

DIAGNÓSTICO DEL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN EL SECTOR PLÁSTICO, ALIMENTOS, CONSTRUCCIÓN Y METALMECÁNICO

DIAGNOSTIC OF METROLOGICAL ASSURANCE IN THE PLASTICS SECTOR, FOOD, CONSTRUCTION AND METAL-MECHANICS



AUTOR

JAIRO ALONSO PALACIO MORALES
Maestría
*Instituto Tecnológico Metropolitano
Docente
Departamento de Calidad y Producción
jairopalacio@itm.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

LUIS FERNANDO GIRALDO JARAMILLO
Maestría
*Instituto Tecnológico Metropolitano
Docente
Departamento de Calidad y Producción
luisgiraldo@itm.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

NELSON DE JESÚS BEDOYA CARDONA
Maestría
*Instituto Tecnológico Metropolitano
Docente
Departamento de Calidad y Producción
nelsonbedoya@itm.edu.co
COLOMBIA

*INSTITUCION

Instituto Tecnológico Metropolitano
ITM
Institución Universitaria
Calle 73 No 76A - 354 Vía al Volador - Medellín
itm@itm.edu.co
COLOMBIA

INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO: La implementación del sistema de gestión de la medición, permite que las empresas ofrezcan confiabilidad a sus clientes sobre las mediciones realizadas al interior de la cadena de suministro, como insumo para el control de los procesos. La información descrita en el presente artículo relaciona el diagnóstico metrológico realizado a empresas pertenecientes a sectores industriales tales como alimentos, construcción, metalmecánico y plástico del Valle de Aburrá en la ciudad de Medellín; dicho diagnóstico sirve como insumo para el diseño de una metodología versátil para la implementación del sistema de gestión de las mediciones.

RECEPCIÓN: Mayo 15 de 2016

ACEPTACIÓN: Julio 28 de 2016

TEMÁTICA: Gestión de calidad de Proyectos y Procesos en general

TIPO DE ARTÍCULO: Artículo de Investigación Científica e Innovación.

Forma de citar: Palacio Morales, J. A. (2016). Diagnóstico del aseguramiento metrológico en el sector plástico, alimentos, construcción y metalmecánico. EN R, Llamosa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 15(42), 17-30. ISSN 1657-8236.

RESUMEN ANALÍTICO

El aumento en la confiabilidad de las mediciones en los procesos productivos, se atribuye a la implementación de sistemas de gestión de medición, integrando actividades técnicas y administrativas, las cuales mejoran la calidad de los procesos y aumentan la confiabilidad de los resultados.

El presente artículo ofrece un panorama sobre el sistema de aseguramiento metrológico para empresas relacionadas con los sectores: plásticos, alimentos, construcción y metalúrgico. La información relacionada en esta etapa, se construyó a través de: aplicación de encuestas técnicas y administrativas, entrevistas realizadas a expertos técnicos y ejecución de auditoría a proceso productivo. Esta última actividad se desarrolló teniendo como criterios, los requisitos metrológicos especificados en sistemas de gestión de calidad, sistema de gestión ambiental y sistema de seguridad y salud ocupacional.

La caracterización realizada, es útil para diseñar una metodología que permita la implementación de sistemas de gestión de medición integrado con otros estándares de gestión que permitan optimizar las operaciones del sistema organizacional.

PALABRAS CLAVES: Metrología, gestión de la medición, aseguramiento metrológico, exactitud de la medición, incertidumbre de la medición, Calidad, Aseguramiento de la Calidad, Confirmación metrológica, sistemas de gestión.

ANALYTICAL SUMMARY

The increased reliability of measurements in production processes is attributed to the implementation of measurement management systems, integrating technical and administrative activities, which improve the quality of processes and increase the reliability of the results.

This article provides an overview of the metrological assurance system for companies related to the sectors: plastics, food, construction and metallurgical.

The information related at this stage, was built through technical and administrative surveys, interviews with technical experts and audit of production process. The audit was developed with criteria such as the metrological requirements specified in quality management systems, environmental management system and system of occupational safety and health.

The characterization made, it is useful to design a methodology for implementation of measurement management systems integrated with other management standards to optimize the operations of the organizational system.

KEYWORDS: Metrology, measurement management, metrological assurance, measurement accuracy, measurement uncertainty, quality, quality assurance, metrological confirmation.

INTRODUCCIÓN

Muchas de las empresas en el sector industrial cambiaron su percepción hacia la metrología, pues la consideraban como un medio para dar cumplimiento a requisitos establecidos en modelos de gestión, olvidando su funcionalidad y teniendo como principal objetivo la obtención de un certificado de cumplimiento frente unos requisitos.

Hoy día en la industria mundial, el aseguramiento metrológico ha trascendido de cumplir con exigencias

sobre los equipos de medida, hacia una gestión de las medidas con enfoque sistémico, buscando integrar los elementos que conforman el proceso de medición y asegurando que este sea adecuado para su uso previsto, impactando directamente en las economías de los sectores productivos [1]. Lo anterior relaciona la integración de elementos tales como: personas, equipos, metodologías, materiales, entre otros [2].

La implementación del sistema de aseguramiento metrológico es un medio para que las organizaciones de bienes y servicios obtengan mediciones exactas

y confiables, siendo este el punto de partida para la optimización de los diversos procesos y el cumplimiento de altos estándares de calidad, [3]. Así pues, se integran los requisitos definidos por las partes interesadas, estableciendo especificaciones metrológicas al interior de los procesos de la organización.

En el sector industrial existen diferencias entre las estrategias implementadas para la gestión de la medición, conforme requisitos característicos de los diversos procesos, esta es una de las razones por las cuales se hizo necesario diagnosticar el aseguramiento metrológico en industrias pertenecientes a sectores de gran crecimiento en la ciudad de Medellín, permitiendo tener un insumo para desarrollar una metodología que permita estandarizar actividades tanto técnicas como de gestión sobre el sistema de gestión de la medición. Es así que, como resultado de la presente investigación, se identifican los criterios sobre los cuales se referencia el control metrológico en la industria caso de estudio, permitiendo establecer actividades que den cumplimiento a referentes relacionados por: expertos técnicos, leyes, estándares técnicos y de gestión, entre otros.

