente sección se describe la importancia actual de las normas y su papel como potenciales barreras técnicas al comercio. Posteriormente, se presentan los elementos de un sistema de evaluación de la conformidad y, finalmente, se discuten las diversas formas de establecimiento y promoción de los elementos de este sistema.

3. Descripción del Sistema de Evaluación de la Conformidad

3.1. Las normas como especificaciones de prácticas aceptadas

Una de las formas más eficaces de aprovechar el conocimiento científico es documentar sus aplicaciones prácticas en forma de especificaciones técnicas que, cuando son consensuadas por algún sector de la sociedad, toman el carácter de **normas**². A partir de la segunda mitad del siglo XX, la evaluación de la conformidad de productos y servicios con respecto a normas sustituyó la vieja costumbre de evaluar individualmente a cada proveedor, pues, con el advenimiento de la mundialización y la multiplicación de ofertas, ésta resultó impráctica para las grandes empresas. Uno de los primeros ejemplos de aplicación amplia de la verificación de la conformidad fue el caso de Underwriter Laboratories (UL), que generalizó en los Estados Unidos el uso de ensayos de seguridad y funcionamiento en la década de 1930 [5]. En la última década del siglo XX, la enorme popularidad de las normas de calidad de la serie ISO y QS 9000 ha

² A menos que se indique lo contrario, en este documento emplearemos el término “normas” de manera genérica, para designar tanto a las normas industriales, de carácter voluntario, como a los reglamentos técnicos, de cumplimiento obligatorio.

extendido al público en general la costumbre de aceptar las cualidades de un producto o servicio a través de una declaración de conformidad.

Con el fortalecimiento de los sistemas de laboratorios de ensayo, los gobiernos han podido establecer regulaciones técnicas más estrictas, que permiten ofrecer una mayor protección a la seguridad y la salud humanas y evitar la degradación del medio ambiente. En la actualidad es común contar con más de 10 000 normas y regulaciones técnicas en los países industrializados, como se muestra en la tabla 1. Naturalmente el reto va más allá de el establecimiento de las normas pues para cada una de ellas deben existir laboratorios con capacidad técnica y credibilidad adecuada, que puedan realizar los ensayos requeridas para evaluar la conformidad de los productos con respecto a las normas.

Organismo	Nº de normas emitidas
ISO (Org. Int.)	13 544 [6]
ANSI (EUA)	14 650 [7]
DIN (Alemania)	26 130 [8]
JIS (Japón)	8 932 [9]
BSI (Reino Unido)	20 000 [10]
SAI (Australia)	6 000 [11]

Tabla 1. Número de normas emitidas por algunos organismos nacionales e internacionales

En un estudio elaborado por la organización alemana de normalización, DIN, se documenta que las normas producen numerosos beneficios para las empresas, entre los que se cuentan reducción de costos, simplificación de las relaciones cliente-proveedor y mejoras en la calidad del producto, aumentando así su aceptación en el mercado. En el ámbito macroeconómico, las normas tienen una importancia similar a las patentes en la promoción del desarrollo tecnológico y fomentan el comercio internacional cuando se reduce la variedad de normas entre países (adopción de normas internacionales) [12].

Las ventajas de la existencia y evaluación de la conformidad con normas aceptadas se pueden apreciar en dos importantes ámbitos de la sociedad:

- Competitividad de productos y servicios de base tecnológica. Fabricar productos con calidad no es suficiente para lograr su competitividad en el mercado. Esta se logra sólo si es posible **demostrar** su calidad objetivamente y la mejor forma de hacerlo es a través de un certificado de conformidad, emitido a partir de ensayos realizados por laboratorios con capacidad comprobada.

- Protección de la salud y seguridad humanas y del medio ambiente. La habilidad de los gobiernos para proteger a la población y a su entorno depende de la existencia de un sistema de evaluación de la conformidad confiable. En algunos países latinoamericanos se cuenta con un gran número de reglamentos técnicos que no pueden ser verificadas por falta de laboratorios de ensayo capaces de realizar los ensayos establecidos por las normas. Esto, no sólo impide aprovechar los beneficios del reglamento sino que genera un ambiente de discrecionalidad en su aplicación, aún en los casos en los que existe la infraestructura necesaria para su aplicación.

3.2. Elementos del Sistema de Evaluación de la Conformidad

La existencia de las normas sería inútil sin un sistema de evaluación de la conformidad³ que permita realizar ensayos en laboratorios competentes, para verificar si los productos o servicios cumplen con los requisitos establecidos en aquellas.

