

PROPUESTA DEL USO CORRECTO DE LA METROLOGÍA EN EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS

*M. en I. Juan José Hurtado Moreno**
*M. en C. David Francisco Correa Jara***

* M en I Juan José Hurtado Moreno. Maestro en Ingeniería por la UNAM. Profesor Investigador, Jefe del Departamento de Extensión y Apoyos Educativos de la UPIICSA

** David Francisco Correa Jara, Maestro en Ciencias por el IPN-UPIICSA,

RESUMEN

Propuesta del uso de la metrología en el aseguramiento de la calidad de los productos

La propuesta planteada a lo largo del presente trabajo, describe la relación existente entre la calidad de un producto y la metrología para asegurar su calidad. En específico con los procesos de medición bajo los cuales se pueden determinar las características deseadas en un producto, tanto para los casos en que se inspecciona un producto de un proveedor o como control de calidad interno. También puede ser simplemente para cumplir con las especificaciones que pueden describirse en una Norma de calidad o bien para ser acorde con estándares propios de una empresa hacia sus productos. De lo anterior depende la preferencia de los consumidores hacia un producto y en algunos casos depende la seguridad e integridad del consumidor ese mismo, como se observará en lo sucesivo, también es un factor que influye en el intercambio comercial, sea nacional o internacional.

Bajo la premisa de que “Lo que no se mide, no se puede mejorar”, en esta investigación se apunta de manera clara y objetiva a través de ejemplos, las actividades a realizar para asegurar las características que se buscan de un producto. Como por ejemplo: sus medidas (dimensiones longitudinales), su peso, su color, su dureza, etc. Para que sean cumplidas con certeza. Pasando desde la calibración del equipo que se utiliza en la medición, hasta el proceso final de la medida del objeto o productos terminados, con la finalidad de asegurar su calidad. Para lograr lo anterior, este trabajo fue realizado considerando la normativa aplicable. También considera la legislatura que rige en México para la aplicación de esas normas. Por lo anterior se incluyen elementos de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización y su respectivo Reglamento.

Introducción

El presente trabajo se explica y se ejemplifica cómo asegurar el cumplimiento de especificaciones de un producto para fines de calidad. Lograr la calidad de un producto es importante para una empresa preocupada por ser competitiva, y es imprescindible que deba involucrarse en la mejora de sus procesos de manufactura o de producción, entre otros. Para asegurar esta actividad se implican las mediciones, dado que: “lo que no se mide, no se puede mejorar” es necesario cómo evoluciona un proceso sujeto a mejorar. Además, para garantizar que lo que se produce cumpla con los requerimientos de clientes o consumidores debe conocerse la medida de satisfacción de los mismos. Lo anterior generará confianza en un producto, tanto, para quien produce como para quien consume.

La metodología empleada en el desarrollo del presente fue a través de la investigación documental de normativa, leyes, especificaciones y documentos técnicos sobre metrología, aunado con la experiencia de ocho años en el ámbito de la metrología y de la acreditación de laboratorios de calibración y de ensayo, organismos que efectúan mediciones.

La calidad que genera confianza, entendiéndola como “conjunto de características de una entidad que le confieren capacidad de satisfacer necesidades implícitas o explícitas”, se refiere a las características de un producto especificadas mediante valores numéricos de tolerancias o límites de control que se determina a través de una serie de mediciones, análisis, inspecciones, pruebas o ensayos.

Actualmente en el ámbito mundial, las economías cada vez más globalizadas obligan a asegurar el cumplimiento de especificaciones en el intercambio comercial. Como ejemplo podemos citar la elaboración de un sim-

ple tornillo fabricado en México y que éste, a su vez, se envíe a Brasil para ensamblar un motor o cualquier otro tipo de componente.

La cuestión es:

¿Cómo podemos asegurar que ese tornillo enrosque perfectamente en el subensamble al que está destinado?

¿Qué pasaría si al momento de apretar el tornillo no enrosca adecuadamente, cuando ya se han fabricado miles de ellos?

Es un riesgo que seguramente nadie quiere correr, además retomando el ejemplo:

¿Cómo saber si realmente el tornillo fabricado en México está bien elaborado?

Quizá podría deducirse que el motor al que se ensamblará no cumple con las especificaciones correctas, o bien que está mal fabricado. De lo anterior podemos resumir que cuando adquirimos un producto o un servicio, no puede haber confianza sin asegurar la calidad de éste y no existirá calidad sin verificarlas a través de mediciones.

Una manera de estar en sintonía y evitar que pase lo indicado en el ejemplo del párrafo anterior, es medir de manera correcta, utilizando equipos con exactitud y precisión acorde a lo que está sujeto a medir para garantizar que se mide igual y correctamente.

¿Pero se logra asegurar lo anterior, es decir, medir con la misma exactitud?

Dentro del ejemplo incluido en el presente trabajo se puede clarificar y dar respuesta a esta pregunta, sin embargo, una forma es conociendo las tolerancias que se requieren cumplir. Además de asegurar que los instrumentos utilizados en las mediciones son calibrados, ajustados, reparados o bien, sometidos a un programa de verificación y

mantenimiento. Lo anterior permite conocer los errores en el equipo con que se mide, así como su incertidumbre en las mediciones u otras condiciones metrológicas óptimas del equipo. Básicamente la calibración es una comparación entre un instrumento de medición y un patrón de referencia, que se toma como un valor convencionalmente verdadero para compararlo con el equipo con el que se mide, es decir, con un patrón de referencia (Esto se explica en el capítulo IV, en la propuesta de esta tesis). Resumiendo no podría existir medida sin calibración.

Si el equipo con el que efectuaron las mediciones en México y con el que se mide en Brasil (siguiendo el ejemplo) son calibrados con un patrón de referencia, surgiría la pregunta:

¿Cómo saber que los patrones con los que se calibran son de similar exactitud?

