



**GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
Y ENSAYOS DE TEMPERATURA QUE SOPORTE EL ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO DE LA EMPRESA GECELCA S.A. E.S.P., CENTRAL
TERMOGUAJIRA (TEG)**

Autores

KENNY BANEXA GUERRA FUENMAYOR

JUAN GABRIEL ARAQUE MORA

**ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
2014**

**GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
Y ENSAYOS DE TEMPERATURA QUE SOPORTE EL ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO DE LA EMPRESA GECELCA S.A. E.S.P., CENTRAL
TERMOGUAJIRA (TEG)**

Autores

KENNY BANEXA GUERRA FUENMAYOR

JUAN GABRIEL ARAQUE MORA

MONOGRAFIA DE GRADO

Director

GERARDO PORRAS RUEDA

**ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
2014**



Nota de aceptación

Firma de Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, 7 de febrero de 2014.

A **Dios**, por su infinito amor y misericordia.
A mi **familia**, por su apoyo incondicional y sincero.
A mi **hija**, el motor de mi vida.
A mi **pareja**, por su incondicional amor y amistad
A **GECELCA S.A. E.S.P.**, por la oportunidad de desarrollarme laboral y
profesionalmente.

Kenny Guerra F.

A mis **padres y hermanos**, por su apoyo constante y sincero, vital durante todos estos años de formación personal y académica.
A mi **novia**, por su amor y comprensión.

Juan Gabriel.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero **Gerardo Porrás Rueda** por su orientación, sus conocimientos, cordialidad e interés durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero **Juan Carlos Mantilla Saavedra** por su calidez humana y colaboración durante toda la especialización.

A todos los **profesores** de la especialización que contribuyeron con sus conocimientos y experiencia a consolidar con éxito este periodo de formación

A mis **compañeros de estudio**, por compartir sus conocimientos, experiencia profesional y amistad.

Para todos ellos: muchas gracias

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo general.	2
2.2	Objetivos específicos.....	2
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
3.1	METROLOGÍA.	3
3.1.1	División de la metrología.	3
3.1.1.1	Metrología científica.	3
3.1.1.2	Metrología legal.....	3
3.1.1.3	Metrología industrial.....	3
3.2	SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES SI.....	4
3.3	TEMPERATURA	4
3.3.1	Dispositivos para la medición de temperatura	5
3.3.1.1	Termómetro de vidrio.	5
3.3.1.2	Termómetro bimetalico (ver figura 2).	6
3.3.1.3	Termómetros de resistencia.....	6
3.3.1.4	Termómetros de termopar RTD.	7
3.3.1.5	Termistores.	7
3.3.1.6	Termómetros de radiación o pirómetros.	8
3.3.1.7	Termómetros especiales.	10
3.3.2	Métodos de medición para medir temperatura.	10
3.3.2.1	Método de medición directa.	11
3.3.2.2	Método de medición indirecta.	11
3.3.2.3	Método de medición por sustitución.....	11

3.3.2.4	Método de medición por nulo o cero.	11
3.4	CALIBRACIÓN.....	11
3.4.1	Clasificación de los métodos de calibración de acuerdo a la norma ISO/IEC 17025.	12
3.4.1.1	Métodos normalizados.	12
3.4.1.2	Métodos no normalizados.	12
3.5	TRAZABILIDAD METROLÓGICA	12
3.5.1	Utilidad de la trazabilidad.....	13
3.5.1.1	Elementos de la trazabilidad.	14
3.6	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN.....	14
3.6.1	Incertidumbre tipo A.....	15
3.6.2	Incertidumbre tipo B.....	15
4	REQUERIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE UN LABORATORIO DE METROLOGIA EN LA VARIABLE TEMPETATURA	17
4.1	REQUISITOS ADMINISTRATIVOS Y DE CALIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO	17
4.1.1	Organización (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.1).	17
4.1.2	Sistema de gestión (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.2).....	18
4.1.3	Control de los documentos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.3). 18	
4.1.4	Revisión de pedidos de ofertas y contratos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.4).....	18
4.1.5	Compras de servicios y suministros (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.6).....	19
4.1.6	Servicio al cliente y quejas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.7). 19	