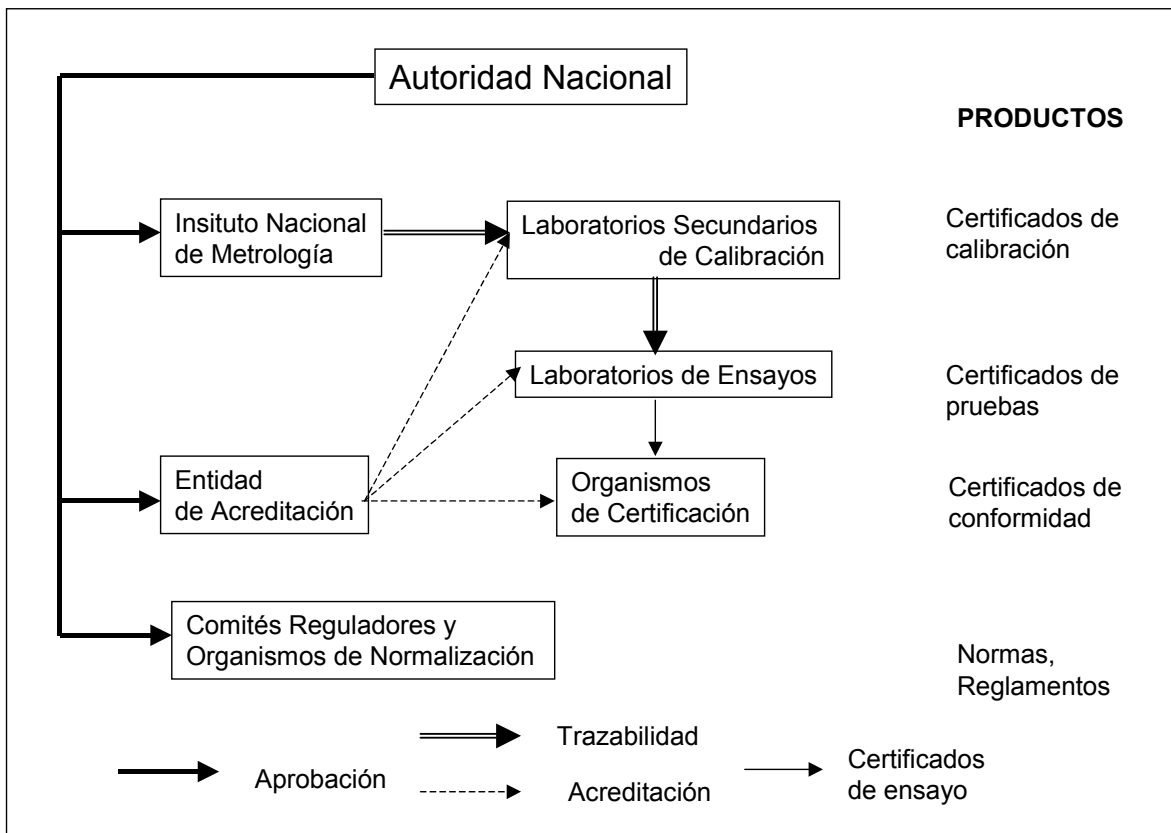


Figura 1. Elementos del Sistema de Metrología, Acreditación y Normas

³ La "Evaluación de la Conformidad" se define como la actividad que demuestra el cumplimiento de requerimientos específicos relacionados a productos, procesos, sistemas, personas u organizaciones. Este es un concepto genérico que cubre actividades como calibración, pruebas, inspección y certificación, así como la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad [13]

Los elementos del sistema de evaluación de la conformidad se ilustran en la figura 1 y se describen a continuación.

La evaluación de la conformidad con normas y reglamentos técnicos se realiza a través de ensayos que llevan a cabo laboratorios acreditados para este fin. Adicionalmente, es necesario contar con un Instituto Nacional de Metrología y un sistema de laboratorios secundarios de calibración, los cuales aseguran la exactitud y la confiabilidad de los instrumentos con los que se realizan los ensayos. Otro importante elemento son los organismos de certificación, que deben interpretar los resultados de los certificados de ensayos y determinar si un producto, servicio y u organización cumple con una norma determinada. Finalmente, los organismos de acreditación evalúan los laboratorios de calibración y de ensayos, así como los organismos de certificación, para asegurar su competencia técnica e imparcialidad. De esta manera, los certificados de conformidad emitidos por los laboratorios de ensayos acreditados tienen el respaldo de la infraestructura metrológica y la confiabilidad de una evaluación de tercera parte.

Entre las principales características de los elementos del sistema se cuentan las siguientes:

Autoridad – Papel del Gobierno

El papel de los gobiernos es autorizar a los organismos que encabezan los sectores de metrología, acreditación y normalización. En el primer caso se trata del Instituto Nacional de Normalización, custodio de los patrones nacionales; en el caso de la acreditación, se autoriza la existencia de una o más entidades de acreditación y, finalmente, se establecen comités y organismos de normalización que las elaboran en consulta con los sectores interesados las normas y reglamentos técnicos.

Instituto Nacional de Metrología

El Instituto Nacional de Metrología (INM) da confiabilidad a los instrumentos con los que se realizan los ensayos al ofrecer servicios de calibración y certificación de materiales de referencia con **trazabilidad**⁴ a los patrones nacionales. La figura 2 muestra en forma esquemática la conformación típica de un sistema metrológico nacional. A la cabeza se encuentran los **patrones nacionales**, que son las referencias de más alta exactitud en un país y generalmente se mantienen en los Institutos Nacionales de Metrología o, en su ausencia, en las organizaciones encargadas de la metrología legal. Los patrones nacionales pueden ser **patrones primarios**, es decir, aquellos que no requieren ser calibrados por otros patrones

⁴ “Trazabilidad” se define como la propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por medio del cual puede ser relacionado con referencias aceptadas, normalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, todas ellas con una declaración de incertidumbre asociada [14]

de la misma magnitud y corresponden a las realizaciones recomendadas por el Comité Internacional de Pesas y medidas (CIPM) (ver su definición en el Apéndice). En este caso, su exactitud se comprueba a través de comparaciones internacionales con patrones similares en otros países. Sólo en el caso de los patrones de masa, las referencias de más alta exactitud disponibles para un país son las copias del prototipo internacional, las cuales deben ser calibradas periódicamente en la Oficina Internacional de Pesas y medidas (BIPM), con sede en París.