La implementación de estrategias de medición técnicamente validas sobre los procesos productivos, permiten aumentar el nivel confianza en las actividades desarrolladas al interior de la cadena de suministro, confirmando de esta manera el sistema de medición [4]. Dicha confirmación metrológica acompañada de la estimación de incertidumbre, proporciona confiabilidad para el cumplimiento de los requisitos en los diferentes procesos industriales. [5], [6].

Los sistemas de gestión metrológica presentan un alto impacto en diversos procesos productivos, generando confianza en el rendimiento de los mismos, los cuales pueden ser enfocados a diversas aplicaciones.

1. CUERPO PRINCIPAL DEL TRABAJO

El presente trabajo investigativo expone los resultados obtenidos después de diagnosticar el sistema de aseguramiento metrológico en los sectores industriales caso de estudio. Dicho trabajo relaciona la primera etapa de un proyecto macro, en el cual se tiene como propósito, desarrollar una metodología flexible que especifique los pasos para implementar un sistema de aseguramiento metrológico integrado con sistemas de gestión ambiental (ISO 14001), de seguridad y salud ocupacional (OHSAS 18001) y de calidad (ISO 9001).

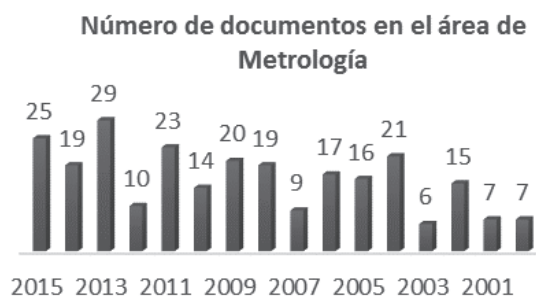
Los resultados del diagnóstico se obtienen a partir de:

- Aplicar encuesta técnico – administrativa, al interior de los procesos organizacionales involucrados con el sistema de medición.
- Auditar los procesos productivos, teniendo como criterio los requisitos metrológicos establecidos en modelos de gestión (calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional).
- Aplicar el método Delphi a expertos técnicos con experiencia en el sector industrial caso de estudio.

2. ANTECEDENTES

La Metrología es la ciencia encargada de las mediciones, la cual involucra: equipos e instrumentos de medición, unidades de medida, métodos de medición y de calibración, normalización técnica, entre otros elementos que integrados permiten que un sistema de medición genere como producto un resultados con un nivel específico de exactitud y confiabilidad. Dicha ciencia es transversal a muchas disciplinas, influenciando directamente en campos como la investigación, la producción industrial y el comercio, entre otros. El progreso de la sociedad en general se relaciona estrechamente con la metrología; al inicio de nuestra civilización se construyeron instrumentos de medida relacionadas con magnitudes físicas como masa y longitud, esto facilitó el intercambio y venta de productos en el sector comercial. Actualmente los estudios enfocados en el área de la Metrología son profundos y dan un amplio panorama de la importancia de esta ciencia en la investigación. En la figura 1, se expone la cantidad de artículos científicos producidos anualmente en el área de metrología a nivel mundial, en el área de ingeniería.

FIGURA 1. Documentos asociados a la investigación en el área de la Metrología en los últimos años.



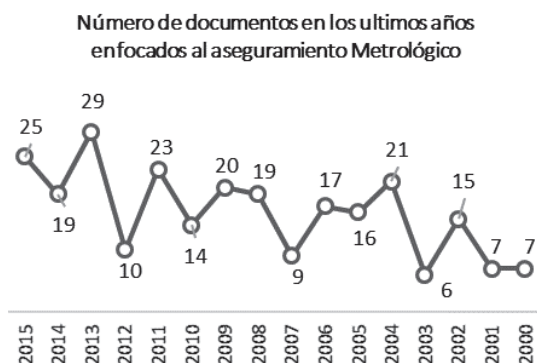
Fuente: Elaboración propia basada en Scopus.

Los tratados de libre comercio permiten el ingreso nuevos productos para el país, por tal motivo el sector industrial debe aumentar la competitividad y la productividad en busca de garantizar la satisfacción de los clientes. Por otra parte, el estado debe realizar controles de las especificaciones técnicas y estándares de calidad a nivel nacional como internacional, con el fin de fomentar en la sociedad la cultura de calidad y promover las políticas que ayuden a su difusión en las organizaciones de bienes y servicios en la implementación del sistema de Gestión de las mediciones.

La Gestión de las mediciones en los países industrializados se estima un costo equivalente en sus economías de más del 1% del PIB y un retorno equivalente entre el 2% y el 7% del PIB, lo que hace que la metrología sea parte vital de las actividades diarias [7].

El estado del aseguramiento metrológico en diversos campos de aplicación ha sido objeto de estudio por diversos autores a nivel mundial, por ejemplo, el diagnóstico aplicado a los equipos de medida del sector de la construcción en Rusia, donde se resalta la importancia de los sistemas de aseguramiento metrológico como garantía de alta calidad y la competitividad en dicho sector[8]. La figura 2, muestra la producción de artículos científicos a nivel mundial, relacionados con el tema de aseguramiento metrológico industrial.

FIGURA 2. Producción científica relacionada con aseguramiento metrológico.



Fuente: Elaboración propia basada en Scopus

En el sector salud a través de los laboratorios clínicos también es evidente las actividades del orden metrológico, un diagnóstico realizado en Rumania, define que los sistemas de gestión metrológica deben ser más estrictos en las actividades de medición, la evaluación de la incertidumbre y la trazabilidad de las mediciones. Dicho documento presenta la experiencia del Instituto Nacional de Metrología de dicho País en la implementación de un sistema de aseguramiento

metrológico en las mediciones de laboratorio clínico enfocados en dispositivos fotométricos [9].