Para ello se debe contar con instrumentos de medición con trazabilidad metrológica a patrones nacionales e internacionales reconocidos. Cada país debe contar con su o sus institutos de metrología reconocidos (por lo menos los países con actividad económica considerable), para garantizar que las mediciones realizadas en su país se derivan de valores convencionalmente verdaderos y confiables. Estos patrones son realizados con base al Sistema Internacional de Pesas y Medidas, se puede deducir que no existe calibración sin trazabilidad.

Se comentó que para lograr la trazabilidad en las mediciones es necesario calibrar los equipos de medición. Para lograr lo anterior, es necesario contar con una organización con capacidad de realizarlo. Dicha organización debe ser un laboratorio de calibración con capacidad reconocida, que se puede evidenciar mediante la acreditación de su competencia técnica y confiabilidad de sus resultados, la cual es realizada en nuestro país por la entidad

mexicana de acreditación, a.c. Las entidades de acreditación están dedicadas a reconocer la competencia técnica y confiabilidad de los resultados emitidos por estos laboratorios a través de evaluaciones por expertos en la materia. Por tanto no existe Sistema Internacional si no hay laboratorios de metrología y de calibración.

Por otra parte, según los niveles de “incertidumbre”, en general las calibraciones necesitan ser realizadas en lugares denominados laboratorios de calibración. Éstos deseablemente deben cumplir principalmente con los requisitos de la Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC- Edición vigente, equivalente a ISO/IEC 17025 “Requisitos para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración”. Dentro de los aspectos incluidos en esa norma deben contar con 3 elementos principales: competencia técnica, capacidad de medida y trazabilidad. Para obtener trazabilidad de sus medidas al Sistema Internacional (SI), estos laboratorios materializan las unidades del Sistema Internacional o envían para calibración sus patrones a otros laboratorios de mayor jerarquía denominados típicamente Laboratorios Nacionales o Institutos Nacionales de Metrología (INM). Para el caso de nuestro país Centro Nacional de Metrología (CENAM).

Se puede observar que en el presente trabajo están involucrados aspectos de normalización, calidad y metrología, principalmente. Por ello en lo sucesivo se abordan estos temas que en su conjunto permitirán entender mejor la propuesta incluida. Para fortuna de nuestro país tenemos fundamentos legales que hacen obligatorio el uso de la infraestructura de la normalización, el uso de laboratorios de calibración y de ensayo, así como de los organismos de certificación de productos, sistemas de gestión, personal, etc., En México se cuenta con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización que

establece cómo se deben elaborar las normas en nuestro país, cómo indicar qué tipo de normas se reconocen aquí, y de qué tipo son. También contempla las funciones del Centro Nacional de Metrología, lugar donde se resguardan los patrones nacionales de medidas y se disemina la exactitud y la trazabilidad a las mediciones. Además, cubre aspectos de entidades de acreditación, organismos de certificación, unidades de verificación, laboratorios de calibración y de ensayo. Los elementos anteriores se conocen en conjunto como SISMENEC (Sistema Nacional de Metrología Normalización y Evaluación de la Conformidad).

Afortunadamente también contamos con las bases jurídicas para establecer de manera obligatoria el Sistema General de Unidades de Medida que en términos generales es el mismo que el Sistema Internacional de Unidades de Medida, además, esta Ley permite precisar los conceptos más importantes sobre metrología, establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.

Otro aspecto muy importante contemplado en nuestra legislación es la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y la indicación del contenido neto en los productos envasados. También instruir al Sistema Nacional de Calibración y crear el Centro Nacional de Metrología como organismo de alto nivel técnico en la materia, y regular las demás materias relativas a la metrología.

Se incluyó en esta Ley, cómo se elaboran las normas en nuestro país y cómo asegurar la transparencia y eficiencia en la elaboración de ellas. Se puede apuntar que tenemos una Ley muy completa. En términos generales, también podemos decir que, éste es el marco jurídico para la Normalización, la Metrología, la

Acreditación y la Certificación en México.

El objetivo que se pretende alcanzar con este proyecto es plantear una metodología que incluya los elementos necesarios que permitan comprobar objetivamente que un producto elaborado cumpla con las especificaciones con las que se planeo su elaboración a través de las mediciones y pruebas realizadas al mismo, para ello se explica el entorno que envuelve al mundo de las mediciones y con el entendimiento de estos conceptos se inicia posteriormente con un ejemplo de mediciones con la finalidad de observar cómo se pueden lograr mediciones confiables para generar a su vez confianza en el cumplimiento de requisitos físicos que debe cumplir un producto.

El presente proyecto se enfoca básicamente en el cumplimiento de especificaciones de un producto, sin embargo, se puede aplicar para verificar el cumplimiento de requisitos de seguridad de un producto, de las especificaciones de algún insumo o materia prima que se desea emplear o adquirir. Como ejemplo, en la industria automotriz comúnmente, se debe inspeccionar el espesor de la lámina de acero que se emplea para fabricar un automóvil. Evidentemente no podría inspeccionarse con una regla o con una cinta métrica de un sastre, es decir, se debe contar con equipo adecuado para esa inspección. Siguiendo con el mismo ejemplo se podría inspeccionar también la composición de ese material a través de análisis metalográficos mediante microscopios de barrido electrónico, por ejemplo.

El objetivo del presente proyecto se desarrolla considerando que en nuestro país existe una problemática actual que consiste principalmente en el desconocimiento de la metrología en términos generales, es decir no tenemos una cultura metrológica. Conceptos como error e incertidumbre en las mediciones, entre muchos otros, no se

contemplan donde se efectúan mediciones. Además, se desconoce el objetivo de calibrar un instrumento de medición. Generalmente se confunde con el término de ajuste e inclusive reparación, que son términos completamente distintos, pero sirven para efectuar mediciones confiables. Lo anterior se fundamenta con base en la experiencia profesional personal como Evaluador Líder de laboratorios, donde una de las mayores preocupaciones es precisamente lo anterior, obtener mediciones/calibraciones confiables. También la experiencia en el ámbito de acreditación de laboratorios y las constantes solicitudes de asesoría sobre metrología a las que muy frecuentemente solicitan terceras personas.