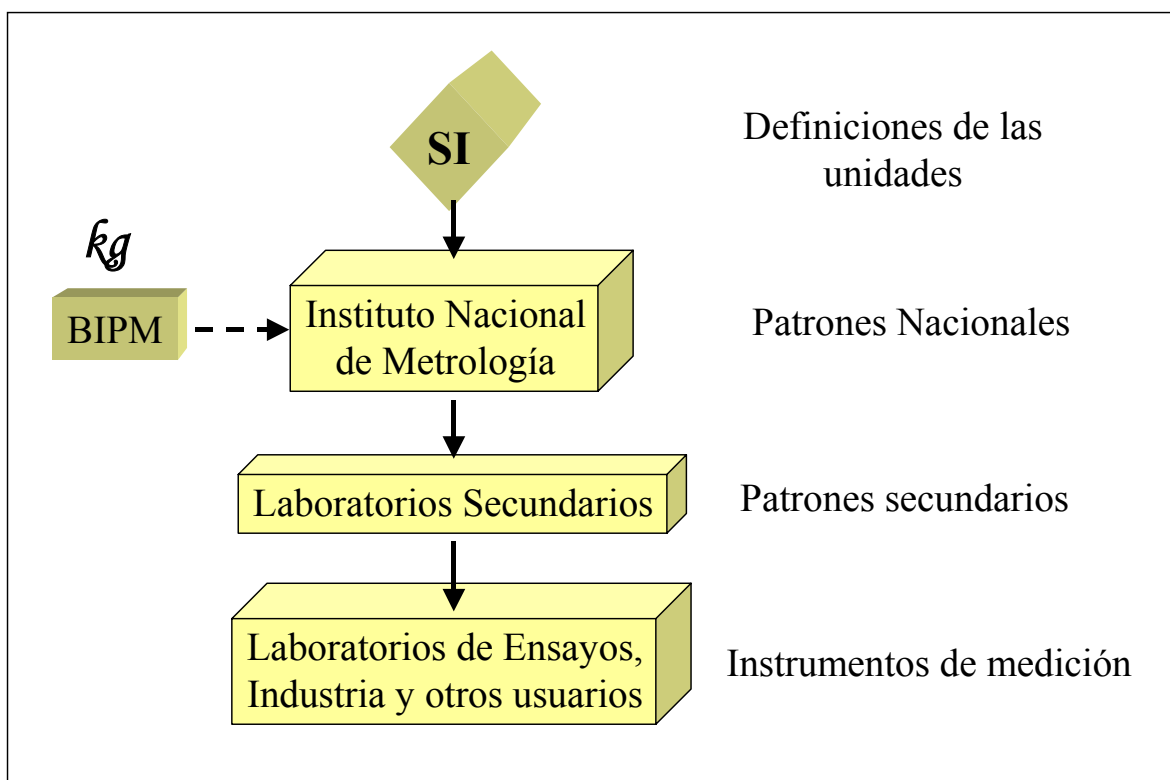


Figura 2. Estructura de un sistema metrológico nacional

Laboratorios Secundarios de Calibración

Los laboratorios de ensayos y el resto de los usuarios de instrumentos de medición normalmente no obtienen su trazabilidad directamente del INM sino a través de una red de laboratorios secundarios de calibración que multiplican la oferta de servicios de calibración disponible en el país.

Laboratorios de Ensayos

Las actividades de evaluación de la conformidad de productos o servicios de base tecnológica como las telecomunicaciones, son realizadas por laboratorios de

ensayos, en los cuales se miden las características físicas o químicas de estos productos para verificar su correspondencia con los valores establecidas por las normas.

Organismos de Normalización

Un organismo de normalización se define como aquél que está reconocido en el ámbito nacional, regional o internacional y que, en virtud de sus estatutos, una de sus principales funciones es la preparación, aprobación o adopción de normas puestas a la disposición del público [15]. Una de sus labores principales es la creación de consensos entre las partes con intereses legítimos para reflejar en las normas requerimientos útiles para la comunidad, que al mismo tiempo sean factibles de verificar, de acuerdo con la infraestructura técnica disponible en el país.

Entidad de Acreditación

La confiabilidad en los laboratorios se logra a través del proceso de **acreditación**, el cual, al igual que la evaluación de la conformidad, forma parte del grupo de actividades llamadas colectivamente “evaluación de tercera parte”⁵. La acreditación es un procedimiento por medio del cual una entidad autorizada reconoce formalmente que una organización o persona física es competente para llevar a cabo una tarea específica. En este caso, una entidad de acreditación debidamente aprobada realiza una evaluación para comprobar que los laboratorios cumplen con los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17025, mientras que los organismos de certificación siguen lo establecido en la Guía ISO/IEC 65. La entidad de acreditación realiza estas labores siguiendo también lineamientos internacionales, establecidos en las guías ISO/IEC 58 y 61.

3.3. Normas y barreras técnicas al comercio

El Acuerdo sobre Barreras Técnicas al Comercio de la Organización Mundial del Comercio es un esfuerzo para impedir que los reglamentos, normas, ensayos y certificación de procesos creen obstáculos innecesarios al intercambio de productos y servicios [16]. Este Acuerdo indica que los procedimientos de evaluación de la conformidad deben ser justos y equitativos para todos los productos -independientemente de su origen- y alienta a los países a reconocer sus respectivos procedimientos de evaluación, de tal manera que un producto pueda ser verificado en el país de origen con respecto a las normas del país de destino.

La aceptación internacional de certificados emitidos en el país de origen requiere una evaluación de los organismos de acreditación de laboratorios y evidencias de capacidad de estos a través de pruebas de comparación interlaboratorios. Si todos los países requirieran evaluar individualmente a cada uno de sus socios comerciales, el trabajo involucrado sería enorme y en muchos casos redundante. Por lo tanto, el reconocimiento mutuo de los certificados emitidos por los

⁵ Se le llama “primera parte” al proveedor y “segunda parte” al usuario [13]

laboratorios de calibración y ensayos ha sido promovido principalmente por organizaciones internacionales como la *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC) y por el *Comité International des Poids et Mesures* (CIPM), los que promueven esquemas de evaluación regional que, siguiendo metodologías aceptadas, son revisados y aceptados por otras regiones del mundo sin necesidad de repetir la evaluación país por país.

En la figura 3 se ilustra la manera en que los Arreglos de Reconocimiento Mutuo de ILAC y el CIPM trabajan para promover el comercio internacional. Los sistemas nacionales de evaluación de la conformidad en cada país están soportados por la trazabilidad a los patrones nacionales que existe en las mediciones realizadas por los laboratorios secundarios de calibración y de ensayos. El Arreglo de Reconocimiento Mutuo del CIPM (CIPM MRA, por sus siglas en inglés) busca la aceptación de los patrones nacionales y de los certificados de calibración y medición emitidos por los Institutos Nacionales de Metrología [17]. Por su parte, el Arreglo de Reconocimiento Mutuo de ILAC establece el reconocimiento internacional de las acreditaciones de laboratorios de calibración y de ensayos, realizadas por las entidades signatarias, con lo cual se reconoce la validez de los certificados emitidos por estos laboratorios acreditados.