Otras investigaciones adicionales en el campo del aseguramiento metrológico se enfocan hacia: el tratamiento del gas natural, el desarrollo de pruebas de ensayo destructivo en laboratorios, el diseño de sistemas de medición virtual; apoyadas con la implementación del estándar de acreditación ISO/IEC 17025:2005, generando con esto confiabilidad en los resultados emitidos [10],[11]. La necesidad de herramientas para la generación de calidad en los procesos en nuestro País es clara, por lo cual existe una propuesta para evaluar la gestión de los residuos hospitalarios basados en Normas y recomendaciones de la Organización mundial de la salud [12].

3. DIAGNÓSTICO:

La fase de diagnóstico se desarrolla en tres (3) etapas: la primera etapa relaciona la aplicación de la herramienta de recolección de información tipo encuesta, la cual está diseñada para identificar las diferentes estrategias de implementación del sistema de gestión de la medición, caracterizando así el aseguramiento metrológico implementado en los diferentes sectores industriales. La segunda etapa involucra la relación entre los diferentes requisitos metrológicos especificados en las normas de gestión implementadas por la organización, tales como ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001. La tercera etapa relaciona la aplicación de método Delphi en un grupo de expertos técnicos en el área de calidad y metrología, generando una propuesta metodológica sobre la cual se basa la implementación secuencial de actividades de aseguramiento metrológico haciendo uso del ciclo Deming: planear, hacer verificar y actuar (PHVA).

3.1 APLICACIÓN DE HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:

Se diseña y aplica encuesta con el objeto de caracterizar las actividades de aseguramiento metrológico implementadas al interior del sector productivo caso de estudio (sector alimentos, plástico, construcción y metalmeccánico, en el Vallé de Aburra en la Ciudad de Medellín – Colombia).

Como criterio para la selección de sectores caso de estudio, fue el alto nivel de matrículas evidenciado por la cámara y comercio de ciudad de Medellín durante el 2014.

El tamaño de la muestra de empresas a diagnosticar por cada sector industrial para una población finita, se identifica a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{NZ^2(1-\alpha/2)pq}{d^2(N-1)+Z^2pq} \quad (1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra. – Estudio variable cualitativa
N: Tamaño de la población.

Z^(1- α /2): Valor crítico, nivel de confianza – Tabla Curva normal

p: Proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia.

q: Proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1-p)

d: Nivel de precisión absoluto con que se desea estimar el parámetro – Error estándar [13]

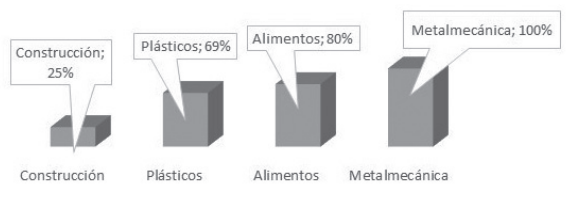
TABLA 1. Empresas encuestadas

Sector	Total empresas por sector	Total empresas encuestadas	% Empresas encuestadas
Alimentos	31	27	87
Metalmecánica	36	32	89
Construcción	40	34	85
Plásticos	26	24	92
total	133	117	88

2.1.2. RESULTADOS RELEVANTES:

A continuación, se relacionan algunas características significativas por sectores industriales y las cuales infieren sobre los sistemas de aseguramiento metrológico, identificados como consecuencia de aplicar la herramienta de recolección de información.

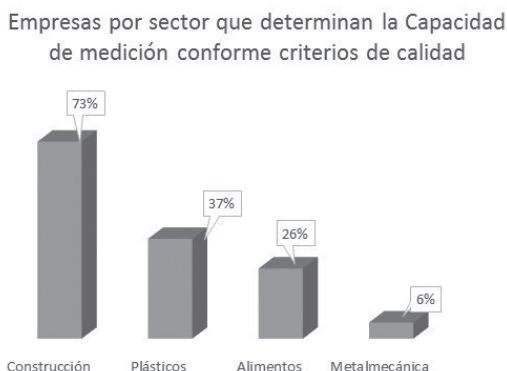
FIGURA 3. Porcentaje de empresas sobre la muestra, que tienen implementado un sistema de gestión de la medición:



La figura 3. Relaciona el porcentaje de empresas diagnosticadas por sector industrial que tienen implementado un sistema de gestión de la medición, conforme criterios establecidos en la norma NTC 10012 [14]. Se puede observar comparando entre las figuras 4 y 5 que a pesar de que las empresas cumplen con

requisitos metrológicos incluidos en los diferentes modelos de gestión, no necesariamente cuentan con un sistema de aseguramiento metrológico

FIGURA 4. Porcentaje de empresas diagnosticadas por sector industrial, que determinan la capacidad de su sistema de medición al interior del proceso productivo, teniendo como único criterio las características metrológicas del equipo de medición.



En la figura 4. se evidencia que el mayor porcentaje de empresas que determinan su capacidad de medida a través de los requisitos metrológicos de sus equipos, pertenecen al conjunto de sectores en los cuales hay menor implementación de actividades de aseguramiento metrológico o gestión de la medición, dichas empresas se basan en los resultados de actividades de calibración realizadas con laboratorios tanto acreditados como no acreditados.

En la herramienta de recolección de información se observa que algunas empresas justifican como no necesario identificar otros elementos tales como competencia del personal, condiciones ambientales, método de medida, mantenimiento, etc. para determinar la capacidad de medición de su sistema.

FIGURA 5. Porcentaje de utilización de fuentes del conocimiento, para el logro de las competencias del personal.

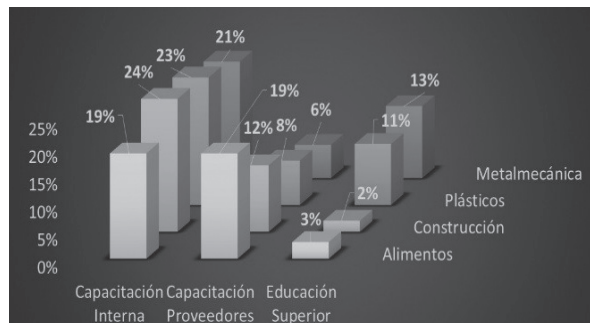
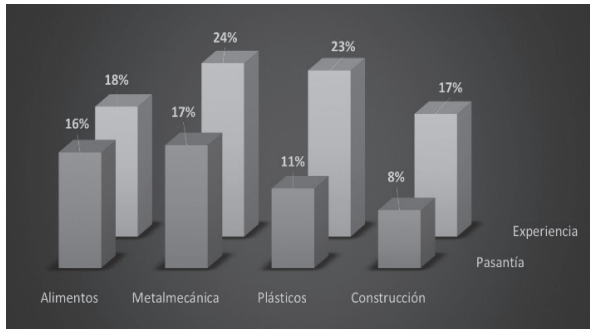


FIGURA 6. Porcentaje de utilización de fuentes del conocimiento, para el logro de las competencias del personal.