Dentro de este proyecto se explican cada uno de los términos que se han mencionado para conocer el significado y la diferencia entre ellos, así como de otros que tienen relevancia en los procesos de medición. Frecuentemente en un sin número de empresas se emplean los instrumentos de medición sin conocer realmente si el equipo es adecuado a lo que está sujeto a medir, como el ejemplo de la medición del calibre de una lámina indicado anteriormente.

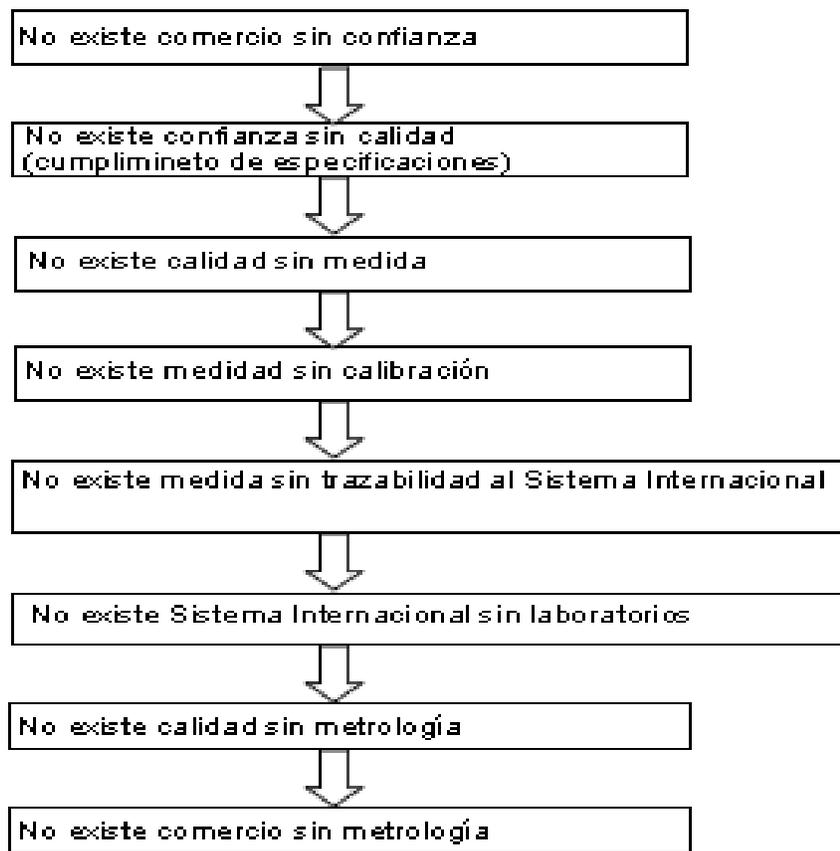
Por otro lado se piensa que con hacer una medición sin repetirla, es suficiente y no se consideran los casos en que las mediciones se realicen por personal diferente o bajo diferentes condiciones climáticas.

Ejemplo de ello sería medir un producto u objeto metálico con un instrumento de medición longitudinal sea analógico y no digital. Si ese objeto se mide en un lugar con una temperatura de 30° C y al otro día se mide por otra persona en condiciones diferentes, con el mismo instrumento pero con temperatura de 15° C, seguramente los resultados serán distintos. ¿Por qué?, Sabemos que los materiales metálicos, entre la gran mayoría, se elongan o se contraen

dependiendo de la temperatura a que sean sometidos. También sucede con los instrumentos de medición metálicos, por tanto cambiarían las mediciones, debido al cambio de temperaturas y a su vez de longitudes de lo que se midió y del propio instrumento. Cabe resaltar que en el ejemplo no se consideró el hecho de realizar una serie de mediciones para tener un cálculo estadístico confiable. Tampoco fueron contemplados los errores de apreciación por los operarios del equipo, la incertidumbre en la medición y el error del instrumento de medición. Por lo tanto las mediciones perderían confianza y credibilidad si se realizaran como se mencionó al principio del ejemplo.

Adicionalmente se omite si el equipo de medición no fue calibrado, o bien si fue ajustado o reparado previo a utilizarse, o si se encuentra dentro de un programa de mantenimiento el instrumento, es decir, que se asegure en términos generales que se encuentra dentro de especificaciones de uso. En general la propuesta detalla cómo influyen todos estos aspectos en las mediciones y ejemplifica cómo lograr mediciones confiables a través de la inclusión de éstos y otros factores más. Una vez mencionado lo anterior se ejemplifica con el siguiente esquema la relación entre calidad y metrología entre otros conceptos.

Metrología y Calidad



Cuadro 1. Explicación gráfica de la introducción

Fuente: Elaboración propia.

BREVE HISTORIA DE LA METROLOGÍA

Los hechos históricos son considerados aquéllos que impactan la economía, la política y a la sociedad, por ello en el presente trabajo se citan los hechos más relevantes en la historia de la metrología, como en 1870, cuando se llevó a cabo en París, Francia, una conferencia internacional sobre longitud. En mayo de 1875, diecisiete naciones firmaron el Tratado Internacional del Sistema Métrico, por medio del cual se

fundó la Oficina Internacional de Pesas y Medidas con sede en Sévres, a las afueras de París. Para 1876 empezó a fabricarse y reproducirse el prototipo del metro para las naciones que participaron en el tratado¹.