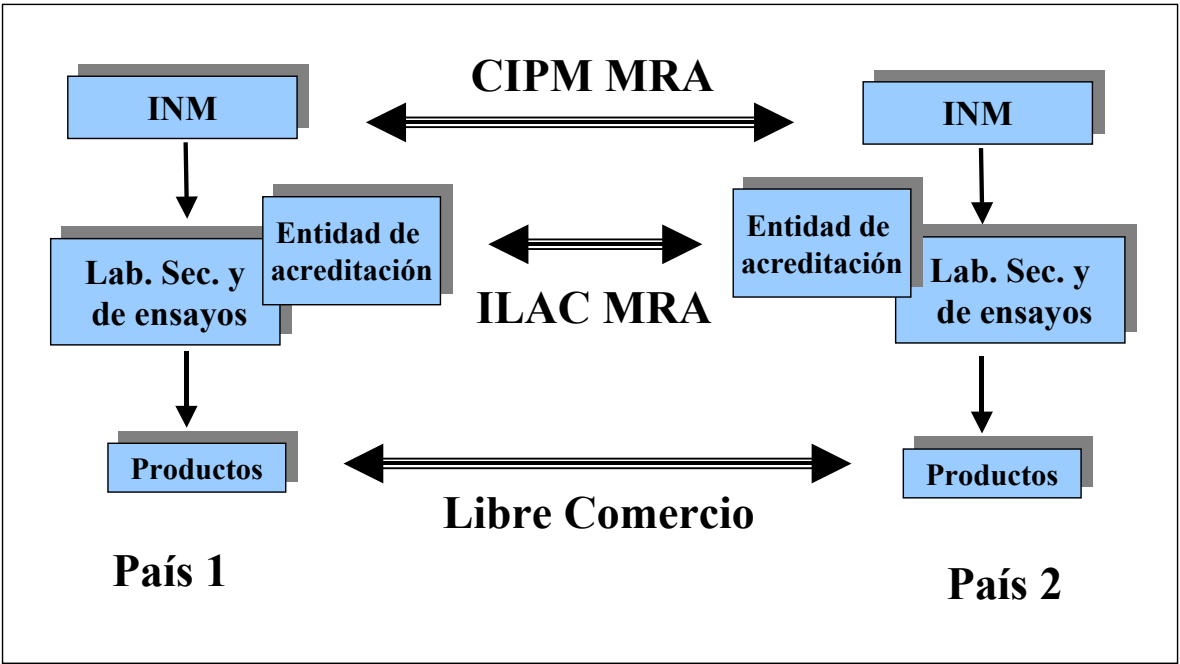


Figura 3. Arreglos de Reconocimiento Mutuo que promueven la aceptación internacional de certificados de evaluación de la conformidad

Este proceso en dos partes es necesario por la diferencia que existe en capacidades técnicas y estatus legal entre los Institutos Nacionales de Metrología y los laboratorios acreditados. Los países que participan en este proceso y logran

la aceptación internacional de sus certificados de evaluación de la conformidad logran una gran ventaja competitiva para sus productos en el mercado globalizado.

4. Implantación eficiente de un sistema de Evaluación de la Conformidad

Los sistemas de Evaluación de la Conformidad (EC) más avanzados y eficientes del mundo existen en países con un alto desarrollo industrial, como Alemania, Australia, Francia y Sudáfrica. En los últimos diez años, un gran número de países en vías de desarrollo se ha avocado al establecimiento de sistemas similares y, naturalmente, busca ejemplos a seguir entre aquellos que cuentan con una mayor experiencia.

Desafortunadamente, el desarrollo de sistemas de EC en los países industrializados ocurrió de manera gradual, conforme sus necesidades evolucionaron a lo largo de muchas décadas y actualmente muestran características que no son el resultado de una planeación estratégica inicial sino del camino seguido por sus instituciones a lo largo de los años.

Consecuentemente, la estructura y relaciones entre los diversos elementos de los sistemas de EC en los países con una larga tradición industrial presentan variantes que dificultan la obtención de lecciones útiles para planear implantar sistemas similares en los países en vías de desarrollo. En esta sección se analizan estas variantes y se señalan las ventajas y desventajas de cada alternativa, en función de las experiencias reportadas por cada uno de ellos.

4.1. Elementos que aseguran la confiabilidad de la evaluación de la conformidad

El éxito de un sistema de evaluación de la conformidad estriba en su credibilidad; una credibilidad que se logra demostrando no solo su transparencia sino, principalmente, su capacidad técnica. Los elementos torales del sistema son los laboratorios de ensayos, los de calibración y el Instituto Nacional de Metrología, los cuales deben tener una capacidad técnica adecuada para las necesidades de cada país y demostrada a través de su participación exitosa en comparaciones internacionales.

La evaluación de la conformidad es la actividad clave para lograr los beneficios de la normalización y de los sistemas de metrología pero sólo puede ser efectiva si los laboratorios de ensayos cuentan con los elementos que les aportan la capacidad técnica necesaria, principalmente:

- Personal capacitado
- Equipo adecuado para la realización de los ensayos
- Condiciones ambientales controladas
- Procedimientos establecidos

➤ Sistema de calidad

Estos elementos están establecidos en la norma ISO/IEC 17025, la cual es aceptada internacionalmente como la referencia bajo la cual se evalúa la capacidad de los laboratorios de calibración y de ensayos para su acreditación.

Para realizar su función, la entidad de acreditación debe convocar a un grupo evaluador que realice una visita al laboratorio y verifique que éste cuenta con los elementos necesarios para lograr una capacidad técnica adecuada. Entre los requisitos más importantes, el grupo evaluador debe asegurarse que los instrumentos de medición empleados por el laboratorio tienen la exactitud adecuada para la aplicación y cuentan con trazabilidad a patrones nacionales o internacionales. El personal debe estar capacitado y demostrar que conoce los procedimientos apropiados para realizar los ensayos o calibraciones para las cuales el laboratorio desea acreditarse. Otros requisitos como el control de las condiciones ambientales y la presencia de un sistema de calidad son también revisados y evaluados por el grupo, durante la visita al laboratorio.

Si los integrantes de este grupo evaluador son expertos capaces y experimentados, un informe positivo de su visita al laboratorio es una evidencia que ayuda a los usuarios a aceptar la confiabilidad de los certificados emitidos por dicho laboratorio. Sin embargo, independientemente de su experiencia, la opinión del grupo evaluador no es más que una muestra de la presencia en el laboratorio de las condiciones y los elementos adecuados para realizar su función. Adicionalmente a este informe, las entidades de acreditación confiables deben realizar otras acciones como visitas de seguimiento, programadas y extraordinarias, y, sobre todo, **pruebas de aptitud** o **comparaciones** entre los laboratorios. La mejor prueba de la aptitud de un laboratorio es una demostración fehaciente de ésta a través de la realización de una medición, calibración o ensayo, cuyo resultado es comparado con una referencia aceptada. Los términos **prueba de aptitud** y **comparación** se usan para designar ejercicios similares, aunque la primera generalmente implica un requisito que los laboratorios deben superar para ser aprobados, mientras que la segunda puede ser un ejercicio de control que admite acciones correctivas cuando los resultados no son satisfactorios.

La realización de estas pruebas forma parte de los requisitos establecidos en la Guía ISO/IEC 58, la cual deben cumplir las entidades de acreditación para ser aceptadas dentro de la *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC).

