

SERVICIOS Y NORMATIVA PARA UN LABORATORIO DE METROLOGÍA Y CALIDAD PARA DOS SECTORES INDUSTRIALES ANTIOQUEÑOS

SERVICES AND REGULATIONS FOR METROLOGY
LABORATORY AND QUALITY FOR TWO INDUSTRIES
SECTOR IN ANTIOQUIA



Sara Tuttle Ospina
sara.tuttle@alfa.upb.edu.co



Patricia Fernández Morales
patricia.fernandez@upb.edu.co



Fredy Gaviria Henao
freddy.gaviria@alfa.upb.edu.co



Diego Zapata Ruiz
diego.zapata@upb.edu.co



Marisol Valencia Cárdenas
marisol.valencia@alfa.upb.edu.co

*Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad
Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.*



La metrología apoya la investigación y la innovación industrial, así como soporta directamente las actividades de calidad, lo que conlleva a una exigencia de profesionales más competitivos. En este trabajo se muestra el estudio de demanda para planear servicios de un laboratorio basado en las necesidades del entorno como principal estrategia que proporcione servicios en metrología, al mostrar las variables e instrumentos de mayor demanda para los sectores metalmecánico y plástico en Antioquia. Así mismo, se presenta la normativa necesaria para ser aplicadas en las principales variables encontradas.

PALABRAS CLAVE

Metrología, sector industrial, normatividad, calidad.

RESUMEN

ABSTRACT

Metrology supports research and industrial innovation, and directly supports quality activities, leading to a demand for more competitive professionals. This paper shows a demand study for services planning to a laboratory based on the needs of the industrial sector as the main strategy to provide services in metrology, showing the variables and instruments increased demand for metalworking and plastics industries in Antioquia. It's also presented the regulations it must fulfill to be applied in the principal variables detected.

KEYWORDS

Metrology, Industrial Sector, Regulations, Quality.



Introducción

La formación universitaria se ha convertido en una empresa con exigencias de alta calidad para las entidades educativas, que cada vez deben mejorar en su formación, apoyadas quizá en infraestructuras como los laboratorios, los cuales son espacios que ayudan a optimizar las competencias y capacidades de los futuros profesionales (Rodríguez Valbuena, 2012).

Los laboratorios son espacios que facilitan la creación de ambientes de experimentación, lo cual motiva el surgimiento de nuevas ideas y metodologías; es, además, un recurso con el que se pueden realizar estudios, para verificar la veracidad o falsedad de una hipótesis. Esto depende del tipo de laboratorio, pero en general, estos espacios surgen para ayudar en el desarrollo de la práctica, o brindar ideas sobre esta, lo cual aplica de manera especial para el caso de los laboratorios virtuales o simulaciones, por ejemplo.

Estos laboratorios son espacios con infraestructura física, herramientas de apoyo docente y prestación de servicios, que brindan la posibilidad a quien estudia, de emplear materiales, operar instrumentos y comprobar ideas, ya sea al usar metodologías conocidas o con el surgimiento a nuevas técnicas; es por esto que en el marco de estas ideas se presentan en este documento algunos aspectos que fundamentan el diseño de un laboratorio para el apoyo a las prácticas de la ingeniería Industrial, para beneficio no sólo de servicios a la industria, sino de la calidad de los profesionales en formación del programa.

La ingeniería industrial tiene un énfasis especial en la gestión de procesos, así como en los sistemas de calidad de las organizaciones, donde la metrología se convierte en una herramienta importante en el sistema de calidad de las empresas manufactureras, ya que como ciencia de la medición (Terrés, 2009), busca establecer mejores controles de propiedades y características de calidad en los procesos industriales.

La metrología entendida como la ciencia de la medición aplicada a los procesos de investigación y desarrollo, a los métodos científicos, legales e industriales, requiere de personal idóneo y competente para atender su demanda, de tal manera que la formación en las diferentes ramas del conocimiento deberá incluir fundamentos básicos de la metrología. (Villamizar, 2011), para asegurar de una u otra manera mediante su personal, procedimientos de medición específicos, buenas técnicas de calibración experimental y trazabilidad instrumental, para la generación de certificaciones y así poder cumplir con la calidad requerida por el cliente, lo que genera beneficios para los productores.

Las universidades buscan implementar dichos procesos para el mejoramiento en la enseñanza de competencias, y así se les permite tener ventajas frente a otras. Este trabajo muestra entonces un ejercicio académico-investigativo donde se señala las necesidades de un laboratorio de metrología y calidad para un programa de ingeniería, basado en un análisis de demanda de servicios, para proponer algunas prácticas académicas basadas en esta ciencia.

Metrología

La metrología es indispensable para garantizar la conformidad de los productos y servicios que se relacionan directamente con la satisfacción de los clientes de una empresa, para garantizar su permanencia y por lo tanto, sostenimiento a largo plazo (Díaz, 2007). En el siglo XX, nace el concepto de *calidad*, conociéndose como una revolución cultural, social y económica que abarca todos los estamentos de un sistema organizacional.

El entorno de la calidad se basa en mediciones, las cuales deben referenciarse en procedimientos normativos. Partiendo de la unión de la calidad y la metrología, se encuentra la siguiente definición: "La metrología es la ciencia de las medidas y de las dimensiones que otorga un salto cualita-

tivo y cuantitativo en todo proceso de investigación, producción o evaluación” (Martorelli, 2011).

Entidades acreditadoras en Colombia

La principal entidad encargada de acreditación en Colombia es el *Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC)*. Las acciones de acreditación que realiza la Onac están en el marco de la norma NTC ISO/IEC 17011. Para el cumplimiento de dicha norma, cuentan con expertos técnicos y evaluadores calificados con una amplia experiencia en el área de acreditación de mecanismos de control que aseguran la rectitud y transparencia, entre los cuales se encuentran evaluaciones de pares, revisiones por la dirección, auditorías internas, y por último, herramientas para solucionar apelaciones y reclamos.

Laboratorios en el área metropolitana del Valle de Aburrá

Se elaboró un sondeo sobre las instituciones de educación superior del Valle de Aburrá que tenían en sus instalaciones laboratorios afines que operan bajo el marco regulatorio de la Onac. Al realizar esta actividad, se identificaron dos instituciones que se tomaron como referentes: La universidad Eafit y el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).

Actualmente en Colombia se encuentran alrededor de 100 laboratorios certificados por la Onac, y al subdividir por categorías de prestación de servicios, el escenario crece considerablemente. Por esta razón, fue necesario realizar una delimitación de los servicios que se requieren en materia metrológica con base en el estudio de demanda propuesto en esta investigación, lo cual permitió especificar las tendencias del mercado como insu-

mo para la indagación de servicios de medición, calibración y capacitación en laboratorios externos.