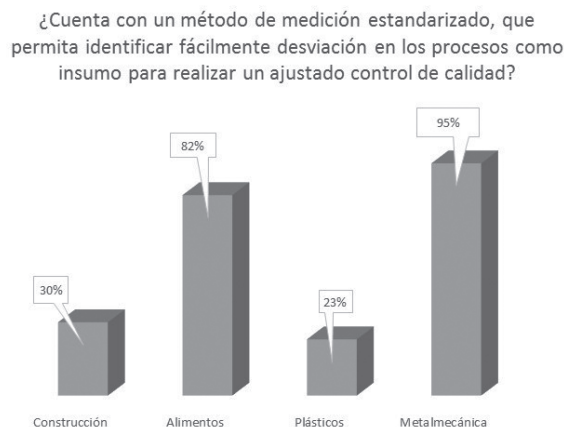
En la figura 5. y 6. respectivamente, se evidencia el porcentaje de utilización según las fuentes de conocimiento que utilizan las empresas como medio para el logro de la competencia del personal.

Las posibles fuentes del conocimiento son: capacitación interna, capacitación por parte de proveedores, educación superior (formación tecnológica o profesional), pasantía y experiencia.

En la figura 5. se evidencia que las empresas pertenecientes a los sectores metalmecánico y plásticos, representan el mayor porcentaje en uso de la educación superior, como medio para el logro de las competencias del personal. Lo anterior complementa que dichas empresas realizan mayores capacitaciones internas y demuestran mayor experiencia.

El alto porcentaje en capacitación del personal por instituciones de educación en sector plástico y metalmecánico, se complementa con la alta inscripción de personas para estudiar programas de formación relacionados con procesos metalmecánicos y tratamientos térmicos de transformación industrial (procesos de inyección, extrusión, etc. en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) - Antioquia.

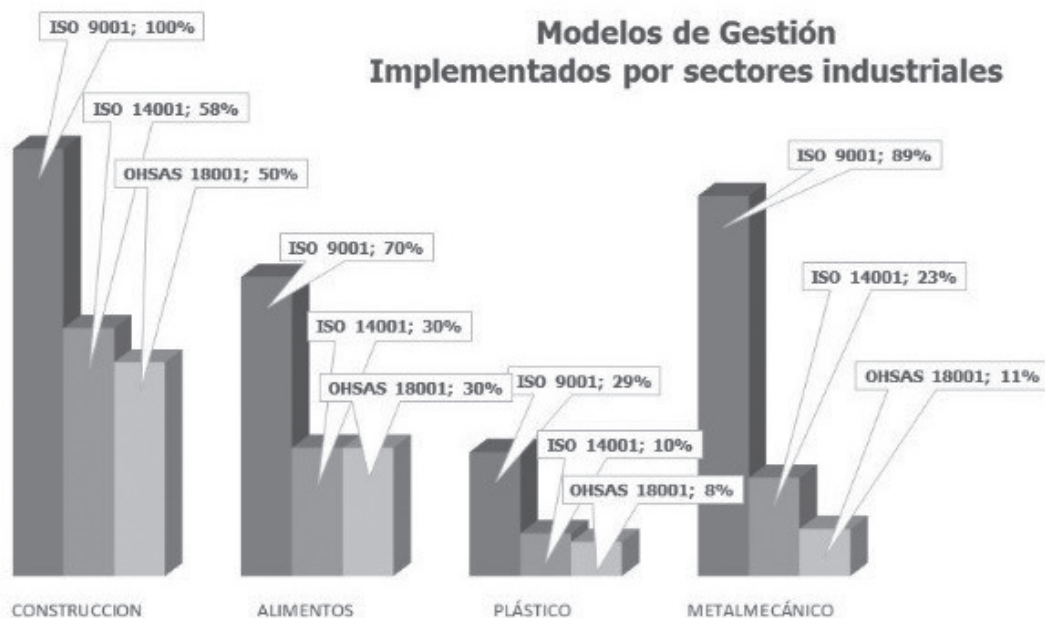
FIGURA 7. Porcentaje de empresas diagnosticadas por sector industrial que cuentan con un método estandarizado que permite identificar desviación en los procesos, como insumo para realizar un ajustado control de calidad.



En la figura 7. se observa una reducción en porcentaje de cumplimiento del sector plásticos frente el sector alimentos, frente a la pregunta de si se cuenta con un método estandarizado que permita identificar desviaciones en el proceso. La reducción en porcentaje por parte del sector plástico lo justifican los empresarios, argumentando que el proceso no se encuentra estandarizado debido que las máquinas son quienes toman este tipo de decisiones de control de forma automática a partir de parametrización de variables en proceso. Tanto el sector alimentos como metalmecánico cuentan con métodos que permiten identificar desviaciones en procesos, valiéndose de mediciones realizadas por personal técnico.

En el sector construcción se evidencia ausencia de los métodos anteriormente mencionados debido a la falta de conocimiento técnico en actividades de aseguramiento metrológico.

En la figura 8. se identifica el porcentaje de empresas diagnosticadas por sector industrial que tienen implementado sistemas de gestión ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, los cuales relacionan en sus requisitos, aspectos metrológicos. Se evidencia en dicha figura que la mayor cantidad de empresas optan por implementar sistemas de gestión tanto de calidad como ambiental.