4.1.7	Control de trabajos no conformes y acciones correctivas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numerales 4.9 y 4.11).	19
4.1.8	Control de registros y auditorías internas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numerales 4.13 y 4.14).	20
4.2	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO.	21
4.2.1	Personal (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.2).	21
4.2.2	Instalaciones y condiciones ambientales (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.3).....	21
4.2.3	Métodos de calibración y validación de los métodos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.4).....	22
4.2.4	Equipos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.5).	22
4.2.5	Trazabilidad de las mediciones (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.6). 23	
4.2.6	Manipulación de los ítems de ensayo y calibración (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.8).....	24
4.2.7	Informes de resultados (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.10)...	24
5	GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACION Y ENSAYO EN LA VARIABLE TEMPERATURA EN GECELCA S.A. E.S.P. CENTRAL TERMOGUAJIRA (TEG).....	25
5.1	PROPUESTA DE UN ORGANIGRAMA PARA EL LABORATORIO.....	25
5.2	CLASIFICACIÓN DEL LABORATORIO PROPUESTO.....	27
5.3	UBICACIÓN DEL LABORATORIO PROPUESTO.	27
5.3.1	Área de recepción de instrumentos de medición.	28
5.3.2	Área para almacenamiento de los instrumentos de medición calibrados. 28	
5.3.3	Área de medición o calibración.....	28

5.3.4	Área para oficinas y archivo.	28
5.4	ALCANCE DE MEDICIÓN REQUERIDO EN GECELCA S.A. E.S.P., Central Termoguajira (TEG)	28
5.4.1	Dispositivos de temperatura en planta.....	29
5.4.2	Consideraciones para determinar el alcance de medición del laboratorio. 30	
5.4.3	Equipos de calibración y normativa de calibración para el laboratorio. 30	
5.4.4	Método de calibración utilizado.....	31
5.4.5	Equipos patrones.....	32
5.4.6	Recepción del equipo.	32
5.4.7	Protocolo de calibración.	32
5.4.8	Verificación metrológica.....	33
6	CONCLUSIONES.....	35
7	BIBLIOGRAFÍA.....	37
	ANEXO 1.....	39
	PROCESO DE CALIBRACIÓN	39
	ANEXO 2.....	41
	HOJAS DE DATOS BLOQUES SECOS	41
	A.2.1 Ficha técnica pozos de metrología referencia 9142 / 9143 / 9144 Fluke Calibración 41	
	A.2.2 POTTS: Medusa 510 & Medusa 511. Rango: 30°C a 700°C	42
	ANEXO 3.....	44
	HOJA DE DATOS PATRONES ADQUIRIDOS PREVIAMENTE POR LA EMPRESA GECELCA S.A. CENTRAL TERMOGUAJIRA T.E.G.....	44
	A.3.1 Termómetro Fluke 50 Serie II	44

A.3.2 Calibrador de horno seco de campo Fluke 9141	45
A.3.3 Calibrador de procesos multifunción Fluke 725	46
ANEXO 4.....	49
PATRONES SUGERIDOS DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE MEDICION REQUERIDO PARA EL LABORATORIO.....	49
A.4.1 Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529.....	49
A.4.2 Calibrador de temperatura / presión Fluke 525B	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Termómetro de vidrio	5
Figura 2. Termómetro bimetalico. Fuente: (SOLE, 2010).....	6
Figura 3. Elementos de sondas de resistencia de platino (bobina y sustrato de película metálica). Fuente: SOLE, 2010	7
Figura 4. Sensores RTD´s tipo sonda de medida.....	7
Figura 5. Configuraciones de los termistores.	8
Figura 6. Espectro electromagnético.....	9
Figura 7. Principio de funcionamiento termómetro de radiación.....	9
Figura 8. Termómetros de radiación.	10
Figura 9. Incertidumbre de medición.....	15
Figura 10. Organigrama laboratorio metrología.....	25
Figura 11. Organigrama GECELCA S.A. E.S.P. Fuente: http://www.gecelca.com.co	26
Figura 12 bloque seco fluke	41
Figura 13 bloque seco ISOTECH.....	42
Figura 14 termómetro fluke 50 serie II.....	44
Figura 15 calibrador de horno seco.....	45
Figura 16 calibrador de procesos fluke 725	46
Figura 17 Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529.....	49
Figura 18 Calibrador presión/temperatura fluke 525B.....	50

TABLAS

Tabla 1 Unidades básicas del sistema internacional de unidades. Fuente: (Al-Azzawi, 2006).....	4
Tabla 2. Normas y guías de calibración para el laboratorio	31
Tabla 3 especificaciones bloque seco.....	42
Tabla 4 Celdas de punto Fijo Disponibles	43
Tabla 5 especificaciones bloque seco	43
Tabla 6 Especificaciones termómetro fluke 50 serie II	44
Tabla 7 Especificaciones calibrador bloque seco.....	46
Tabla 8 exactitud en la medición y generación fluke 725	47
Tabla 9 Especificaciones RTDs y Termopares fluke 725	48
Tabla 10 Especificaciones Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529	50
Tabla 11 Especificaciones Calibrador presión/temperatura fluke 525B	52

GLOSARIO

Instrumento de medida: dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios.