Alrededor del Valle de Aburrá se encontraron otras entidades acreditadas en calibración y ensayos para diferentes variables, como Hospimédicos Medellín S.A., y Microplast Antonio Palacio y CIA. S.A, los cuales están referenciados en la Superintendencia de Industria y Comercio, y también los laboratorios de la Red Metrológica de Colombia. Además de los anteriores, se encuentra la empresa Metrología Global Ltda., cuya única área acreditada es la calibración de instrumentos de pesaje, y se identifica también Industrias Haceb para la calibración de instrumentos de medición de gas y presión.

Resultados de la aplicación de la encuesta

Con los análisis previos, se construyó un modelo de encuesta que contempla los principales procesos llevados a cabo en empresas de los sectores de metalmeccánica y plásticos. A fin de establecer el número de empresas que debían ser encuestadas, se procedió con el cálculo del tamaño muestral, como se expresa a continuación (Granados, 2010):

$$n = \frac{Nz_{\alpha/2}^2 pq}{Ne^2 + z_{\alpha/2}^2 pq} \quad (1)$$

Donde p: proporción de interés estimada, e: error máximo admisible, z: valor crítico de la distribución normal, con una confianza de (1-) 100% (Valencia, 2012; Ordoñez, 2009).

Como se ha establecido en reportes y en entrevistas a ingenieros de algunas de las empresas e instituciones visitadas, una de las variables más importantes dentro de la metrología es la longitud, por lo tanto, con la proporción de empresas que realizan mediciones de la longitud en sus procesos metrológicos (*p*), se calcula entonces el número mínimo de empresas requerido para encuestar.



Sector metalmecánico

$p=0.9$ (90% de empresas del sector miden la longitud dentro de sus procesos metrológicos).

En Antioquia, el total de empresas para el sector metalmecánico, según la EAM, sin considerar el sector automotriz o manufacturas especiales, es de 154.

Con un 94% de confianza, $z_{0.03}=1.88$, asumiendo $p=0.9$, $q=0.1$, error máximo admisible del 10% sobre la proporción estimada, el tamaño de muestra sería:

$$n = \frac{154 \cdot (1.88)^2 \cdot 0.9 \cdot 0.1}{154 \cdot (0.1 \cdot 0.9)^2 + (1.88)^2 \cdot 0.9 \cdot 0.1} = 31 \quad (2)$$

Este resultado arrojado establece que el tamaño por muestrear inicialmente sería de 31 empresas, tomando aquellas situadas en Medellín e Itagüí; sin embargo se reevaluó dicho tamaño luego de alcanzar las 25, lo que permitió encontrar los siguientes datos del muestreo:

Datos técnicos del muestreo:

Periodo de recolección: abril-junio de 2012.
Muestra: 25 empresas de Medellín e Itagüí.
Margen: 8%, confianza del 94%

Sector plástico

Datos técnicos del muestreo:

Periodo de recolección: noviembre de 2012.
Muestra: 27 empresas de Medellín e Itagüí.
Margen: 15%, confianza del 95%

A continuación se muestran las frecuencias encontradas en las preguntas acerca de procesos, instrumentos que se calibran, frecuencias de calibración, conocimiento, capacitación en relación con la metrología.

Servicios demandados

El 80% de las empresas de metalmecánica realizan principalmente maquinado, seguido de corte – troquelado, soldadura y ensambles; sólo el 8% realiza procesos de fundición.

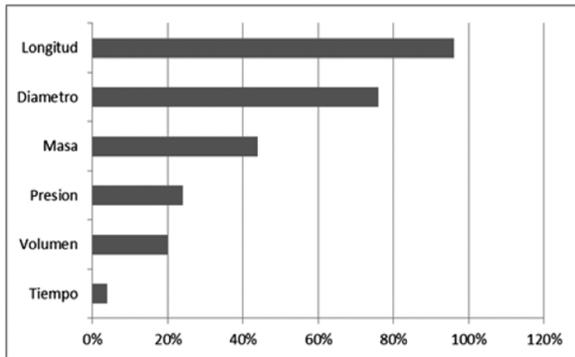
Un 76% de estas empresas afirman requerir servicios de calibración, y el 24% expresa comprar los equipos malos, o calibrarlos en la misma organización. Es importante resaltar que, como un resultado indirecto de las encuestas, en general se pudo establecer que no existe mucho conocimiento sobre la verdadera definición de lo que es calibración, o sobre los patrones de calibración en las empresas. Sin embargo, la formación de las personas encargadas de los procesos metrológicos en su mayoría es del nivel profesional y técnico.

Por otra parte, la mayoría de los encargados de los procesos metrológicos en cada empresa no tienen conocimiento de los costos de los servicios de calibración, por lo tanto se establece con la poca información disponible que tales costos pueden variar entre \$100.000 y \$680.000 (cifra en pesos colombianos).

Las herramientas que más envían a calibrar externamente, en su orden son: pie de rey (en un 82%), flexómetro (en un 62%), micrómetro de carátula (en un 57%), micrómetro digital (en un 40%), y manómetro (en un 33%) (Figura 2).

Aparte de la calibración de equipos, dentro de las variables más medidas se encuentran la longitud, seguida de diámetro, masa y presión (Figura 1). El 32% señaló medir dureza, pero alrededor del 28% afirmó que esta es una variable no medida al interior de la empresa, mas sí externamente, por medio del envío de pruebas a laboratorios como el de Eafit o la Universidad de Antioquia.

FIGURA 1. VARIABLES MEDIDAS CON INSTRUMENTOS PREVIAMENTE CALIBRADOS



Análisis de demanda de metrología en el sector plástico

Las empresas realizan en promedio cuatro procesos en este sector, predominando mezclado, homogeneización y pigmentación. No hay diferencia significativa entre las proporciones de procesos: mezclado, homogeneización de materiales, pigmentación, corte e inyección.

Variables metroológicas medidas

La longitud predomina como una de las medidas más realizadas, de manera similar al sector metalmeccánico. Sin embargo, se visualiza la temperatura como otra de las variables más importantes por considerarse el sector plásticos, seguida de diámetros, presión y masa. En promedio, las empresas miden cuatro variables en sus procesos.