FIGURA 8. Porcentaje de empresas sobre la muestra, que tienen implementados sistemas de gestión:

3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS METROLÓGICOS EN SISTEMAS DE GESTIÓN: ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001

La estandarización de procesos desarrollada al interior de los diferentes sistemas de gestión, orienta las actividades hacia la mejora de la calidad para cada modelo en particular, generando como consecuencia un incremento en la probabilidad de ingresar a nuevos mercados.

El sistema de gestión de la medición se puede definir como el soporte para el logro de la eficacia en los diferentes modelos de gestión implementados en la organización, siendo este el responsable de asegurar confiabilidad sobre los elementos que aportan valor para la generación de exactitud en los diferentes procesos organizacionales, generando así confiabilidad sobre la información necesaria para la toma de decisiones, el control y direccionamiento organizacional [15].

A pesar de que se establecen requisitos metrológicos en los sistemas de gestión mencionados en el presente artículo (calidad, ambiental, seguridad y salud

ocupacional), no se especifican aquellos particulares y necesarios para dar cumplimiento y generar valor al modelo de gestión. En la tabla 2 se evidencian los requisitos metrológicos mínimos establecidos por los diferentes modelos de gestión:

TABLA 2. Numerales relacionados con Metrología

Norma	Numeral de metrología	Requisito
ISO 9001:2008	7.6	Control de los dispositivos de seguimiento y medición
ISO 14001:2004	4.5.1	Seguimiento y medición
OHSAS 18001:2007	4.5.1	Seguimiento y medición

Se hace necesario interpretar los estándares e identificar cuáles de sus requisitos guarda relación directa con la metrología, así:

TABLA 3. Requisitos del estándar ISO 9001:2008 que tienen relación con la metrología [3]

ISO 9001:2008	
Requisito	Descripción
1.1.a	Generalidades
5.1.a	Compromiso por la dirección
5.2	Enfoque al cliente
5.4.1	Objetivos de calidad
5.6.2 C	Información de entrada para la revisión
5.6.3. b	Resultados de la revisión
6.1.b	Provisión de recursos
6.2.1	Generalidades
6.2.2 a	Competencia, formación y toma de conciencia
6.3	Infraestructura
6.4	Ambiente de trabajo
7.1.c	Planificación de la realización del producto
7.2.1 a,b,c,d	Determinación de los requisitos relacionados con el producto
7.2.2 a,b,c	Revisión de los requisitos relacionados con el producto.
7.3.2 a,b,c,d	Elementos de entrada para el diseño y desarrollo
7.3.3 a, b, c, d	Resultados de diseño y desarrollo
7.3.5	Verificación del diseño y desarrollo.
7.3.6	Validación del diseño y desarrollo
7.3.7.	Control de los cambio del diseño y desarrollo
7.4.1	Proceso de compras.
7.4.3	Verificación de los productos comprados.
7.5.1 a,b,c,d,e,f	Control de la producción y de la prestación de servicio.
7.5.2 a,b,c,d,e	Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio.
7.6 a,b,c,d, e	Control de los equipos de seguimiento y medición.
8.1.a	Generalidades
8.2.4	Seguimiento y medición del producto.
8.3	Control de producto no conforme

TABLA 4. Requisitos del estándar OHSAS 18001:2007 que tienen relación con la metrología [16].

OHSAS 18001:2007	
Requisito	Descripción
1	Objetivos
4.2	Política S Y SO
4.3.1	Identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de los controles
4.3.2	Requisitos legales
4.3.3	Objetivos legales y otros
4.4.1	Recursos, funcionales, responsables y autoridad
4.4.2	Competencia, formación y toma de conciencia
4.4.6	Control de operacional
4.5.1	Seguimiento y Medición del desempeño
4.5.2	Evaluación del cumplimiento legal y otros
4.4.7	Preparación y respuesta ante emergencias
4.5.3.2.	No Conformidad, acción correctiva y acción preventiva
4.6	Revisión por la dirección

TABLA 5. Requisitos del estándar ISO 14001: 2004 que tienen relación con la metrología [17]

ISO 14001: 2004	
Requisito	Descripción
1	Objetivos
4.2. a. b. c	Política ambiental
4.3.1	Aspectos Ambientales
4.3.2	Requisitos legales
4.3.3	Objetivos , metas y programas
4.4.1	Recursos, funcionales, responsables y autoridad
4.4.2	Competencia, formación y toma de conciencia
4.4.6	Control de operacional
4.4.7	Preparación y respuesta ante emergencias
4.5.1	Seguimiento y Medición
4.5.2	Evaluación del cumplimiento legal
4.5.3	No conformidad. Acción correctiva y acción preventiva.
4.6	Revisión por la dirección

En las anteriores tablas se identifican criterios necesarios para implementar un sistema de gestión de las mediciones integrado a los diferentes modelos de gestión.

A continuación, se describen algunas actividades necesarias para asegurar metrológicamente el sistema organizacional, las cuales son transversales a los modelos de gestión mencionados.

- Especificar, identificar y satisfacer los requisitos del cliente, legales, reglamentarios y otros aplicables.
- Establecer la disponibilidad de recursos humano, de infraestructura, financiero y tecnológico.
- Establecer los controles necesarios para identificar riesgos de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional.
- Evaluar la conformidad del producto y el proceso.
- Evidenciar la mejora del producto relacionados con los requisitos del cliente.
- Establecer la competencia de acuerdo con la educación, formación, habilidades y experiencia; para desempeñar funciones.
- Identificar las condiciones ambientales para garantizar la conformidad del producto.
- Realizar verificaciones, validaciones para el seguimiento, medición y ensayo de los requisitos del producto, para su aceptación
- Calibrar o verificar los equipos de medición.
- Determinar las Frecuencias de calibración.
- Determinar la trazabilidad en equipos de medición utilizados.
- Establecer frecuencias de mantenimiento, para equipos incluidos en el proceso productivo.
- Mantener los registros de calibración.
- Identificar características de las mediciones
- Verificar el cumplimiento de requisitos de calidad, seguridad y salud ocupacional y de carácter ambiental.
- Evaluar de cumplimiento de los requisitos de las partes interesadas.
- Verificar y tratar el producto no conforme.