Naturalmente, la demostración de la aptitud de un laboratorio comparando sus resultados con los de una referencia aceptada depende precisamente de la confiabilidad de dicha referencia. Comúnmente, una prueba de aptitud consiste en el envío al laboratorio bajo evaluación de un patrón, instrumento o material de referencia, cuyas características metrológicas han sido establecidas previamente por el **Instituto Nacional de Metrología** (INM). Los resultados de las mediciones,

que realice el laboratorio bajo evaluación pueden compararse con los valores obtenidos por el INM y así obtener evidencias sobre su competencia técnica

Idealmente, se debe llevar a cabo una prueba de aptitud a cada laboratorio antes de obtener por primera vez su acreditación y posteriormente debe participar en rondas de comparación entre laboratorios una vez cada año. En la mayor parte de los países industrializados, el INM coordina estas actividades en colaboración con la entidad acreditadora, pues es aquél el que normalmente cuenta con el personal mejor capacitado en metrología en el país. En algunos sistemas europeos la entidad acreditadora lleva a cabo la coordinación de estos ejercicios pero siempre empleando artefactos caracterizados por el INM. La experiencia ha demostrado que el INM tiene las mejores condiciones para tomar la responsabilidad de estas pruebas debido a la experiencia e independencia de su personal además de la confianza que ofrece por ser la referencia de más alta exactitud en el país.

4.2. Consideraciones sobre los Institutos Nacionales de Metrología

Alcance

El alcance de los Institutos Nacionales de Metrología debe estar acorde con el desarrollo de cada país y puede variar desde un sistema limitado a la metrología legal más básica (masa y volumen) hasta los sistemas más avanzados para las aplicaciones científicas más exigentes.

Los expertos de los laboratorios más avanzados generalmente recomiendan a los países pequeños o en desarrollo no invertir en patrones primarios ni en laboratorios sofisticados. Esta postura se defiende argumentando que el país en cuestión no está involucrado en actividades tecnológicas de alto nivel y que para los casos aislados en los que se requiera alguna calibración de equipo especializado, ésta se puede solicitar a un laboratorio extranjero. Lo que deben considerar las autoridades de los países en desarrollo es que esta opinión, aunque en principio es correcta, generalmente no considera los planes de desarrollo que sólo el gobierno local pueden justipreciar. La infraestructura mínima para cualquier país, inclusive algunos industrializados, podría incluir únicamente laboratorios de tipo secundario que dependan para su operación de obtener trazabilidad (calibración de sus patrones) del laboratorio nacional de otro país. La realidad es muy diferente y se han argumentado desde cuestiones de soberanía nacional hasta la disponibilidad del servicio al dar preferencias en tiempo de respuesta a usuarios nacionales. Indudablemente es necesario buscar el balance adecuado pues las inversiones necesarias para establecer este sistema pueden ser muy elevadas. Será necesario recordar que la infraestructura metrológica es una ventaja estratégica que toma tiempo en establecerse, que puede atraer la inversión extranjera y promover la competitividad de productos con requerimientos metrológicos que avanzan con gran velocidad.

Centralizado v.s. Distribuido

En la mayor parte de los países donde se ha tomado la decisión de establecer un Instituto Nacional de Metrología se ha elegido la opción de concentrar los patrones

nacionales en una sola organización, lo cual facilita la coordinación y aprovecha ventajas sinérgicas, al contar con una masa crítica de técnicos e investigadores que cooperan en los trabajos de varios laboratorios.

Algunos Institutos Nacionales de Metrología abarcan áreas de trabajo que tradicionalmente se desarrollaban en instituciones independientes como las dedicadas a las magnitudes eléctricas, nucleares, mecánicas y químicas. Con el tiempo, en algunos países como Dinamarca, Francia, Italia y Rusia, se ha mantenido esta separación, coordinando sus trabajos a través de una organización cúpula (Dinamarca y Francia) o designando a uno de los laboratorios como representante de los demás en actividades internacionales (Italia y Rusia). En 2001, Japón, que contaba con un sistema relativamente distribuido, tomó la decisión de concentrar todos sus laboratorios en una nueva organización llamada National Metrology Institute of Japan (NIMJ), reforzando la opinión generalizada de que esta concentración de esfuerzos ofrece ventajas significativas.

Tomando esta experiencia, varios países de América han creado organizaciones centralizadas para desarrollar y mantener sus patrones nacionales de medición, como Argentina (INTI – 1957), Brasil (INMETRO – 1975) y México (CENAM – 1994), por nombrar sólo a los laboratorios con mayores recursos.

Existe una excepción en el ámbito latinoamericano. Chile, en años recientes, optó por establecer un Instituto Nacional de Metrología distribuido. Sus razones son más complejas que el continuar simplemente una tradición pues implican una estrategia económica que busca aprovechar la infraestructura existente en instituciones, tanto públicas como privadas, para conformar el sistema de laboratorios que mantienen los patrones nacionales de medición. Este sistema, dirigido por la División de Metrología del Instituto Nacional de Normalización, controla la Red Nacional de Metrología, a la que pertenecen actualmente los laboratorios Custodios de Patrones Nacionales CESMEC Ltda. (masa y temperatura), DICTUC, S.A. (longitud), IDIC (fuerza), ENAER (presión) y la U. de Concepción (variables eléctricas) [18].

Privado v.s. Público

Mantener el control de los Institutos Nacionales de Metrología por parte de los gobiernos centrales ha sido apoyado con argumentos de soberanía nacional. A través de la historia, fueron los reyes los que establecieron las pesas y medidas para regular las transacciones comerciales. Esta prerrogativa del gobierno quedó plasmada en la Constitución de los Estados Unidos de América, cuyo primer artículo establece entre las atribuciones del congreso federal “acuñar moneda, regular su valor, así como el de las monedas extranjeras y fijar los patrones de pesas y medidas.” De esta manera, en muchos países se le da una importancia al establecimiento de patrones de medición similar a la que tiene el establecimiento del valor de la moneda, por lo que muchos piensan que privatizar el Instituto Nacional de Metrología sería tan impensable como privatizar el Banco Central.

Sin embargo, gracias a los esfuerzos de las organizaciones asociadas al Tratado del Metro [19] y al hecho de que los valores de las unidades de medición se fijan de acuerdo con fenómenos científicos, es posible que un país confíe en una organización privada, en algunos casos de origen extranjero, para desarrollar y mantener sus patrones nacionales de medición. Son de resaltar los ejemplos británico y holandés, donde sus INM, originalmente considerados agencias gubernamentales, fueron parcialmente privatizados. En el Reino Unido, el *National Physical Laboratory*, fundado en 1901 por la corona británica, fue convertido en la década de 1990 en una entidad del tipo denominado *Government-Owned-Corporate-Operated* (GOCO). Es decir, el gobierno mantiene la propiedad de los activos del laboratorio pero adjudica su administración a una empresa particular, la cual negocia anualmente con el gobierno un contrato por el mantenimiento de los patrones nacionales pero tiene la libertad de realizar otras actividades remuneradas [20]. En Holanda, el *Nederlands Meetinstituut* (NMI, B.V.) fue privatizado en 1989 a partir del antiguo Servicio Holandés de Metrología Legal y actualmente es una empresa subsidiaria de Holland Metrology N.V [21].