Medición: proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.

Mensurando: magnitud que se desea medir.

Corrección: compensación de un efecto sistemático estimado.

Procedimiento de medida: descripción detallada de una medición conforme a uno o más principios de medida y a un método de medida dado, basado en un modelo de medida y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medida.

Elemento de un proceso de medición: cualquier factor individual que puede afectar el resultado de la medición, por ejemplo, el instrumento, el operador y el procedimiento.

Elemento de un sistema de control metrológico: procedimiento particular o requisito exigido, usados para alcanzar uno de los objetivos de un servicio de metrología legal. Así, la evaluación de patrones puede ser un elemento de un sistema de control de metrológico; la verificación periódica puede ser otro elemento, etc.

Sistema de medición: conjunto de uno o más instrumentos de medida y, frecuentemente, otros dispositivos, incluyendo reactivos e insumos varios, ensamblados y adaptados para proporcionar información utilizada para obtener valores medidos dentro de intervalos especificados, para magnitudes de naturalezas dadas.

Patrón de trabajo: Patrón utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medida.

NOTA 1 - Un patrón de trabajo se calibra habitualmente con relación a un patrón de referencia.

NOTA 2 - Un patrón de trabajo utilizado en verificación se designa también como “patrón de verificación (comprobación)” o “patrón de control.”

Patrón de medida: realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia.

Patrón internacional de medida: patrón de medida reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional con la intención de ser utilizado mundialmente.

Patrón nacional de medida: patrón reconocido por la autoridad nacional para servir, en un estado o economía, como base para la asignación de valores a otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza.

Patrón primario de medida: patrón establecido mediante un procedimiento de medida primario o creado como un objeto elegido por convenio.

Patrón de medida de referencia: patrón designado para la calibración de patrones de magnitudes de la misma naturaleza, en una organización o lugar dado.

Patrón de medida de trabajo: patrón utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medida.

Conservación de un patrón de medida: conjunto de operaciones necesarias para preservar las propiedades metrológicas de un patrón dentro de unos límites determinados.

Calibrador: patrón utilizado para algunas calibraciones.

Trazabilidad de la medición: 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 una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

Verificación: aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados.

Resolución: mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Sensor: elemento de un sistema de medida directamente afectado por la acción del fenómeno, cuerpo o sustancia portador de la magnitud a medir.

GECELCA S.A. E.S.P.: Generadora y comercializadora de energía eléctrica del Caribe. Sociedad anónima. Empresa prestadora de servicios.

TEG: Central Térmica de la Guajira Termoguajira, de propiedad de GECELCA S.A. E.S.P.

VIM: Vocabulario Internacional de Metrología.

NTC: Norma Técnica Colombiana, emanada por el ICONTEC.

INM: Instituto Nacional de Metrología.

ISO: Organización de Estándares Internacionales.

GTC: Guía Técnica Colombiana, emanada por el ICONTEC.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

EURAMET: Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACION Y ENSAYOS DE TEMPERATURA QUE SOPORTE EL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO DE LA EMPRESA GECELCA S.A. E.S.P., CENTRAL TERMOGUAJIRA (TEG)

AUTORES: KENNY BANEXA GUERRA FUENMAYOR
JUAN GABRIEL ARAQUE MORA

FACULTAD: ESP. en control e instrumentación industrial

DIRECTOR: GERARDO PORRAS RUEDA

RESUMEN

La metrología industrial es una rama de la metrología que permite a las empresas +mantener la trazabilidad y confiabilidad de sus sistemas de medición. Una adecuada gestión metrológica en las empresas es fundamental para proteger la calidad de vida de los operarios, el medio ambiente y garantizar la calidad de los productos que serán ofrecidos a los clientes y al público consumidor.

En el caso específico de las compañías termoeléctricas en Colombia, actualmente están enfocando sus esfuerzos en mejorar los estándares de calidad a través de la adecuada gestión de sus procesos y dispositivos de medición en todo el ciclo de generación de la energía eléctrica para dar cumplimiento a la normativa y las exigencias de mercado. Bajo las consideraciones anteriores es importante que en las empresas se cuente con instrumentos de medición adecuados, se respeten las recomendaciones y condiciones de operación dadas por los fabricantes de los dispositivos y se realice la calibración de los dispositivos con laboratorios debidamente acreditados para garantizar el cálculo adecuado de los errores máximos permisibles.