Calibración de instrumentos

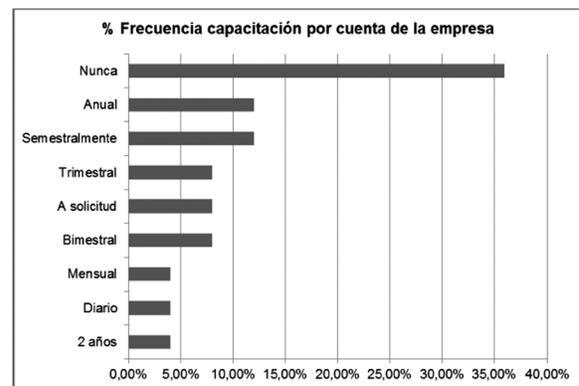
En el sector de plásticos, el instrumento que se calibra con mayor frecuencia es la balanza, seguido del pie de rey y del flexómetro; sin embargo, estadísticamente no se muestran diferencias entre estos tres instrumentos. El pie de rey, con un 55.5% de frecuencia de calibración en las 27 empresas, muestra iguales proporciones estadísticas con respecto a la balanza y el flexómetro, siendo estos los que cuentan con mayor incidencia en relación con otros como galgas, micrómetros o durómetros (con una confianza del 95%).

Ningún instrumento muestra mejor posición, estadísticamente en relación a la balanza, pie de rey o flexómetro, sin embargo, no puede desconocerse la frecuencia de la termocupla o termopar, en un 48%, así como los micrómetros con una frecuencia de 22%.

En resumen, los instrumentos que son altamente utilizados y son susceptibles de ser calibrados en estos dos sectores (metalmecánica y plásticos) son: pie de rey, micrómetros (de carátula y digitales), balanza, manómetro, termocupla o termopares y amperímetros.

Capacitación metroológica

FIGURA 2. FRECUENCIA DE CAPACITACIÓN



Un aspecto clave- y preocupante- es el inmenso vacío en la capacitación que realizan a los empleados sobre aspectos relativos a la metrología. Este hecho, sumado a que, según los hallazgos, un 26% de los responsables en metrología son bachilleres, un 37%, técnicos o tecnólogos, y el 27% restante tienen más altos niveles de formación. También es evidente la falta de respuesta frente a la frecuencia de calibración de equipos, o a la realización diaria de esta ($37\% + 15\% = 52\%$), sin contar con patrones o equipos especiales para calibrar. Esto, sumado al desconocimiento sobre la precisión de los instrumentos, indica la alta impericia que muestran los empleados frente a los procesos de metrología y la alta necesidad que surge de capacitación en el personal responsable.



Frecuencia de realización de los procesos de calibración (sector plástico)

Por otra parte, en la Tabla 1 se muestra la frecuencia de realización de los procesos de calibración. Se puede observar que básicamente se prefieren períodos de tiempo anuales, seguidos de períodos mensuales y diarios (para aquellos que así lo requieren).

TABLA 1. FORMACIÓN RESPONSABLE MEDICIONES METROLÓGICAS

FRECUENCIA EN QUE REALIZAN LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN EN EQUIPOS/ HERRAMIENTAS/ MÁQUINAS/ PRODUCTOS.

Semanal	4%
Semestral	4%
Trimestral	4%
Varía según equipo	4%
Diario	15%
Mensual	15%
Anual	19%
No responden	37%

Propuesta de servicios para el programa de ingeniería industrial

Para definir los servicios por ofrecer en el laboratorio de metrología, se partió de las necesidades encontradas en el estudio de demanda, para generar así un portafolio de servicios para el laboratorio propuesto.

Necesidades detectadas

- Tercerización del proceso de calibración.
- Muchas empresas no tienen el conocimiento sobre la verdadera definición de calibración o patrones de calibración.
- En la mayoría de empresas no se realizan capacitaciones.

Las organizaciones realizan los procesos con laboratorios no acreditados.

Servicios de calibración

La manera de saber si la indicación de una herramienta es correcta, es si ésta se encuentra calibrada, así la persona que use la herramienta podrá corregir sus indicaciones al revisar los datos que posee el certificado de calibración del instrumento, lo que lo llevará a obtener mediciones confiables y con la capacidad de realizar los controles que sean necesarios.

Para poder prestar este servicio, se debe cumplir con ciertos requisitos, tales como: poseer un sistema de calidad basado en ISO 17025, contar con patrones de referencia de alta exactitud que sean trazables a patrones nacionales o internacionales, todos los procedimientos de calibración deben basarse en normas, contar con personal capacitado para garantizar idoneidad en los resultados, y contar con tiempo de respuesta óptimo cuando se solicita el servicio.

Contar con la acreditación del laboratorio bajo la norma ISO 17025, brindaría la posibilidad de prestar un servicio de alta calidad y confiabilidad, con el fin de obtener un valor agregado, ser reconocidos y diferenciados frente a otros laboratorios.

Por otra parte, la trazabilidad es parte fundamental en el servicio de calibración. Esta se define como la propiedad de un resultado de medida, por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada uno de los cuales contribuye a la incertidumbre de medida, según el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología, 2008). La trazabilidad no se vence, ni tampoco se garantiza con certificados, se conserva mediante controles periódicos. Al garantizar la trazabilidad de los patrones nacionales e internacionales de medición y calibración, se logra obtener un impacto significativo en el informe de resultados y las respectivas incertidumbres.



Servicios de capacitaciones

Con el paso del tiempo, la capacitación ha cobrado mayor importancia en las organizaciones. Anteriormente, se trataba de un tema de rutina, hoy en día se ve como la oportunidad de mejorar el compromiso del empleado. De hecho, en muchas empresas se convierte en un proceso fundamental, con el fin de generar nuevos conocimientos, aptitudes y habilidades que sean necesarios para lograr un desempeño satisfactorio y un adecuado proceso de metrología, al definir tolerancias, equipos críticos, errores máximos permitidos, una adecuada interpretación de los informes de calibración, y para dar un uso adecuado a los resultados que se obtuvieron.

En el campo de la metrología se evidencia un notable desconocimiento respecto al tema en lo atinente al personal de las diferentes industrias en los sectores bajo estudio, por lo que se ve plasmada la necesidad de fomentar o aclarar conceptos a los empleados. Con el fin de contribuir a la formación del personal de las empresas en la temática de metrología (tanto medición como calibración), la universidad, como institución académica, tiene la capacidad de realizar cursos, talleres, capacitaciones diplomados, seminarios, etc.; esto, para brindar nuevos conocimientos o para fortalecer los ya existentes.

Entre las capacitaciones con respecto a la metrología se encuentran: manejo y cuidados de instrumentos; calibración de equipos e instrumentos; incertidumbre de la medición; criterios de aceptación de equipos e instrumentos. Así mismo, se enumeran los cursos propuestos: metrología básica y sus conceptos; patrones, instrumentos de medición y verificación; cálculo de incertidumbres de calibración; control metrológico; metrología específica. Además de estos servicios, pueden tenerse en cuenta asesorías por parte de la universidad a empresas que cuenten con elementos de calibración, y deseen tener su propio laboratorio para realizar las pruebas. Todo esto lleva al aumento de los ingresos de la universidad, y le permite extender el portafolio de servicios que presta, lo que la lleva a una senda más competitiva tanto en la región, como en el país.