Fueron elaboradas 32 barras, las cuales se componían de 90% de platino y 10% de iridio. Estas barras eran de 1 020 mm

¹Le Bureau Internationale des Poids et Mesures. 1875-21975, Edición del Centenario. BIPM, Paris, 1975

de largo y de forma de "X" en su sección transversal. Las caras, de más de 8 mm en la vecindad de los bordes, se pulieron y se les grabaron líneas de graduación de 6 a 8 micrómetros de ancho. Luego la distancia total entre las líneas se completó hasta llegar a 1 metro. La temperatura siempre se mantuvo lo más cercana posible a los 20°C.

En el siglo XX, el Comité Consultivo de Unidades, integrado por el Comité Internacional de la Conferencia General de Pesas y Medidas, se dedicó a la tarea de crear un Sistema Único Internacional. Para ello analizó los tipos de sistemas de unidades existentes y adoptó unos cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo. Este sistema ahora se conoce como Sistema MKS, por sus siglas.

El Sistema MKS se aceptó, con ligeras modificaciones en la XI Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) en 1960 como el Sistema Internacional de Unidades, abreviado como SI y el cual se extendió por casi todas las naciones del mundo y se tomó como universal.

BREVE HISTORIA DE LA METROLOGÍA EN MÉXICO

En nuestro país, durante la presidencia de Benito Juárez se instruye por primera vez a los ingenieros de caminos para que adopten el Sistema Métrico Decimal y en 1857 Ignacio Comonfort decreta la creación de la Dirección de Pesas y Medidas de la República, dependiente del Ministerio de Fomento. En 1861 aún durante la presidencia de Benito Juárez se decreta la introducción del Sistema Métrico Decimal en la educación primaria y secundaria.

Luego de sufrir varias modificaciones el 01 de julio de 1992, se publica la Ley Federal sobre Metrología y Normalización que a partir

de esa fecha no sufrió cambios significativos

Esta Ley tiene por objeto lo siguiente²:

En Materia de Metrología:

- Establecer el Sistema General de Unidades de Medida;
- Precisar los conceptos fundamentales sobre metrología;
- Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida;
- Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasado
- Instituir el Sistema Nacional de Calibración;
- Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia; y regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

En materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación³ :

- Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas mexicanas (NMX);
- Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyu-

² Artículo 2º, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, vigente.

³ Artículo 2º, párrafo II, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, vigente.

ve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal;

- Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal;
- Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;
- Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal;
- Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración; y
- En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Anteriormente se mencionó el concepto de Trazabilidad. Para entender ese concepto es necesario conocer que en nuestro país afortunadamente existe un Centro Nacional de Metrología (CENAM), que es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones. En este Centro se realizan esfuerzos para establecer las unidades de medición con las más altas cualidades metroológicas posibles de acuerdo a las capacidades científicas y tecnológicas con que cuenta nuestro país.

El CENAM fue creado con el fin de apoyar al sistema metroológico nacional como un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, de acuerdo al artículo 29 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992. Posteriormente sus reformas fueron publicadas en el Diario Oficial de la federación el 20 de mayo de 1997⁴.

El CENAM es la máxima institución en materia de mediciones en nuestro país, responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metroológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones. Mantiene estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y, consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios de nuestro país.

Siendo un organismo descentralizado, el CENAM no ejerce funciones de autoridad. La Ley mencionada junto con su reglamento, establecen la responsabilidad de la Secretaría de Economía (antes Secretaría de Comercio y Fomento Industrial SECOFI) y otros organismos, como la Procuraduría Federal del Consumidor y la Comisión Nacional de Normalización para aplicar las disposiciones establecidas por la ley.

Es importante conocer que la misión de nuestro Centro de Metrología, consiste en apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metroológicas presentes y futuras, estable-

⁴ <http://www.cenam.mx> (marzo, 2008)

ciendo patrones nacionales de medición, desarrollando materiales de referencia y diseminando sus exactitudes. Estas actividades se realizan por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad para incrementar la competitividad del país, contribuyendo al desarrollo y mejora de la calidad de vida de la población.

El presente trabajo se enfoca principalmente en ejemplos de metrología de lon-

gitud. Es necesario conocer cuál es nuestro patrón de referencia para que se diseminan las mediciones de longitud en nuestro país.