En la mayor parte de los países latinoamericanos, no obstante, los Institutos Nacionales de Metrología son organismos pertenecientes al gobierno central. En muchos casos, estos organismos evolucionan a partir de las organizaciones encargadas de la metrología legal y del establecimiento de reglamentos técnicos. Actualmente, los gobiernos centrales controlan estos institutos en todos los países de América, excepto Chile. El caso de Chile, mencionado en la sección anterior, es tal vez un ejemplo extremo, sólo comparable con el sistema danés, donde varias empresas, algunas privadas y otras públicas, son reconocidas por una autoridad quien las autoriza a mantener el patrón nacional en una o más magnitudes.

4.3. Consideraciones sobre las Entidades de Acreditación

Distribuidas v.s. Centralizadas

En algunos países industrializados las entidades de acreditación se encuentran distribuidas por motivos históricos. En Alemania, por ejemplo, el *Deutscher Akkreditierungs Rat* (DAR) coordina las actividades de ocho organismos de acreditación en el ámbito voluntario y nueve en el obligatorio [22]. En los Estados Unidos, con una menor experiencia y tradición mucho más reciente en las actividades de acreditación, se creó, en el año 2000, la *National Cooperation for Laboratory Accreditation* (NACLA), quien coordina, a través de un arreglo de reconocimiento mutuo, las actividades de acreditación de la *American Association for Laboratory Accreditation* (A2LA), del *National Voluntary Laboratory Accreditation Program* (NIST/NVLAP) y de *ICBO Evaluation Service, Inc.* [23]. Estos esfuerzos de coordinación han sido necesarios por la presencia anterior de entidades de acreditación que deben ser representadas por una sola voz nacional en organismos regionales e internacionales como la *Inter American Accreditation Cooperation* (IAAC), la *European cooperation for Accreditation* (EA) y la *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC).

Sin embargo, al igual que con los INM, los países que han establecidos nuevos sistemas de acreditación recientemente reconocen la ventaja de concentrar los esfuerzos en una sola organización. Otros países con sistemas ya establecidos han decidido integrarlos en vista de que esto facilita la interacción con organizaciones internacionales, con el fin de establecer arreglos de reconocimiento mutuo. Tal es el caso de los sistemas en Francia (COFRAC), España (ENAC), Canadá (SCC), Australia (NATA), Reino Unido (UKAS), Brasil (INMETRO) y México (EMA).

Públicas v.s. Privadas

Las entidades de acreditación no están relacionadas de manera directa con argumentos de control estratégico o soberanía que muevan a los países a mantenerlas dentro del gobierno central. Organizaciones pioneras, como la *National Association of Testing Authorities* (NATA), en Australia, fundada en 1947, es una empresa independiente, sin fines de lucro y está designada por el gobierno australiano para fungir como la autoridad máxima para acreditar unidades de verificación [24]. El *Brithish Calibration Service* (BCS), fundada en 1966 en el Reino Unido, y amalgamada con el *National Testing Laboratory Accreditation Scheme* (NTLAS) en 1985 para formar el *National Measurement Accreditation Service* (NAMAS) [25] fue privatizado y convertido en un una empresa sin fines de lucro, el *United Kingdom Accreditation Service* (UKAS), a mediados de la década de 1990 [26].

En la tabla 2 se observa que entre las pocas entidades de acreditación de laboratorios de calibración del continente, prevalecen las de carácter público. Sin embargo, la tendencia entre los países europeos se inclina claramente hacia la privatización, manteniendo por supuesto los gobiernos la supervisión de sus actividades.

País	Entidad	Carácter
Canadá	SCC	Público
Estados Unidos	NVLAB / A2LA	Público / Privado
México	EMA	Privado
Brasil	INMETRO	Público

Tabla 2. Organismos de acreditación de laboratorios de calibración en América

4.4. Participación de las instituciones académicas y de los centros de investigación

En varios países latinoamericanos, los Institutos Nacionales de Metrología se han iniciado o establecido permanentemente en instituciones académicas. Esto se explica por el alto nivel técnico que se requiere para mantener las referencias metrológicas de mayor exactitud en un país. El Centro Nacional de Metrología de México tuvo sus inicios en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, antes de establecerse como una institución

independiente. En Panamá, los patrones nacionales fueron establecidos inicialmente en la Universidad de Panamá antes de pasar a formar parte del nuevo Centro Nacional de Metrología de Panamá. Como se mencionó arriba, uno de los laboratorios custodios de patrones nacionales de Chile es la Universidad de Concepción.

El principal inconveniente para establecer el laboratorio nacional en una institución académica es la divergencia entre los objetivos tradicionales de estas dos organizaciones. Normalmente, un Instituto Nacional de Metrología debe dar prioridad al servicio al público y mantener sus instalaciones siempre disponibles para ofrecer servicios metrológicos a toda la población. Por el contrario, el objetivo principal de una institución académica es la educación. Este objetivo se cumple gracias a una serie de actividades como la investigación y la difusión del conocimiento, que normalmente ocupan un importante porcentaje del tiempo de sus académicos y no les permite mantener la dedicación necesaria a la prestación de servicios. Otro inconveniente común son los calendarios tradicionales en las universidades, cuyos períodos vacacionales se consideran logros laborales difíciles de modificar, que generan retrasos en la prestación de servicios y provocan pérdidas a los usuarios industriales.

5. Acciones de apoyo al sistema de Evaluación de la Conformidad

5.1. Papel de los organismos regionales

La Organización de Estados Americanos (OEA) y la Cooperación Económica de Asia-Pacífico (APEC) han reconocido la importancia de apoyar los programas de evaluación de la conformidad y mantienen importantes programas de apoyo para fortalecer a los INM y a los laboratorios acreditados. Una característica común de estas dos regiones es la convivencia de economías muy desarrolladas, como Japón y Estados Unidos, con otras de desarrollo incipiente, por lo que la participación de estos organismos regionales tiene una mayor importancia en la búsqueda de acortar las brechas económicas existentes.