Prácticas sugeridas para el currículo

La asignatura *Control de la Calidad* del programa de Ingeniería puede incorporar prácticas metrológicas que permitan adquirir conocimientos no sólo frente a mediciones, sino también al cálculo de la incertidumbre al efectuar calibraciones de los instrumentos. Asignaturas como *Diseño de Experimentos* y *Física I*, también involucran en sus prácticas temas de medición, análisis de diferencias en mediciones, calibración y ensayos.

Otra asignatura en la que se puede trabajar la metrología es *Gestión Tecnológica*. En combinación con innovación y desarrollo, se pueden generar posibles proyectos respecto a patrones y métodos de medida que ayuden a romper barreras tecnológicas, e incluso investigaciones en la medida de la degradación del medioambiente, producida por acciones industriales, con el fin de cumplir normas y la toma de decisiones adecuadas respecto a medidas de protección.

Según las encuestas realizadas, algunas empresas estuvieron de acuerdo con la participación de estudiantes en la calibración de las herramientas, lo cual podría incentivar a los alumnos en sus diferentes prácticas de laboratorio, e incluso en semilleros de investigación, a proponer proyectos con las empresas que conlleven a la generación de conocimiento y mayor interés con respecto al tema metrológico. Además, es de interés general para las organizaciones, aportar en el fortalecimiento de la relación Universidad – Empresa, a través del afianzamiento de las prácticas empresariales.

Normatividad para los servicios metrológicos

La confiabilidad en las herramientas a través de las cuales se hace el seguimiento de la calidad y verificación de los productos, debe ser una importante variable para la industria, de allí nace la idea de revisar y confirmar las correctas características de los instrumentos de trabajo, pero en varios ca-



En las empresas quien está a cargo de esta verificación, no suele ser la persona indicada.

Por ello se plantean normas y protocolos por cumplir para llevar a cabo correctas técnicas de metrología, que permitan asegurar la calidad y productividad de los procesos y productos dentro de las organizaciones, razón por la cual las buenas prácticas de metrología se transforman en competitividad.

NORMATIVIDAD, GUÍA ISO 25

Aspectos relacionados con la inspección, medición y pruebas

Con el fin de verificar que los diferentes productos analizados en un laboratorio de metrología y calidad cumplan con los requerimientos especificados por quien solicita el servicio, es necesario mantener calibrados, controlados y ajustados a los patrones estándares los equipos utilizados en las pruebas, mediciones e inspecciones, para asegurar siempre la incertidumbre, y para que se encuentren en la capacidad de medición requerida.

Según la Guía 25 se debe:

- Precisar las mediciones por efectuar, con la exactitud requerida y además seleccionar el equipo adecuado de inspección y pruebas.
- Identificar, calibrar y ajustar, a intervalos definidos, todo el equipo de inspección, medición y pruebas, y los elementos que afectan la calidad del producto. Esta calibración se efectúa contra equipo certificado que tenga una relación con patrones internacionales. Cuando no exista norma o patrón, la base utilizada para la calibración deberá ser documentada.
- Establecer, documentar y mantener los procedimientos de calibración que incluyan detalles del equipo en cuanto a tipo, identificación, número, ubicación, frecuencia de verificación, método de verificación, criterios de aceptación y las acciones por tomar cuando los resultados no sean satisfactorios.

- Asegurar que el equipo de inspección, medición y pruebas registra la exactitud, el error y la precisión requeridos.
- Identificar el equipo de inspección, medición y pruebas con un indicador que muestre el status de calibración de equipo.
- Mantener registros de calibración del equipo de inspección, medición y pruebas.
- Auditar y documentar la validez de los resultados de las inspecciones y pruebas cuando los equipos de inspección, medición y pruebas sean encontrados en calibración. (SENA., 1998).

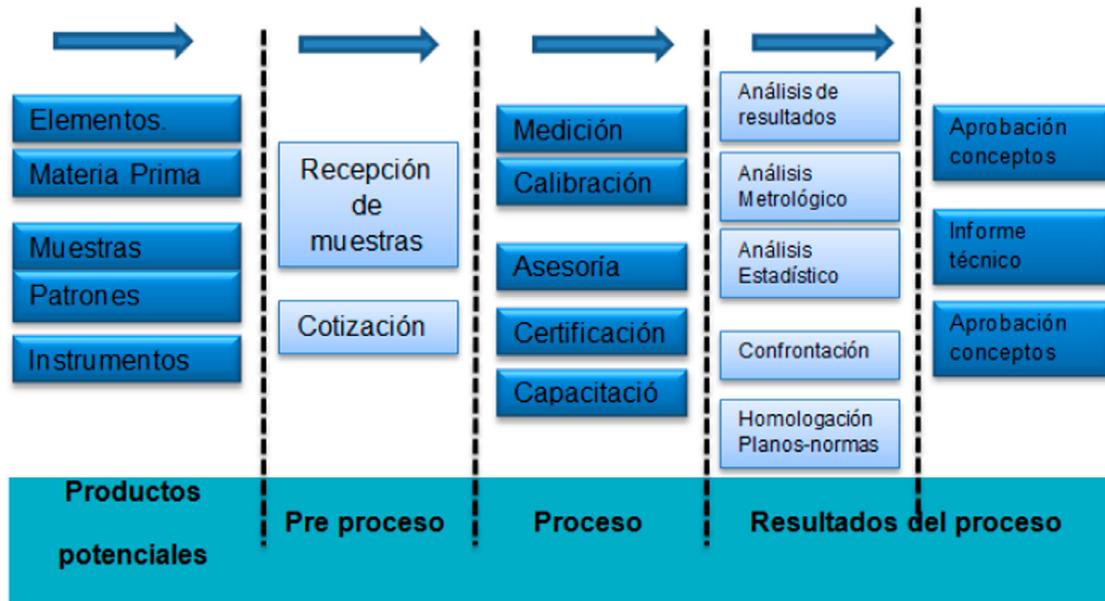
Los productos y las pruebas que se han efectuado se deben identificar de aquellos que aún no han sido inspeccionados, para esto es importante realizar procesos de etiquetado y rotulación, con el fin de clasificar correctamente los materiales y elementos dentro del laboratorio. De igual forma, los elementos utilizados para identificar el estado de los productos, deben dar información respecto a la conformidad de las pruebas realizadas; de esta manera se puede prestar un correcto servicio al cliente, ya que se asegura que los productos que han sido inspeccionados y que cumplen con la conformidad requerida se entregan correctamente. La Guía ISO 25 propone en el numeral 4.12, que debe definirse un sistema que permita identificar el material en inspección; este sistema debe ser claro, ya que su objetivo es mostrar cómo se encuentra el elemento inspeccionado en cada etapa. Además, sirve como evidencia para el cliente de que su producto fue procesado correctamente. De igual manera, se define la responsabilidad y la autoridad del personal que realiza las operaciones sobre los productos. Este sistema también es vital para realizar el control necesario en el estado de la inspección,

de esta manera se logra definir, controlar y mantener registros de todas las inspecciones y pruebas realizadas a los productos para que sean rápidamente identificadas y relacionadas con el material en cuestión, estos registros deben incluir la descripción del producto, lote, clave prueba realizada...” (SENA., 1998)