3.3 APOORTE DE EXPERTOS TÉCNICOS.

Se hace uso del método Delphi como metodología de consulta aplicada a expertos, buscando identificar y evaluar factores relevantes para la implementación del sistema de gestión de la medición. Dicho sistema permite considerar si los elementos que actúan al interior del mismo son adecuados para su uso previsto,

generando exactitud en las actividades desarrolladas en la transformación del producto.

Al interior de las empresas se implementan actividades de aseguramiento metrológico con niveles de exigencia que dependen de a las competencias de su personal, es decir, se evidencia variedad de métodos para realizar la implementación del sistema mencionado. Mediante el método Delphi se unifican criterios para estandarizar dicha actividad de implementación.

Para el desarrollo de la metodología se conforma un panel de veinte (20) expertos con conocimientos en metrología e implementación en el sistema de gestión de las mediciones. El grupo de expertos seleccionados incluye personal académico, consultores, directores de laboratorios de calibración y/o ensayo y directivos de las empresas que tienen a su cargo el área de metrología, instrumentación industrial y calidad. El proceso se caracteriza por el anonimato entre los actores, buscando evitar influencia entre estos.

El aporte de los expertos se obtuvo a través de encuestas, las cuales se caracterizan por:

En la primera encuesta, se especifican criterios tanto técnicos como administrativos considerados como necesarios para implementar un Sistema de aseguramiento metrológico. Como resultado se obtiene la valoración realizada por personal participante y las propuestas sobre nuevas estrategias de teniendo como aspecto fundamental la integralidad entre los sistemas entre la organización. En la segunda encuesta aplicada, se solicita al panel de expertos confirmar y valorar los resultados obtenidos durante la primera ronda de encuesta, además de considerar si los resultados son pertinentes. Finalmente, la tercera encuesta se aplica con el objeto de identificar el nivel de importancia y secuencialidad que se le asigna a los factores y aspectos que componen un sistema de aseguramiento metrológico para dar un orden de implementación al mismo al interior de un proceso. Lo anterior cobra fuerza al integrar en el esquema de implementación el ciclo de mejora continua Deming, el cual relaciona etapas de planeación, desarrollo, verificación e mejoramiento.

La metodología para implementar el sistema de aseguramiento metrológico incluye los siguientes aspectos detallados haciendo uso del método Delphi, así: [18].

TABLA 6. Etapa planear. Implementación del sistema de gestión de la medición según expertos técnicos.

Planear	
Nº	Variable
1	Diagnosticar el SAM.
2	Identificar los requisitos metrológicos y magnitudes físicas dentro de la cadena de suministro.
3	Seleccionar equipos e instrumentos de medición de acuerdo a los requisitos metrológicos.
4	Identificar el alcance del Sistema de Aseguramiento Metrológico.
5	Determinar la capacidad de la organización para realizar actividades de control (mantenimiento, verificación, calibración, ajuste y/o reparación) internas o externas
6	Establecer periodos de actividades de control (mantenimiento, verificación, calibración, ajuste y/o reparación).
7	Identificar responsables de las actividades del SAM.
8	Identificar la competencia del personal relacionada con el SAM.
9	Seleccionar los Proveedores para actividades de control y suministro de equipos (mantenimiento, verificación, calibración, ajuste y/o reparación).
10	Identificar los procesos donde Interviene el SAM

TABLA 7. Etapa hacer. Implementación del sistema de gestión de la medición según expertos técnicos.

Hacer	
Nº	Variable
1	Documentar del SAM (procedimiento de SAM que incluye los requisitos metrológicos, frecuencias de calibración, actividades de control, etc. y todos sus registros).
2	Seleccionar las normas y métodos aplicables para cumplir con el SAM.
3	Capacitar el personal en actividades técnicas y de gestión metrológica
4	Desarrollar actividades de control (mantenimiento, verificación, calibración, ajuste y/o reparación).
5	Capacitar el personal en actividades técnicas y de gestión metrológica
6	Aplicar pruebas de R y R
7	Realizar acompañamiento en los procesos de compras para actividades de control (mantenimiento, verificación, calibración, ajuste y/o reparación).y suministro de equipos

TABLA 8. Etapa verificar. Implementación del sistema de gestión de la medición según expertos técnicos

Verificar	
Nº	Variable
1	Analizar resultados de actividades de control para toma de acciones (confirmación metrológica).
2	Interpretar los resultados de pruebas de Repetibilidad y Reproducibilidad (R y R).
3	Auditar el sistema de gestión de las mediciones
4	Evaluar la competencia del personal
5	Evaluar otros métodos de validación de resultados antes de darlos a conocer al cliente interno o externo.

TABLA 9. Etapa actuar. Implementación del sistema de gestión de la medición según expertos técnicos

Actuar	
Nº	Variable
1	Capacitar al personal responsable de SAM
2	Mejorar y ajustar el SAM de acuerdo con los resultados de las auditorias
3	Tratar las acciones correctivas, preventivas o de mejora dentro del sistema SAM

4. METODOLOGÍA VERSÁTIL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA MEDICIÓN EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

La metodología describe una secuencia lógica de los pasos a seguir en la implementación de un sistema de aseguramiento metrológico en una empresa. Se pretende que el modelo sea didáctico y de fácil entendimiento en el momento de su aplicación.

4.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA CON ENFOQUE - (PHVA).

La propuesta metodológica para implementar un sistema de gestión de la medición, se articula con los sistemas de gestión existentes en una organización, soportado en el ciclo de mejora continua Deming: Planear, Hacer, Verificar y Actuar (P-H-V-A), el cual genera confiabilidad al sistema de medición, impactando directamente sobre calidad de los productos y/o servicios ofertados al mercado.

FIGURA 9. Entradas para el diseño de la metodología de implementación, para el sistema de gestión de la medición.