Figura 1. Padrón Nacional de Longitud

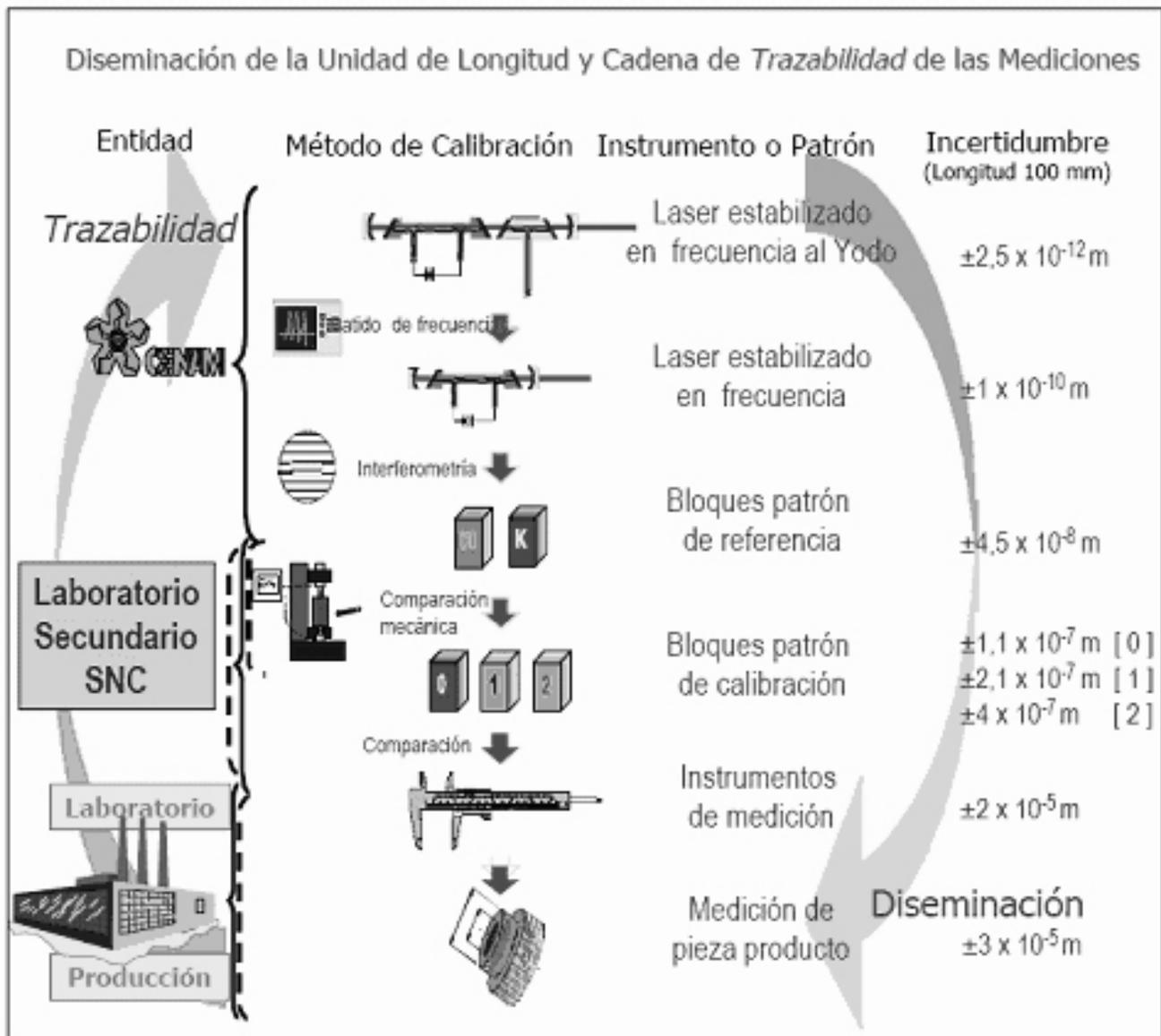


Figura No. 2 Ejemplo de la cadena de trazabilidad en las mediciones

Fuente: www.cenam.mx/patrones

EL PROCESO DE MEDICIÓN PARA ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

La propuesta consiste en ejemplificar cómo poder realizar una medición confiable, pero para ello es conveniente ejemplificar qué es y cómo se realiza una calibración, y ésta como se ve reflejada en la obtención de los resultados confiables en las mediciones.

En primera instancia, se menciona que los laboratorios de calibración que deseen mostrar que son competentes, deberán cumplir con la norma específica para ello, es decir la NMX-EC-17025-IMNC "Requisitos para la competencia de los laboratorios de calibración y ensayos" misma que se mencionó y se abordó el contenido en los capítulos anteriores. Sin embargo para fines de asegurar la competencia de los laboratorios se sugiere utilizar servicios de calibración por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C; EMA (en nuestro país). Ya que este organismo es responsable de reconocer la competencia técnica y confiabilidad de los informes o dictámenes de calibración emitidos por un laboratorio acreditado y cuenta con acuerdos de reconocimiento mutuo a nivel internacional, que reconocen los resultados emitidos por los organismos acreditados en México para otros países. Para ello la entidad cuenta con personal calificado como Evaluador con el conocimiento y experiencia apropiados a cada tipo de laboratorio que solicita ser acreditado. Aunado a ello tiene establecidos procedimientos y políticas que permiten evaluar y acreditar a un laboratorio que demuestre ser competente y que trabaje bajo un Sistema de Gestión de Calidad para darle un reconocimiento llamado acreditación.

Se menciona lo anterior debido a que la siguiente propuesta se realiza con el apoyo de laboratorios de calibración acreditados, utilizando su equipo para calibrar y medir. Estas prácticas de calibración son solamente ejemplos para mostrar cómo se ejecuta una calibración, saber en qué consiste y cuál es su objetivo. Para mostrar lo anterior se incluye un ejemplo que va desde la calibración de un equipo de uso común en la industria como es un calibrador tipo Vernier, que sirve para realizar mediciones de longitud con resolución de 0,02 mm, o bien 0,000 02 m, es decir dos cienmilésimas de metro. Esta capacidad de medición es la que más comúnmente se utiliza en la industria y es por ello que se seleccionó ese instrumento. Antes y después de calibrar el equipo se hacen algunas observaciones para el buen desempeño del mismo y posteriormente se inicia con la medición hasta llegar a un resultado con su valor de incertidumbre

Previo a realizar una medición es necesario conocer las condiciones del equipo con el que se realizarán. Para esta propuesta se van a considerar la realización del instrumento con el que se hará la medición, para que sea entendible se calibró un calibrador digital tipo Vernier con un alcance de medición de hasta 250 mm. Para realizar la calibración es necesario conocer el proceso de medición

El objeto del presente trabajo es proporcionar, una pauta para la calibración de los calibradores a personal que realice mediciones y le permita obtener resultados trazables y homogéneos.