El procedimiento para la prestación de un servicio de metrología sugerido por la Guía 25 (Fig.3)

FIGURA 3. PROCEDIMIENTO PRESTACIÓN DEL SERVICIO



Fuente: Revista Automatización Industrial Metalmecánica.

Comparación entre normas

La norma ISO 9000 y sus recomendaciones internacionales, son un punto de partida para la implementación de sistemas de calidad. Existe un comité técnico: el ISO/TC 176, manejado por expertos en los sectores industriales, comerciales y técnicos, que se encarga de realizar y mantener este conjunto de normas, con el fin de procurar la estabilidad de una tecnología o servicio determinados.

La ISO 17025 detalla criterios determinantes de la capacidad técnica de los laboratorios y sus actividades. Esta norma significa, para los encargados de la evaluación de la conformidad, acreditación, calibración o ensayos, lo que la norma ISO 9000 significa para las empresas. Existen entidades encargadas de la acreditación, como EAL-Calibration (European Co-Operation for Accreditation of Laboratories Calibration), que actualmente se conoce como EA, que buscan el cumplimiento de las

normas mencionadas anteriormente (Martorelli, 2011). En la **Tabla 2 (siguiente página)** se realiza una diferenciación entre las Normas ISO 9001 y 17025:

Conclusiones

Es importante, a la hora de realizar cualquier propuesta, diseño o plan de negocio, efectuar un estudio que permita identificar el segmento de mercado al cual irá orientada la propuesta. En este caso, mediante el muestreo realizado se encontró que las empresas tenían una necesidad crítica orientada a la calibración de instrumentos usados para la medición de longitudes, masa, presión y temperatura en los sectores metalmecánico y plástico, así como un alto desconocimiento de la incertidumbre, procesos de calibración, y en general, una necesidad de capacitación.



TABLA 2. COMPARACIÓN ENTRE LAS NORMAS ISO 9001 Y 17025

NORMA 9001	NORMA 17025
Se enfoca más en la competencia técnica para verificación y calibración	Posee requerimientos más prescriptivos
Conocimiento de incertidumbre y trazabilidad de la medida	Protección de la propiedad intelectual
Organización y estructura de actividades de laboratorio	Agentes que buscan independencia en la medida
Competencia y calificación del personal	Personal técnico y gerencia con conocimientos en temas de calidad
Manejo de firmas y esquema de aprobación	Requisitos con alto alcance específico, asegurando consistencia de la calibración por medio de la evaluación, identificación y definición de la metodología
Equipos de medida, calibración y prueba	Aspectos de limpieza, ambiente y sanidad en el lugar que se realizarán las medidas
Informe de resultados	Metodología estable para pruebas, ensayos y calibración
	Exigencias para separar, conservar, utilizar y guardar
	Intervenciones estrictas sobre procesos y actividades, teniendo en cuenta la contratación de estas
	Manejo de registro de los aspectos anteriormente mencionados

Los resultados permitieron enfocar la propuesta de diseño en servicios de calibración, medición, capacitación y las prácticas académicas necesarias para dar viabilidad a la construcción del laboratorio.

Una vez identificada la competencia, la creación del portafolio de servicios debe realizarse teniendo en cuenta todos los recursos con los que cuenta la universidad, si necesita la capacitación del personal interno o realizar nuevas contrataciones, adquisición de equipos, con el fin de cumplir con los servicios que se desean ofrecer, y tener como una prioridad el proceso de acreditación, para ofrecer calidad garantizada y sobresalir entre laboratorios ya existentes pero sin acreditación.

Las actividades desarrolladas por el laboratorio de metrología planteado, implican la selección y aplicación de normas que permitan alcanzar la conformidad en las dimensiones, funcionamiento de herramientas, uso de materiales, y procedimientos de trabajo entre otros aspectos. Como ya se ha dicho, es necesario basarse en la norma

principal ISO 17025, con la que actualmente se da la certificación a los laboratorios de ensayo y calibración.

A lo largo de este artículo se han mencionado algunos de los diferentes requisitos y normas para un laboratorio de calibración y ensayos de metrología. Sin embargo, es importante diferenciar dichas normas de aquellas requeridas específicamente para la calibración de los instrumentos.

Referencias

- Terrés, A. M. (2009). *Trazabilidad metrológica, validación analítica y consenso de resultados en la confiabilidad del laboratorio clínico*. Revista Mexicana de Patología Clínica.
- PORRAS, C. P. (2011). La Metrología en la Investigación e innovación y su relación con los Sistemas de Calidad. *Sistema metrológico colombiano*. . Medellín.