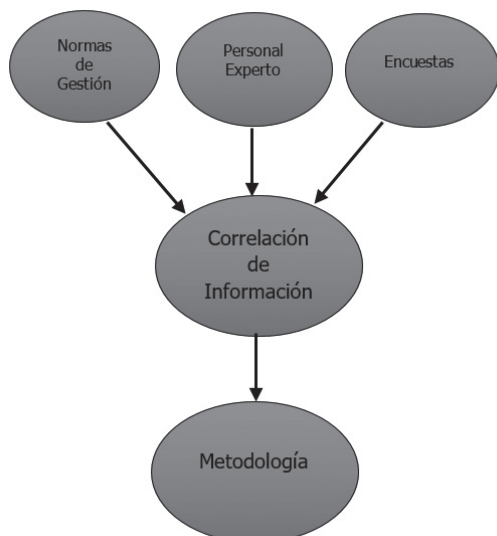
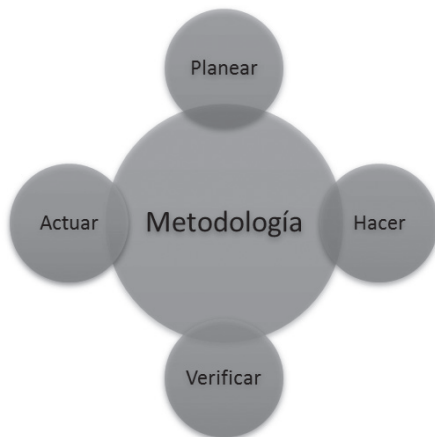


FIGURA 10. Metodología e interacción con el ciclo Deming.



A continuación, se describe la metodología propuesta y fundamentada en cada uno de las etapas del ciclo Deming.

4.2 ETAPA DEL PLANEAR – SISTEMA DE GESTIÓN DE LA MEDICIÓN:

Dentro de las actividades del planear se desarrolla el diagnóstico del sistema de medición en la organización. Se establecen los objetivos y recursos necesarios para cumplir con los lineamientos de la alta dirección, acorde con el direccionamiento estratégico de la empresa y en

concordancia con las estrategias definidas por la alta dirección para la implementación de sistemas de gestión ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

- Diagnosticar el estado y relación del aseguramiento metrológico dentro del sistema organizacional (Procesos estratégicos, procesos misionales y procesos de apoyo).
- Establecer objetivos de calidad del Sistema de aseguramiento metrológico.
- Definir los recursos económicos, humanos, de infraestructura, entre otros, necesarios para asegurar la eficacia del SGM.
- Implementar el plan de capacitación que relacione las competencias metrológicas tanto técnicas como administrativas necesarias al interior del sistema organizacional.

4.3 Etapa del Hacer – Sistema de Gestión de la Medición:

En la etapa del Hacer se elaboran actividades requeridos para soportar el sistema de gestión de las medidas y se relacionan a continuación.

- Identificar procesos críticos y magnitudes físicas.
- Determinar los requisitos metrológicos que intervienen en el proceso (tolerancia, errores máximos permitidos, intervalos).
- Seleccionar los instrumentos críticos y su capacidad de medición.
- Establecer los periodos de calibración, verificación y mantenimiento de los equipos críticos.
- Realizar hoja de vida de los equipos críticos.
- Elaborar los procedimientos requeridos para el sistema de gestión de las mediciones (calibración y/o sistemas de gestión de las mediciones).

4.4 Etapa del Verificar – Sistema de Gestión de la Medición:

En esta etapa es importantes identificar las normas de gestión implementadas en la organización con el fin de diseñar una lista de verificación acorde a los requisitos normativos que maneja la empresa. Las actividades a desarrollar son:

- Auditar el sistema de gestión de las mediciones acorde a los requisitos de las normas.
- Analizar resultados de actividades de control para toma de acciones (confirmación metrológica).

4.5 Etapa del Actuar – Sistema de Gestión de la Medición:

En el actuar se realizan los ajustes necesarios para tratar las acciones encontradas en la etapa del verificar.

- Capacitar al personal responsable del Sistema de Gestión de las Medidas.
- Mejorar y ajustar el Sistema de Gestión de las Medidas de acuerdo con los resultados de las auditorias.
- Tratar las acciones correctivas, preventivas o de mejora dentro del Sistema de Gestión de las Medidas.

5. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ASEGURAMIENTO METROLOGICO

La validación de la metodología para implementar el aseguramiento metrológico integrado con otros modelos de gestión, se desarrolló en cuatro empresas del sector alimentos del área metropolitana del Valle de Aburrá de Medellín. Previo a la implementación de la metodología se realiza el diagnóstico de los efectos generados por la ausencia de un sistema de gestión de la medición sobre aspectos relacionados al aseguramiento de la calidad en el proceso productivo, la seguridad industrial y el medio ambiente.

Figura 11. Aseguramiento metrológico en los sistemas de calidad, ambiental y seguridad Industrial.



A continuación, se describen los efectos causados por la ausencia del aseguramiento metrológico industrial:

5.1 CALIDAD EN EL PROCESO PRODUCTIVO:

- Falta de controles metrológicos durante el proceso.
- No se controlan las magnitudes físicas que influyen sobre la calidad del producto.
- No se identifica la capacidad de medición de los equipos.
- Variabilidad de en el producto terminado por falta de controles en magnitudes relacionadas de masa,

longitud y temperatura.

- Falta determinar las características metrológicas que permita los controles del producto terminado.
- El personal no tiene conocimientos para operar, preservar, almacenar y mantener los equipos de medición acorde con las magnitudes que intervienen en la calidad del producto final. Variabilidad en la forma del producto a causa del no control de magnitudes de influencia, tales como humedad y temperatura en el ambiente.
- Inconsistencia en el crecimiento del producto horneado a causa de la inestabilidad en el control de temperatura. Dicho control no es fiable debido al desajuste en su sistema de medida y al desconocimiento sobre la caracterización de los errores al interior de este.
- Problemas de ausencia y sobre preso en producto final.
- Desajuste en instrumentos de medición en la recepción de materias primas.

5.2 CONTROL EN LA SEGURIDAD DEL PROCESOS

- Control de enfermedades a diagnósticos desarrollados haciendo uso de equipos de medición desajustados y sin calibración.
- Las empresas de alimentos deben cumplir requisitos legales tales como el decreto 3075 BPM resolución 2674 de 2013, donde se garantiza la calidad del producto, cumplimiento de los puntos críticos de la norma HACCP. Estos requisitos tienen un alto control metrológico que dificulta la seguridad durante proceso.