Sin embargo, el cumplimiento de este proceso de calibración debe entenderse en sentido amplio, atendiendo al diseño fundamental de los procedimientos indicados más que a los detalles concretos y particulares. Por consiguiente, y aunque es admisible la introducción de modificaciones que no alteren sustancialmente el

proceso de calibración, siempre que se justifique adecuadamente la trazabilidad y calidad de sus resultados. Antes de iniciar con este proceso es necesario considerar otros aspectos como se verá a continuación:

Previo a realizar una medición es necesario conocer las condiciones del equipo con el que se realizarán. Para esta propuesta se van a considerar la realización del instrumento con el que se hará la medición, para que sea entendible se calibró un calibrador digital tipo Vernier con un alcance de medición de hasta 250 mm. Para realizar la calibración es necesario conocer el proceso de medición

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La evaluación de la incertidumbre de medición se considera que está comprendida por la incertidumbre tipos A y B. Se clasifican básicamente para indicar el método de evaluar los dos tipos de incertidumbre para mantener un orden y por simplificación del método.

Ambas clases de incertidumbre basan su evaluación en distribuciones de probabilidad (más adelante se observarán las más comunes utilizadas en metrología). La incertidumbre tipo A se obtiene directamente de resultados de medición, mientras que la tipo B se dispone de distribuciones de probabilidad previamente establecidas, ya sea por otros laboratorios o por el fabricante, y dichos valores están dados como varianzas o desviaciones estándar.

La varianza estimada S^2 o σ^2 caracteriza a la componente de la incertidumbre obtenida a través de una evaluación tipo A y queda representada por u^2_A de una serie de observaciones repetidas. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza, por lo que $u_A = s$ y es por esta razón que se le

conoce como desviación estándar de tipo A.

La evaluación de la desviación estándar de la incertidumbre de tipo B, también es una varianza u^2_B o desviación estándar y es el resultado de utilizar información disponible, como por ejemplo, especificaciones del fabricante, datos provenientes de certificados de calibración, conocimiento del comportamiento y propiedades del instrumento, patrones de referencia, etc.

Se puede decir entonces que, la incertidumbre tipo A, u_A se obtiene a partir de funciones de distribución de probabilidad, mientras que la incertidumbre de tipo B; u_B se obtiene a partir de información disponible, por lo que también es conocida como incertidumbre subjetiva.

La incertidumbre de medición es el resultado de una combinación de las incertidumbres tipos A y B y se denota por u_C . La incertidumbre total o expandida es un intervalo de valores que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por un factor de cobertura k con un nivel de confianza y se le denota con la letra U .

Para calcular la incertidumbre de medición se siguen los pasos que a continuación se describen

Modelo de Medición

Lo primero que se debe hacer para estimar la incertidumbre de un resultado de medición es modelar matemáticamente el procedimiento de medición; ello equivale a especificar el mensurando. En la mayoría de los procesos de calibración, el mensurando Y (magnitud de salida) no se puede medir directamente, pero sí puede determinarse a partir de los valores medidos o determinados de otras magnitudes X_1, X_2, \dots, X_n (magnitudes de entrada), con las cuales se relaciona a través de la función f .

Modelar el procedimiento de medición significa determinar la relación funcional f entre las magnitudes de salida y entrada.

Un ejemplo sencillo, sería si se compra un terreno y se desea determinar su área, se tendría el modelo matemático siguiente:

$$A = ab$$

De lo anterior se observa que las magnitudes de influencia (de entrada) en este caso son:

- La base del área
- La altura del área

Al igual que la especificación del mensurando, la modelación del procedimiento está determinada por la exactitud de la medición. En el ejemplo, la exactitud de la medición requiere tener en cuenta los efectos que puedan tener los instrumentos con los que se mide.

Debe considerarse que la modelación como tal puede generar incertidumbre, lo que está auspiciado con la falta de conocimiento físico del mensurando o con las aproximaciones y consideraciones que implique la utilización de un determinado modelo. Un ejemplo es el tratar de determinar varios parámetros empleando algún tipo de interpolación o ajuste. Por ejemplo, cuando se trata de determinar la corrección a un termómetro suponiendo una función lineal, y se encuentran los coeficientes empleando el método de ajuste por mínimos cuadrados.

En lo referente a calibraciones, se puede observar que una calibración no es más que una medición. Generalmente lo que se hace es una comparación del mensurando con un patrón, ya sea método directo, de sustitución, de transportación u otro cualquiera. De donde el modelo matemático se puede generalizar mediante:

$$M = Y + E_{tot}$$

Donde:

M es el mensurando,
 Y es la estimación del mensurando, y E_{tot} son todos los errores o variaciones del mensurando M , como función de las diferentes magnitudes de las cuales dependan.

Una vez expresado el mensurando como función matemática de todas las variables de influencia que se quieran considerar, entonces lo que se debe hacer es estudiar o controlar dichas magnitudes físicas. Con el objetivo de determinar su variabilidad o la incertidumbre asociada a cada una de ellas.

Fuentes de Incertidumbre (contribuyentes de incertidumbre).

Una vez que se tiene claro cuál es el procedimiento de medición, el principio o ley física por el cual se rige y por supuesto el mensurando se procede a identificar a las fuentes de incertidumbre también conocidas como variables de influencia que intervienen directa o indirectamente en el proceso de medición. La siguiente es una posible lista breve de las variables de influencia:

La incertidumbre del patrón o material de referencia.

La repetibilidad de las lecturas
Variación de las condiciones ambientales.

La reproducibilidad de las mediciones
La definición del mensurando

Histéresis, deriva, errores del instrumento de medición

El proceso de medición

- Muestra no representativa a la hora de realizar una medición

- Resolución o umbral de discriminación finito de los instrumentos
- Valores inexactos de constantes u otros parámetros externos utilizados en el algoritmo de reducción de los datos.
- Aproximaciones y consideraciones incorporadas en el método o procedimiento de medición, entre otras.

Es recomendable hacer una lista lo más completa posible y no desechar alguna de las fuentes de incertidumbre sin cuantificarla y ver su contribución comparada con las otras.

Incertidumbre Tipo A

Se conoce como incertidumbre tipo A a aquel valor de variabilidad que se obtiene de realizar un conjunto de mediciones repetidas al mensurando en cuestión, o a alguna de las magnitudes influyentes en el mismo.