- Díaz, J. R. (2007). *Aseguramiento metrológico industrial*. Medellín: Fondo editorial ITM.
- Martorelli, L. (2011). La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad. *La metrología en la investigación y la innovación*. Medellín.
- Villamizar, G. O. (2011). La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad. *La importancia de la Metrología en la investigación e innovación*. Medellín.
- Sismondi, P. M. (2011). La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad. *Desempeño de las universidades en asesorías y prestación de servicios metrológicos al sector productivo*. Medellín.
- ICONTEC. (2005). *NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración"*. Bogotá.
- SENA., C. n. (1998). Metrología en laboratorios acreditados. *Automatización industrial metal-mecánica, 10*.
- Piñeiro, M. M. (2000). *Metrología: Introducción, conceptos e instrumentos*. Oviedo: Servicio de publicaciones. Universidad de Oviedo.
- Metrología, I. N. (3 de Noviembre de 2011). *Superintendencia de Industria y Comercio*. Recuperado el 13 de Agosto de 2012, de <http://www.sic.gov.co/es/web/guest/instituto-nacional-de-metrologia>
- Castellanos, A. R. (30 de Junio de 2009). *CE-SAT-Centro de Servicios de Alta Tecnología*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2012, de UPAEP-Universidad Popular Autónoma Del Estado De Puebla: http://www.upaep.cesat.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=25:calibracion-trazabilidad&catid=11:metrologia&Itemid=14
- Entidad Nacional de Acreditación. (2010). Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de <http://www.enac.es/web/enac/documentos>
- Villa, J. (s.f.). *Mecánica de Fluidos y Recursos Hidráulicos*. Recuperado el 30 de Julio de 2012, de escuela de Ingeniería de Antioquia: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/manometro/manometro.html>
- PCE Ibérica. (s.f.). Recuperado el 5 de 7 de 2012, de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-presion/manometro-presion-az.htm>
- MEI *Manometría e Instrumentación*. (s.f.). Recuperado el 4 de 7 de 2012, de <http://www.mei.es/formacion/e1851ee686fcodbf8e8629c9b47caf4a.pdf>
- Instrumentación, M. e. (s.f.). Recuperado el 30 de 7 de 2012, de <http://www.mei.es/formacion/e1851ee686fcodbf8e8629c9b47caf4a.pdf>
- Organismo Nacional de Acreditación de Colombia. (2007). Recuperado el 25 de Octubre de 2012, de <http://www.onac.org.co/default.asp?idmodulo=0>
- Carrizo, J. E., & Cervino, C. V. (2013). Docencia y Extensión Social, una Aproximación a la Articulación de Asignaturas de Ingeniería Industrial. Caso Universidad Nacional Arturo Jauretche. Bogotá: VI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2008). *Diseño e Implementación del Proceso para Obtener Información sobre la Demanda de Graduados de la Educación Superior*. Recuperado el Octubre de 2013, de http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/articulos-153104_archivo_pdf.pdf
- Arenas, A., & Jaimes, B. (2007). Gestión de la Formación un Modelo Educativo basado en un Sistema Gestión de la Calidad con Enfoque de Competencias. *Revista Educación en Ingeniería, 1-3*.
- Tuning América Latina. (2006). *El Proyecto Tuning América Latina y el Desarrollo Curricular basado en Competencias*. Recuperado el Octubre de 2013, de http://daad.csuca.org/attachments/122_MEMORIA%201%20
- Zapata, I., Ángel, B., & Fernández, P. (2013). Propuesta de Estrategia Didáctica para la Enseñanza-Aprendizaje de la Gestión del Mantenimiento. Bogotá: VI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial.
- Carrizo, E. (Julio de 2013). Formación por competencias, Universidad Nacional Arturo Jauretche. (M. Valencia, Entrevistador)



- Lovelock, C., Reynoso, J., Andrea, D., & Huete, G. (2004). *Administración de Servicios Estrategias de Marketing, Operaciones y Recursos Humanos* (Vol. 4ªed). Mexico: Pearson.
- Tuttle Ospina, S., Gaviria Henao, F., Valencia, M., & Fernández Morales, P. (2013). *Servicios para un Laboratorio de Metrología y Calidad para dos sectores antioqueños*. Medellín.
- Sánchez, G. (2010). Las Estrategias de Aprendizaje a través del Componente Lúdico Memoria de Master, Suplementos. *REvista Didáctica Español como Lengua Extranjera*, 11.
- Villa, A. (Diciembre de 2009). Entrevista. *Períodico el Informador Comfama*.
- González González, O. E., & Patarroyo Durán, N. I. (2013). Competencias Especificas Solicitadas a los Recien Egresados de Ingeniería Industrial por las Empresas de Comercio, Hoteles y Restaurantes en la Ciudad de Bogotá. Bogotá: VI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial.
- Tuttle, S., Gaviria, F., Valencia, M., Fernández, P., & Zapata, D. (2013). Servicios para un laboratorio de metrología y calidad para dos sectores industriales antioqueños. *IV Encuentro de Investigación Formativa, Ingeniería Industrial UPB*. Medellín.
- Rodríguez Valbuena, L. F. (2012). Algunos cuestionamientos a la enseñanza de la Ingeniería Industrial en Colombia. *Cuadernos de Administración, Universidad del Valle, Volumen 28, N° 48*.
- (s.f.). Recuperado el 30 de julio de 2012, de <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>



ANEXO 1. Ficha de recepción de equipos para el servicio de calibración

Para el orden de los procesos es importante desarrollar formatos que permitan llevar de forma organizada la información, es incluso un método de

gestión de calidad, el recopilar de forma precisa y concreta los datos, lo que permite crear un registro de lo que se ha realizado. A continuación se presenta un ejemplo.

FIGURA 1. FICHA DE RECEPCIÓN DE EQUIPOS PARA EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN

Código:	Asignar un número para identificar el equipo.		
Marca:	Nombre de la empresa fabricante o comercializadora.		
Ubicación:	Definir lugar de almacenamiento.		
Fecha de última calibración:		Fecha de próxima calibración:	Se recomendará fecha posterior.
Características técnicas:	Sobre el equipo y sus medidas (campo de medida, división de escala)		
Recomendaciones de uso	Observaciones realizadas por el cliente del servicio.		
Instrucciones del fabricante	Observaciones definidas en el manual del instrumento por parte del fabricante o comercializador.		
Informes de recepción	Descripción, estado en el que se encuentra, modelo del instrumento.		
Datos de calibración:	Fecha de la última calibración, n° certificado, valor de la incertidumbre, fecha recomendada para la próxima calibración, si es interna o externa, procedimientos y/o instrucciones de calibración aplicables.		
Incertidumbre encontrada:	Recomendación posterior a la medición.		
Informes de anomalías y recomendaciones: Acciones correctivas, definir cuáles han sido las reparaciones y los mantenimientos hechos al instrumento.	Procedimiento de calibración:		
	Relación con patrones oficiales.		
	Operaciones de comparación con otros patrones.		
	Operaciones de calibración.		
	Condiciones ambientales de calibración		



ANEXO 2. Protocolo para calibración de pie de rey

FIGURA 2. TIPOS DE PIE DE REY



Fuente: <http://amerikar.blogspot.com/2009/03/calibrador-pie-de-rey.html>

Generalidades

Objetivo: describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración de un pie de rey.