La OEA ha apoyado decididamente al Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y a la cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC), como factores fundamentales en el apoyo a la creación del Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA). Por su parte, APEC apoya a la *Asia Pacific Metrology Program*, APMP, en el ámbito de los INM y a la *Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation*, APLAC, en el de los laboratorios acreditados.

En Europa, la Comisión Europea (CE) cuenta con la Organización Metrológica Regional EUROMET y con la *European cooperation for Accreditation* (EA), en la coordinación de los laboratorios acreditados. En este caso, la mayor parte de los países de esta región cuentan con los recursos económicos necesarios para mantener sus propios programas de colaboración, por lo que el apoyo de la CE se

ha dirigido principalmente a los países de Europa del este y Turquía, que buscan adherirse al Tratado de Maastrich.

Estos ejemplos a nivel regional dan la pauta de las acciones a seguir en el ámbito nacional. La labor de los organismos interamericanos sería superflua si no se contara con organizaciones nacionales fuertes que diseminaran sus beneficios entre la industria local y condujeran a una mejora en el bienestar de la población.

5.2. Papel del Instituto Nacional de Metrología

Los gobiernos de Latinoamérica y el Caribe han reconocido la importancia de contar con un Instituto Nacional de Metrología desde hace varios años. Cuando se reorganizó el Sistema Interamericano de Metrología, durante su Asamblea General en Río de Janeiro, en enero de 1995, una gran parte de los países miembros sólo contaban con organizaciones incipientes, principalmente orientadas a actividades de metrología legal. A partir de esa fecha, se han creado nuevos INM en El Salvador, Honduras, Panamá, Venezuela, Paraguay y Chile y se han reorganizado los de Colombia, Argentina, Costa Rica y Guatemala.

El caso del Centro Nacional de Metrología de México

El Centro Nacional de Metrología de México (CENAM) se estableció con el apoyo de un crédito de 25 millones de dólares que contrató el gobierno mexicano con el Banco Mundial, además de contar con el apoyo de dos de los principales Institutos Nacionales del mundo, el NIST, de Estados Unidos y el PTB, de Alemania. De los 25 millones contratados con el Banco Mundial, cuatro fueron dedicados íntegramente a financiar la capacitación de sus técnicos. La estrategia fue contratar a un tercio de los 300 empleados con los que se planeaba contar finalmente, y enviarlos a capacitar en el NIST, el PTB y otros laboratorios como el NRC de Canadá, el IMGIC y el IMGF, ambos de Italia. Esto fue posible gracias a que este entrenamiento se dio en el período que tomaba la construcción de los edificios y la adquisición del equipo, aproximadamente dos años en su fase más intensa, entre 1993 y 1994. Al final de sus primeros cinco años de operaciones, el personal del CENAM había recibido cerca de 500 meses-persona de entrenamiento. De haber exigido el gobierno mexicano un inicio inmediato de la prestación de servicios, este entrenamiento hubiese sido imposible. Este intenso programa de entrenamiento es la principal razón del rápido desarrollo y reconocimiento internacional del CENAM.

En este proceso se ha hecho patente que la capacitación del personal de los INM requiere un esfuerzo especial que debe distinguirse de los programas tradicionales de entrenamiento. En primer lugar, las fuentes de capacitación para este personal son muy escasas. Los programas académicos en metrología son casi inexistentes y los cursos en metrología de alto nivel muy escasos. En la experiencia de algunos de estos laboratorios, la mejor capacitación no se obtiene a través de cursos de una semana sino en estancias de por lo menos tres a seis semanas en un laboratorio experimentado. Las dificultades para lograr esto son los recursos para pagar el sostenimiento de los técnicos en otro país y, sobre todo, contar con

personal adicional que pueda cubrir una vacancia extendida de los técnicos en entrenamiento.

5.3. Papel de las instituciones académicas y los centros de investigación

La principal contribución de las instituciones académicas en apoyo de los laboratorios de metrología y de ensayos es el establecimiento de programas de capacitación y la inclusión de materias en metrología y calidad en sus programas académicos. Una de las dificultades para establecer programas en metrología es que aún no se identifica a esta disciplina como una especialidad con suficiente mercado de trabajo para justificarlos. En realidad los metrologos actualmente son principalmente físicos, químicos o ingenieros que se han especializado en técnicas de medición, incluyendo estadística y estimación de incertidumbres. Estas habilidades son útiles no sólo para desarrollarse como un profesional de la metrología sino para todo ciudadano que haga uso de las mediciones, es decir, para toda la población. Los conceptos de acreditación, calidad y verificación de la conformidad deben estar presentes en todas las currícula para dotar a los estudiantes de habilidades para elegir productos y servicios y para enseñarles a entender y respetar los reglamentos que se establecen para su protección y la del ambiente.

Todo laboratorio requiere de sofisticados instrumentos de medición que, en su mayor parte, sólo se producen en unos cuantos países industrializados. Aún cuando la sustitución de importaciones en instrumentos es una causa defendida por algunos, su impacto en el bienestar de la población tiene un muy bajo potencial, debido al alto nivel tecnológico que requiere su desarrollo (costo) y el pequeño porcentaje de la economía que representan (beneficio).

El potencial de los centros de investigación en Latinoamérica y el Caribe debe orientarse a asesorar a los laboratorios de calibración y ensayos en el establecimiento de sistemas de medición. Estos sistemas, aún empleando instrumentos comerciales, requieren un sofisticado conocimiento de su comportamiento y cuidados especiales en el desarrollo de los procedimientos de medición, los cuales generalmente sólo pueden desarrollar técnicos con capacitación especializada. Si estos técnicos están disponibles en centros de investigación o en instituciones académicas, es necesario implantar programas de enlace academia-industria que permitan poner a la disposición de las PYMEs la capacidad tecnológica de estas organizaciones. En caso de no contar con personal capacitado adecuadamente en estas tecnologías, es importante reconocer que siempre será más eficiente “capacitar a los capacitadores” para obtener efectos multiplicadores en los recursos de entrenamiento dedicados a esta materia, por lo que los programas de capacitación gubernamentales orientados al personal de más alto nivel, presente en el INM, en los centro de investigación y en las instituciones académicas, tendrá mayores oportunidades de éxito.