El método de obtención que da lugar a la incertidumbre tipo A, es asociar ésta desviación estándar de una serie de observaciones repetidas. De ahí que, como la misma depende inversamente de "n" (número de mediciones), se interprete mal como la componente aleatoria. Se puede entonces a través del estimador insesgado (desviación estándar) de σ cuantificar la incertidumbre; recordando que se empleara como resultado de la media del conjunto de mediciones realizadas, lo apropiado sería considerar la desviación estándar insesgada de la media. Es por ello, que la desviación estándar de la media de una serie de mediciones, no se entiende como la dispersión de la media, sino como la componente de incertidumbre de tipo A, ya que el error aleatorio no puede ser conocido exactamente.

La estimación de una componente de incertidumbre como tipo A, de cierta forma presupone que consideremos que la fun-

ción de la variable es normal, ya que como regla general, se emplea la fórmula de la desviación estándar de la media obtenida de la función de la distribución mencionada, aspecto que no se aleja mucho de la realidad. Es común que si se realiza un histograma con las frecuencias obtenidas de estudiar una variable aleatoria se obtenga que éste es simétrico, que declina con bastante rapidez por sus extremos y que tenga una forma parecida a una campana. Este modelo matemático ha probado ser de gran utilidad, puesto que cumple con los tres requisitos indispensables para distribuciones del estilo mencionado que son:

Ser una función par, lo que se traduce en que los errores de signos opuestos e igual magnitud sean igualmente probables

Ser monótona decreciente la rama positiva, es decir, los errores mayores en valor absoluto son menos probables

Ser finita la esperanza matemática del valor absoluto de un error.

COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

Sin las mediciones y tolerancias, es probable que algunos de los productos resulten con calidad, pero sería como la anécdota del burro que por casualidad, una vez tocó la flauta y nunca más volvió a hacerlo.

Hacer todo con calidad reduce los desperdicios, el reprocesamiento y el esfuerzo, genera productividad y estos dos elementos redundan en la competitividad de nuestros productos y servicios.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un modelo matemático como propuesta que puede servir para

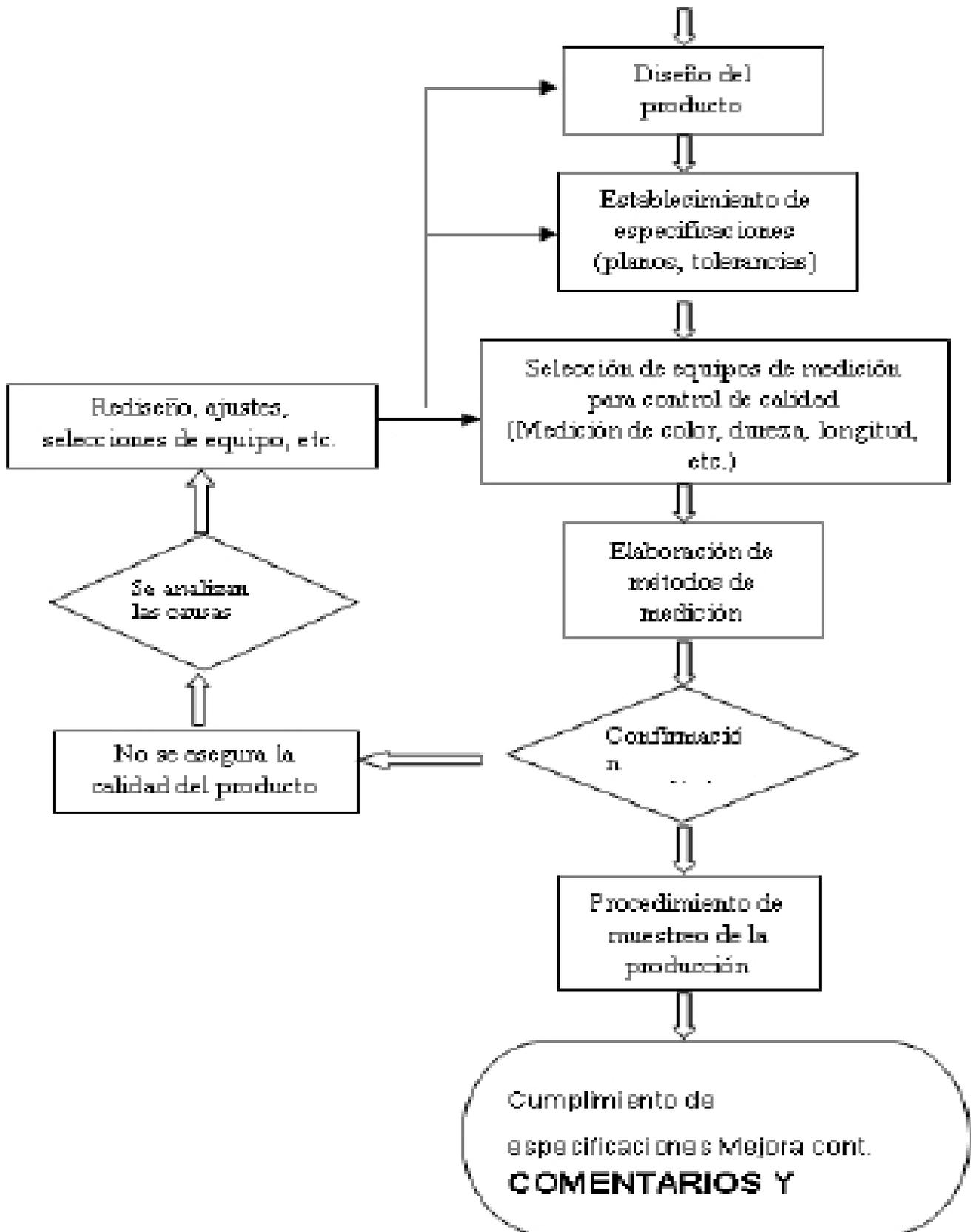


Figura 3. Diagrama de Flujo del proceso de medición para asegurar la calidad de un producto

Fuente: Elaboración Propia

realizar la estimación de la incertidumbre de la medición de un instrumento de medición longitudinal tipo Vernier, que es el instrumento más utilizado en la industria.