Alcance: este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha técnica: se desarrolla la ficha técnica con respecto a las características de recesión y demás cualidades iniciales que se consideren necesarias

Desarrollo de la calibración

- **Condiciones ambientales:** el instrumento entregado por el cliente debe permanecer por lo menos una hora en el lugar donde se realizará la calibración para evitar la existencia de errores relacionados a la temperatura.
- **Patrones por utilizar:** los diferentes instrumentos y patrones utilizados para la calibración se encontrar etiquetados y calibrados. Dependiendo de si la calibración es en interior o exterior, se utilizarán bloques patrón longitudinales y su respectivos accesorios.
- **Verificación de estado:** se debe hacer una limpieza y una inspección visual del equipo, observando que sus escalas sean perfectamente legibles, probar el funcionamiento mecánico del equipo y que los contactos no enseñen anomalías, todo esto con el fin de comprobar el buen estado del equipo. En el caso de encontrar alguna anomalía, debe informarse al encargado de las calibraciones para realizar acciones oportunas e informarlo al cliente.

Procedimiento

Basado en Norma NTC4303 de 1997.

N divisiones de la regla móvil, coinciden con N-1 divisiones de la regla fija.

$N=20$

Sensibilidad o previsión del pie de rey: $p=D/N=1/20=0.05$ mm

Una medida será dada en mm ± 0.05 mm.

Cálculo de precisión: se da acorde con la cantidad de divisiones que tiene la escala móvil, en el caso del micrómetro marca SOMET, este tiene 20 divisiones, es decir, 1/20 mm de precisión, o 0.05 mm

Pie de rey: consta de dos reglas con dos escalas de medida y escuadra a la izquierda.

Regla fija: en cm y mm

Regla móvil: una regla es fija y la otra es móvil

- Hacer coincidir el cero de la escala vernier (movible), con el cero de la escala fija.
- La escala vernier o movible coincide con 20 mm, quedando la siguiente línea 1 milímetro por encima del 4.
- Se cierra de nuevo el pie de rey hasta hacer coincidir el cero de la escala movible con la escala fija, para iniciar de nuevo con otra medición.

Medida de exteriores: se ubica la pieza a la izquierda sobre la escuadra perpendicular, con escala fija del pie de rey y se mueve la otra regla hasta ajustar la medida de longitud buscada.

Se fija el tornillo superior para determinar la medida exacta. La medida se busca observando la escala de medida en la regla fija en cm y los milímetros encontrados hasta el 0 de la regla móvil, punto desde el cual se ubican los milímetros cuando las rallas de ambas reglas coinciden.

Ej: la medida 53.2 corresponde a 5 cm, 3 milímetros con 2

Medida de interiores: se cierra el pie de rey, se ubica el diámetro interior a la izquierda y se mueve la regla a la derecha, hasta el otro límite del diámetro.

Cada medida está dada en mm ± 0.05 mm.

Procedimiento de verificación de la precisión: Medir 3 o 4 veces cada pieza, reiniciando siempre en cero antes de tomar la siguiente medición, y tomar la desviación estándar.

Las medidas se toman en los valores que marca el nonio, para evitar lo más que se pueda el error de paralaje. Es importante no ejercer mucha presión a la hora de la lectura, para no tener equivocaciones en este aspecto. Después de realizar las mediciones, se hacen las operaciones para encontrar la incertidumbre. Para realizar el cálculo de la incertidumbre se debe comenzar haciendo las siguientes operaciones:

Cálculo de la media:

$$\bar{x}_{ci} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{cij}}{N} \quad (1)$$

Cálculo de la desviación típica:

$$S_{ci} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\bar{x}_{ci} - x_{cij})^2}{N-1}} \quad (2)$$

Cálculo de la correlación:

$$\Delta x_{ci} = x_{oi} - \bar{x}_{ci} \quad (3)$$

Con los datos que se obtengan de estas operaciones, se calcula la incertidumbre en cada punto de calibración con la siguiente ecuación:

$$I_i = \sqrt{\left(\frac{K}{K_0}\right)^2 I_{oi}^2 + w^2 K^2 S_{ci}^2 \left(\frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n}\right) + \left(\frac{K}{3}\right)^2 \Delta \bar{x}_{ci}^2} \quad (4)$$

Donde:

I_i = incertidumbre en el punto de calibración i para un factor K .

I_{oi} = incertidumbre del patrón para un factor K_0 en el punto de calibración i .

w = factor multiplicativo de corrección, cuando n_c es menor que 10. (Ver Tabla 1).

K = factor de confianza de la medida.

n_c = número de reiteraciones realizadas en la calibración sobre un punto de la escala.

n = número de reiteraciones que se realizarán cuando se realice la medida.

A continuación se muestra la tabla de los factores de multiplicación según el número de medidas realizadas:

TABLA 1. FACTORES DE MULTIPLICACIÓN

Nc	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	7	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4303.

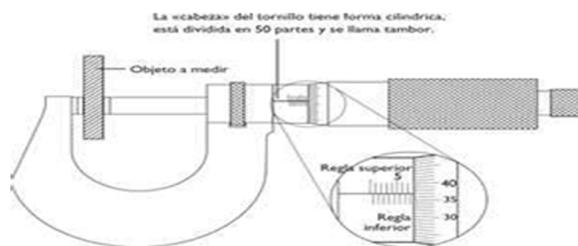
La máxima incertidumbre individual, se toma como incertidumbre total de la posibilidad de



medida. Se debe calcular primero la incertidumbre para cada uno de los puntos de calibración tomados, para poder determinar la incertidumbre de cada una de las posibilidades de medida. En exteriores se toma la mayor de las cinco, en interiores se toma la mayor de las tres, en profundidades se toma el valor del único punto.

Anexo 3. Protocolo para calibración de un micrómetro

FIGURA 3 MICRÓMETRO



Fuente: <http://www.bing.com/images/search?q=lectura+de+un+micrometro&view=detail&id=86250765786211C9E147B5EB082BF80731F2B769&FORM=IDFRIR>

Generalidades

Objetivo: describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración del micrómetro o tornillo micrométrico de Palmer.

Alcance: este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha técnica

Desarrollo de la calibración

- **Condiciones ambientales:** los instrumentos entregados por el cliente deben tener una permanencia en reposo de un día (24 horas) almacenados bajo las condiciones especificadas por el cliente, a una temperatura no superior de los 25°C, con el fin que no se presente algún error por los efectos de la temperatura.
- **Patrones por realizar:** los diferentes patrones y herramientas que se utilizan para el proceso de calibración de la herramienta deben estar previamente calibrados y bajo las condiciones especificadas por la norma, en este proceso se recomienda usar bloques longitudinales los cuales deben estar etiquetados y almacenados bajo criterios de seguridad y confiabilidad.
- **Calibración:** previamente al proceso de calibración se debe realizar una limpieza del instrumento y un almacenamiento del mismo, de igual manera, se debe inspeccionar el instrumento y establecer cuál es la condición en la que se entrega el equipo (funcionamiento mecánico, estado de las escalas que sean legibles y que el contacto entre la espiga y el tope no presente anomalías); para esto se recomienda diligenciar el formato de recepción del instrumento (Anexo 4) en el cual debe estar definida la descripción general del equipo (código, marca, ubicación, fechas de la última y próxima calibración). Es necesario definir previamente cuáles son las recomendaciones y requerimientos del cliente, al igual que las especificaciones dadas por el fabricante.