5.4. Fomento de una red de laboratorios de calibración y ensayos

Los laboratorios de calibración y de ensayos son el componente del sistema de evaluación de la conformidad que interacciona directamente con los usuarios y su eficacia depende no sólo de su propia capacidad sino de la del Instituto Nacional de Metrología y de la(s) entidad(es) de acreditación. Aparte de los laboratorios gubernamentales y académicos que pueden formar parte de esta red, la mayor parte de sus miembros son típicamente pequeñas empresas privadas que tienen necesidad de los apoyos tradicionales para establecerse y mantenerse económicamente viables. La mayor parte de los laboratorios de calibración difícilmente pueden sobrevivir con la venta de servicios de calibración por lo que comúnmente combinan esta actividad con la representación de productos y el ofrecimiento de asesorías.. El fracaso de un laboratorio acreditado tiene un impacto mucho mayor que el desempleo de un pequeño grupo de técnicos pues limita la oferta de servicios de evaluación de la conformidad para un sector de la industria. Tomando en cuenta la importancia que tienen estas empresas, como parte esencial del sistema, es importante que los gobiernos establezcan programas de apoyo preferencial para ellas en los aspectos de financiamiento y capacitación de sus empleados.

Otro peligro para la supervivencia de los laboratorios privados es la competencia desleal que ocasionalmente les presentan los laboratorios gubernamentales. Los gobiernos deben tener un cuidado extremo al ofrecer servicios con sus laboratorios, cuando no existen alternativas en la iniciativa privada, procurando que el precio de sus servicios no estén subvencionados y permitan el establecimiento de otros laboratorios privados que complementen y fortalezcan al sistema.

6. Conclusiones

El sistema de Metrología, Acreditación y Normas es un elemento imprescindible en las economías globalizadas. La mayor parte de los países de Latinoamérica y el Caribe están en proceso de establecer Institutos Nacionales de Metrología, entidades de acreditación y redes de laboratorios de calibración y ensayos. Los retos para los gobiernos, especialmente los Ministerios de Ciencia y Tecnología, será coadyuvar a la creación de estos sistemas apoyando con recursos para inversión de equipo científico y capacitación del personal en metrología y calidad. La importancia de los elementos del sistema de evaluación de la conformidad va mucho más allá de lo que puede representar el número de personas que emplea o el monto de sus transacciones comerciales. La presencia de un sistema que permita la confiable evaluación de la conformidad de productos y servicios de base tecnológica será un factor cada vez más determinante para promover la competitividad de los productos y asegurar la supervivencia de un gran número de empresas.

7. Referencias

- [1] http://www.iadb.org/sds/publication/publication_1470_e.htm 2002-09-30
- [2] http://www.iadb.org/sds/SME/site_165_s.htm 2002-09-29
- [3] Centros de Innovación Tecnológica, un Desafío para la Microempresa, Mercedes Carazo, MITINCI, 1999
- [4] <http://info.main.conacyt.mx/dacssc/index.html> 2002-09-30
- [5] <http://www.ul.com> 2002-10-20
- [6] <http://www.iso.org/iso/en/aboutiso/isoinfigures/January2002-p2.html> 2002-09-17
- [7] http://www.ansi.org/public/ansi_info/national.html 2002-09-17
- [8] http://www2.din.de/sixcms_upload/media/531/figures.pdf 2002-09-17
- [9] <http://www.jisc.go.jp/eng/jis-act/figures.html> 2002-09-17
- [10] <http://www.bsi-global.com/Corporate/News+Room/centenary.xalter> 2002-09-17
- [11] www.standards.com.au/STANDARDS/INFO/SAIOVERVIEW/SAIOVERVIEW.HTM 2002-09-18
- [12] Beneficios económicos de la normalización. DIN e.V. 2000, ISBN 3-4 10-14860-4
- [13] ISO/IEC CD2 17000. Conformity assessment – General vocabulary and functional approach
- [14] International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, Second Edition, ISO, 1993
- [15] ISO/IEC Guide 2:1996 Standardization and related activities – General vocabulary
- [16] http://www.wto.org/english/tratop_e/tbt_e/tbt_e.htm 2002-09-30
- [17] http://www.bipm.org/enus/8_Key_Comparisons/mra.html 2002-10-21
- [18] <http://www.inn.cl/pags/metrologia/index.html> - 2002-09-28
- [19] http://www.bipm.org/enus/1_Convention/ 2002-09-30
- [20] <http://www.npl.co.uk> 2002-09-28
- [21] http://www.nmi.nl/english/about_nmi/index.htm 2002-09-28
- [22] <http://www.deutscher-akkreditierungsrat.org/indexe.html> 2002-09-28
- [23] <http://ts.nist.gov/ts/htdocs/210/214/docs/naclamra.pdf> 2002-09-28
- [24] http://www.nata.asn.au/fs_whatsnata.htm 2002-09-28
- [25] NAMAS Consultancy Services, Documento NAMAS-S02-90A
- [26] http://www.ukas.co.uk/new_docs/about.htm 2002-09-28

APÉNDICE

Definición de las unidades de base del Sistema Internacional

Magnitud	Unidad (símbolo)	Definición	Realización
Longitud	metro (m)	Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de $1/299\,792\,458$ segundos (17ª CGPM, 1983)	Láseres estabilizados. El CIPM ha definido varias frecuencias y medios de estabilización
Masa	kilogramo (kg)	Es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo (1ª y 3ª CGPM, 1889 y 1901)	Prototipo internacional conservado en el BIPM
Tiempo	segundo (s)	Es la duración de $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado de base del átomo de cesio 133 (13ª CGPM, 1967-1968)	Relojes atómicos de cesio, interrogados por medios magnéticos y ópticos. Fuentes de átomos.
Corriente Eléctrica	ampere (A)	Es la intensidad de corriente constante que, si se mantiene en dos conductores rectilíneos, paralelos, de longitud infinita y sección transversal despreciable, separados en el vacío por una distancia de un metro, producirían entre ellos una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud. (9ª CGPM, 1948)	Patrones cuánticos de resistencia y tensión eléctrica, empleando los efectos Hall y Josephson, respectivamente
Temperatura Termodinámica	kelvin (K)	Es la fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª CGPM, 1967)	Celdas del punto triple del agua. Definición de la Escala Internacional de Temperatura desde 0.65 K hasta la más alta que puede medirse empleando pirómetros ópticos
Cantidad de Sustancia	mol (mol)	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como átomos existen en 0,12 kilogramos de carbono 12 (14ª CGPM, 1971)	Materiales de referencia certificados por composición y nivel de concentración
Intensidad luminosa	candela (cd)	Es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática con una frecuencia de 540×10^{12} hertz y que tiene una intensidad radiante en esa dirección de $1/683$ watt por esterradián (16ª CGPM, 1979)	Radiómetro criogénico