Una vez que se realizó la calibración, ésta es utilizada como base para conocer las desviaciones que tiene el instrumento respecto a un patrón de referencia y estas desviaciones deben considerarse en la medición junto con los valores de incertidumbre. Para ello se diseñó un proceso de calibración que valida la correcta calibración del instrumento.

Una conclusión muy importante es que a toda medición debe asociarse su valor de incertidumbre correspondiente, así como compensar las desviaciones detectadas en la calibración del instrumento para medir.

Es indispensable buscar y seleccionar normas nacionales e internacionales adecuadas para mejorar los procesos de medición para el control de calidad y dar confiabilidad a las mediciones que sirven como base para asegurar la calidad de un producto o servicio.

Siguiendo la metodología de la propuesta, aplicada en dos ejemplos de medición se muestra cómo se asegura la calidad de un producto basado en especificaciones.

También con base a experiencias como evaluador de laboratorios se encontró que la NOM-08-SCFI Sistema General de Unidades de Medida, no es impartida como lo establece la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, ya que en los trabajos que se realizaron en campo es notable las deficiencias en el conocimiento de este sistema y cuya utilización es obligatoria en Universidades.

Finalmente a partir del presente año la estimación de la incertidumbre es muy importante y obligatorio para los laboratorios de ensayos y/o pruebas acreditados o que deseen acreditarse (como en el caso del la-

boratorio de metrología de UPIICSA) por lo que el presente es una aportación para el desarrollo de la estimación de incertidumbre para las pruebas que allí son realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

Vocabulario Internacional de Metrología -Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), Guía ISO/IEC 99, Norma Internacional, varias páginas.

Le Bureau Internationale des Poids et Mesures et la Convention du mètre, BIMP, París, 1987.

López Martínez, Ma. Isabel, (2006) La acreditación en México sus primeros años, NYCE, pág. 6

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Edición vigente. Párrafo 2º

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Edición Vigente, Párrafo 2º.

<http://www.cenam.mx> (marzo, 2008)

IMNC-Z-055:1996 IMNC, (1996). Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales en Metrología

Artículo 5º, párrafo II, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, vigente.

NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida, pág. 1

Le Bureau Internationale des Poids et Mesures et la Convention du mètre, BIMP, París, 1987.

Catálogo de normas, [http:// 12.www.economia.gob.mx](http://12.www.economia.gob.mx), (Febrero 2008)

NOM-008-SCFI-2002, Sistema Gene-

ral de Unidades de Medida, Página 60

NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida, Página 63

V. Arman, Feigenbaum (1999), Control Total de la Calidad, CECSA, Páginas 365-367

Pérez Maldonado Agustín, Rojas González Felipe (2009), Estimación de incertidumbre en las mediciones y aseguramiento de la calidad en las mediciones, CIDESI, Manual de Capacitación, Páginas varias

Pérez Maldonado Agustín, Rojas González Felipe (2009), Estimación de incertidumbre en las mediciones y aseguramiento de la calidad en las mediciones, CIDESI, Manual de Capacitación, Páginas varias

IMNC-Z-055:1996 IMNC, (1996). Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales en Metrología, Páginas varias

Laboratorios acreditados, <http://www.ema.org.mx> (julio, 2009)

Entidad Mexicana de Acreditación, Manual de procedimientos, Evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayos (pruebas) con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006, 2009, páginas varias.

NMX-EC-17025-IMNC-2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. – Norma Mexicana

IMNC-Z-055:1996 IMNC, (1996). Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales en Metrología, Páginas varias

V. Arman, Feigenbaum (1999), Control Total de la Calidad, CECSA, Pagina 380

Sánchez Alfredo, Metrología de Pre-

sión. (2008), Manual de Capacitación, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.

González Carlos. (1998), Calidad Total, McGraw Hill, pág. 23

Galindo C., Francisco. (2001), La cultura organizacional mexicana y su influencia en la implementación del TQM, Tesis para obtener maestría, Páginas 95-97

Juran Joseph J. (1997), Manual de control de calidad, McGraw Hill, Interamericana de España, Vol. I y II, 1983, Capítulo I

Banks, Jerry, (1998), Control de Calidad, Limusa, Página 31-47

Solís M., Benito, (1992), México hacia la globalización, Selected papers compiled by Rublik, Capítulo

Sherkenbach William W., (1991), Deming's road to continual improvement, SCP Press, USA, Capítulo II.

Gutiérrez, Humberto (2005), Calidad Total y Productividad, McGraw Hill, Páginas 35-36

Banks, Jerry, (1998), Control de Calidad, Limusa, Páginas 31-47

Coyne Brendon, Calidad Actual, Whitehall Press Ltd, UK, pág. 2, 1991

Rothery, Brian (1993), ISO 9000, Panorama, Capítulo I y II

Cascio Josep, Woodside Gayle, Mitchell Phillip. (1997), Guía ISO 14000, Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental, Página 66

Moreno, María, Peris, Fernando, González, Tomás (2001). Gestión de la calidad y diseño de las organizaciones. Prentice Hall, Pág. 39-42

Quinlan C. Joseph, Editorial to Quality in Manufacturing, USA, 1990

Craig C.C. Progreso de la Calidad, QC Story, USA, pág. 18

Moreno, María, Peris, Fernando, González, Tomás (2001). Gestión de la calidad y diseño de las organizaciones. Prentice Hall, Pág. 41-42