Procedimiento

Es necesario definir con los bloques patrones longitudinales cinco puntos de escala, en los cuales deben estar incluidos: valor máximo, mínimo y tres puntos intermedios que se encuentren espaciados uniformemente.

Una vez definidos estos puntos de referencia se deben efectuar mediciones tomando la medida en zonas diferentes de los contactos para comprobar el alineamiento entre el tope y la espiga, (en la lectura de la medición con el micrómetro primero hay que observar la escala longitudinal, que indica el tamaño con una aproximación hasta los 0,5 mm, a lo que se tendrá que añadir la medida que se aprecie con las marcas del tambor, llegando a conseguirse la medida del objeto con una precisión de 0,01 mm). Se recomienda evitar hacer presión en el momento de la lectura para no generar errores, y una vez tomadas las medidas en los cinco puntos de referencia se procede con el cálculo de la incertidumbre.

Cálculo de la incertidumbre

Para definir la incertidumbre del instrumento es necesario calcular cuál es la media en cada uno de los puntos de referencia y la desviación correspondiente.

Siendo $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, \dots, x_{in}$ las mediciones realizadas en el punto de referencia i de la pieza o patrón, para este procedimiento se usan las ecuaciones 1, 2 y 3.

Teniendo estos cálculos se procede a determinar cuál es la incertidumbre del instrumento en cada uno de los puntos de referencia, para ello se usa la ecuación 4 y los factores de la Tabla 1.

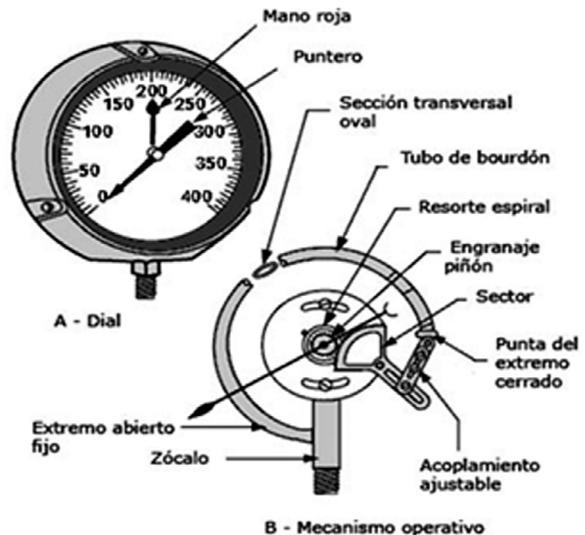
Al calcular y comparar la incertidumbre en los puntos de referencia, se toma como incertidumbre del instrumento a la mayor de los puntos de referencia (I). Se considerará apto un equipo cuando la incertidumbre encontrada no sea superior a cuatro veces su división de escala (esto es: $4 \cdot$ precisión).

De esta forma, se considera que cada medida tomada por el instrumento será:

$$x_{oi} \pm (\text{precisión del instrumento} + I)$$

ANEXO 4. Protocolo para calibración de un manómetro

FIGURA 4 COMPONENTES DE UN MANÓMETRO



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>

Generalidades

Objetivo: describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración de un manómetro.

Alcance: este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha técnica

Desarrollo de la calibración

- Condiciones ambientales: es importante tener un sitio con las condiciones adecuadas para la calibración, que se encuentre limpio, una temperatura alrededor de 18°C y 27°C y con baja humedad relativa.



- Patrones por realizar: se debe contar con una balanza manométrica certificada, una bomba de pruebas para comparación y con un juego de manómetros patrones que deben ser controlados y calibrados de una manera periódica. Además, para el proceso se debe contar con saca-agujas, destornillador y llaves fijas.
- Calibración: Esta actividad debe ser controlada y planeada para realizarla eficientemente, manejando condiciones controladas y un rango de presión determinado. Se define la calibración de un manómetro, como los procedimientos que establecen, en determinadas condiciones, la relación entre el valor de una medida hecha con la herramienta y valores correspondientes de esa medida efectuados por patrones, aportando niveles de seguridad y confianza en los diferentes procesos que se utilice la herramienta.

Procedimiento

Se despresiona el manómetro y se determinan los puntos de calibración (por lo menos cinco). Con la bomba manual se genera presión hasta llegar a un valor próximo al primer punto definido de presión, después con el volumen variable se ajustará la presión con el fin de obtener la lectura deseada del patrón o instrumento. En el caso de ser un manómetro análogo, es recomendable establecer la indicación de la aguja a los trazos de la escala, si es digital establecer la indicación del patrón. Para el manómetro análogo, la lectura es realizada inmediatamente después de haber hecho vibrar el manómetro levemente, para evitar así errores producidos por fricciones mecánicas. Esta medida será válida cuando el sistema sea estable y no se vean saltos o variaciones en las indicaciones del patrón e instrumento. Se repite el procedimiento con los otros puntos de calibración, siempre incrementando la presión hasta alcanzar al valor máximo definido. Se realiza el mismo proceso, pero ya en sentido de presiones decrecientes, con el fin de alcanzar el cero del manómetro. Se efectúa la lectura del cero, cuando es posible, y se comienza el ciclo de nuevo.

Es importante que al terminar la calibración se revisen los datos obtenidos antes de quitar el montaje, por si existe duda respecto algún dato, se pueda repetir el procedimiento.

Cálculo de la incertidumbre

Se comenzará por determinar la expresión de la magnitud de salida en función de las diferentes magnitudes de entrada, formando una ecuación, con el fin de obtener las correcciones de calibración. Se calcula un punto genérico i , y para los otros puntos se realiza el mismo procedimiento. La ecuación es la siguiente:

$$C_i = P_{Ri} - P_{xi} + \sum_j \delta_j(Pat) + \sum_k \delta_k(Ins) + \Delta_{NR} \quad (5)$$

Dónde:

- C_i : corrección final de calibración.
 P_{Ri} : valor de la lectura del patrón en el punto i .
 P_{xi} : valor de la lectura del instrumento en el punto i .
 $\sum_j \delta_j(Pat)$: suma de las correcciones debidas al patrón, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.
 $\sum_k \delta_k(Ins)$: suma de las correcciones debidas al instrumento, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.
 Δ_{NR} : corrección por diferencia de alturas entre los niveles de referencia.