5.3 CONTROLES AMBIENTALES EN EL PROCESO

- Falta de cumplimiento de criterios legales relacionados con el medio ambiente en cuanto controles y mediciones de gases y vertimiento de aguas.
- Control de mediciones en las chimeneas de los hornos.

5.4 RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

El resultado de la validación ha permitido evidenciar la versatilidad de la metodología. Arrojando resultados de mejoramiento para las empresas en las que se aplicó la metodología, dicho resultado se evidencio en un tiempo aproximado de 5 a 6 meses a continuación se describe los resultados evidenciados en las empresas.

Por lo anterior la metodología mencionada en el presente artículo, elimina en un 100 % la problemática anteriormente mencionada, teniendo como principal necesidad el empoderamiento del personal a cargo del

sistema de aseguramiento metrológico y la conciencia de mejora.

El ABC que relaciona la metodología será publicada en un capítulo de libro.

6. CONCLUSIONES

A pesar de que se especifican los requisitos de un sistema de gestión de la medición en la norma NTC ISO 10012; no se evidencia en ninguna de las empresas diagnosticadas por cada sector industrial, una metodología que permita de forma secuencial la implementación de dicho sistema.

Se identifica una relación directamente proporcional entre los resultados de calibración y la determinación de la capacidad de medición al interior de los procesos productivos, en mayor parte para aquellas empresas en las cuales no se cuenta con un sistema de gestión de la medición conforme NTC 10012.

Aquellas empresas en las cuales no se cuenta con un sistema de gestión de la medición implementado, consideran que calibrando y manteniendo sus equipos de medida aseguran metrológicamente sus procesos.

Las industrias en la búsqueda de generar alta competitividad, poseen referentes para la implementación de Sistemas de Gestión de las Mediciones, sin embargo, algunos de los modelos de gestión implementados en la industria, no relacionan sus criterios con los referentes anteriormente mencionados.

Como trabajo futuro, se plantea la validación de la metodología propuesta en diversos sectores productivos diversos a los planteados en la investigación, para plantear posibles ajustes y desarrollar nuevas aplicaciones generando modelos versátiles para los sistemas de gestión de las mediciones.

A la fecha se observa que la competencia del personal responsable de metrología se está adquiriendo a través de estudios realizados en instituciones de educación superior o pasantías ofrecidas por laboratorios acreditados ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC). Es un factor común para aquellas empresas que consideran a la metrología como un costo alto, encontrar solo la experiencia del personal como fuente para demostrar su competencia técnica.

Se evidencia la necesidad de diseñar una metodología que sirva como referente para implementar un sistema de gestión de las mediciones. Dicho así el presente diagnóstico servirá como punto de partida para el desarrollo de la mencionada metodología.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Okrepilov, «Precise Measurements for Innovative Economics,» *Measurement Techniques*, vol. 11, nº 55-57, p. 5, 2014.
- [2] L. M. Ospina, «Importancia de la Metrología al Interior de las Empresas para el aseguramiento de la Calidad,» *Scientia et Technica Año XIV*, vol. XIV, nº 38, p. 4, 2008.
- [3] I. O. f. E. ISO, *Quality Management Systems. Requirements. ISO 2008*, Geneve: ISO, 2008.
- [4] L. González y J. Beltrán, *Cómo se realiza la confirmación metrológica*, Andalucía: Instituto Andaluz de Tecnología, 2009.
- [5] O. M. Vasilevskyi, «Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty,» *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, vol. 5, nº 017, pp. 403-502, 2014.
- [6] P. M. D. P. Carbone, «Measurement uncertainty and metrological confirmation in quality-oriented organizations,» *Measurement*, vol. 34, pp. 263-271, 2003.
- [7] M. D. Del Campo Maldonado y J. . Á. Robles Carbonell, «La metrología, motor de innovación tecnológica y desarrollo industrial,» *e-medida. La Revista Española de Metrología*, pp. 30- 41, 2012.
- [8] S. Grigoriev, «Contemporary state and outlook for development of metrological assurance in the machine-building industry,» *Measurement Techniques*, vol. 55, nº 11, pp. 1312-1314, 2013.
- [9] M. Buzoianu, «Experience of the National Institute of Metrology (INM) in development and certification of reference materials used in the metrological assurance of clinical laboratory measurements,» *Fresenius' journal of analytical chemistry*, vol. 360, pp. 479 - 485, 1998.
- [10] L. A. Konopelko, «Metrological assurance of quality control of natural gas,» *Measurement Techniques*, vol. 54, nº 9, pp. 1025 -1033, 2011.
- [11] T. I. Dolgikh, «Problems in organization of work at laboratories and metrological provision for an analytical process,» *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*, nº 8, pp. 43 - 46, 2009.
- [12] L. C. Riofrío Cortés y J. Torres Agredo, «Tool to evaluate the hospital waste management,» *Ciencia e Ingeniería neogranadina*, vol. 1, nº 26, pp. 41-56, 2016 .

- [13] D. C. Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, Mexico DF: LIMUSA S.A and John Wiley & Sons (HK) LTD, 2010.
- [14] Icontec, *Sistemas de Gestión de la Medición. NTC 10012*, Bogotá: ICONTEC, 2003. (.)
- [15] J. B. Sanz, La gestión de los procesos metrológicos. Análisis e integración de un sistema de gestión de las mediciones (ISO 10012:2003), Madrid: AENOR, 2004.
- [16] Icontec, *Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional, NTC OHSAS 18001*, Bogotá: ICONTEC, 2007.
- [17] I. O. f. E. *Environmental Management Systems. Requirements With Guidance for Use. ISO 2004*, Geneva: ISO, 2004.
- [18] A. Garmendia Salvador, A. Salvador Alcaide, C. Crespo Sánchez y L. Garmendia Salvador, *Evaluación de Impacto Ambiental*, Madrid: Pearson - Prentice Hall, 2005.