En el presente documento se plantea una metodología general para la implementación del laboratorio de metrología de la magnitud temperatura con el objetivo de mejorar la infraestructura metrológica de la central termoeléctrica Termoguajira T.E.G. y de esta forma responder más eficiente a las labores de calibración, verificación y ajustes de sus dispositivos.

PALABRAS CLAVE: Metrología, Calibración, Verificación, Trazabilidad.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO.

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TITLE: IMPLEMENTATION GUIDE OF THE MEASUREMENT AND CALIBRATION LABORATORY THAT SUPPORT OF THE METROLOGICAL ASSURANCE IN THE GECELCA S.A. E.S.P., CENTRAL TERMOGUAJIRA (TEG)

AUTHORS: KENNY BANEXA GUERRA FUENMAYOR
JUAN GABRIEL ARAQUE MORA

DEPARTMENT: ESP. en control e instrumentación industrial

DIRECTOR: GERARDO PORRAS RUEDA

ABSTRACT

Industrial metrology concerns the application of measurement science into manufacturing companies in order to ensure the reliability and traceability of measurements. A proper measurements system management helps to the protection of workers welfare, public safety, the environment and to ensure the quality of the products offered to the consumers.

Nowadays the Colombian Thermoelectric Generation companies are striving to improve their quality standards through proper management of the measurement procedures and measurement instruments during the whole electrical generation cycle, in order to enforce and comply with current standards and trade requirements. Given the above considerations, these companies must make use of adequate measurement instruments, follow manufacturer's recommendation and perform the calibration of instruments with recognized calibration laboratories, to ensure that measurement errors lie within permissible maximums.

This document presents a general methodology that serves as guidance for the implementation of a metrology laboratory for the temperature magnitude, with the objective of improving the metrological infrastructure on the Termoguajira thermoelectric T.E.G. which in turn will lead to more efficient calibration, verification and adjustment of their equipment.

KEYWORDS: Metrology, Calibration, Verification, Traceability.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1 INTRODUCCIÓN

La metrología como ciencia de las mediciones, es considerada una de las ciencias más antiguas del mundo y a través del tiempo ha venido desempeñando un papel importante en las actividades y procesos donde el ser humano requiere de patrones y técnicas de medida que garanticen una normalización y trazabilidad en la medición que soporte las transacciones comerciales. En general la metrología contempla el estudio y aplicación de todos los medios propios para la medida de magnitudes, tales como longitud, ángulo, masa, tiempo, velocidad, potencia, intensidad de corriente, temperatura, presión y cualquier variable que exista en nuestro medio (Jaime Restrepo Diaz, 2010).

A nivel industrial las necesidades de medición están soportadas por la calidad de los productos, procesos de manufactura y requerimientos de los clientes, razón por la que juega un papel importante en el marco de los sistemas de gestión de calidad a cualquier nivel, participando de los procesos de evaluación de conformidad, cuyo objetivo se orienta a la protección de los ciudadanos, el medio ambiente al igual que en la evaluación del desempeño de los procesos y calidad de los productos por mencionar solo alguna parte de sus implicaciones (Montoya, Faciolince, 2003).

En la actividad de generación eléctrica, las centrales térmicas que buscan estar certificadas, necesitan que todos sus procesos sean sometidos a ensayos y mediciones que determinen si para la realización de sus actividades, se cumple con las normas y estándares de calidad y seguridad exigidos. Para cumplir con estos requerimientos a este nivel, se necesita de la evaluación y medición de las diferentes magnitudes, con patrones de medida calibrados en laboratorios de metrología acreditados. Un laboratorio de calibración y ensayo permite que con los resultados emitidos se pueda comprobar que los productos industriales e instrumentos de medición utilizados en planta, cumplen con las normas o especificaciones técnicas que le sean de aplicación. Por otra parte el laboratorio, también facilita la trazabilidad y uniformidad de los resultados de medida.

Una de las variables de mayor influencia en el proceso de generación de energía eléctrica en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), es la magnitud de temperatura. De ahí la necesidad de contar con una infraestructura metrológica en la planta, que permita verificar esta magnitud de una forma adecuada en todas la etapas del proceso de generación. Bajo estas consideraciones, en el presente documento se propone una guía conceptual para la implementación de un laboratorio de metrología que preste servicios de calibración de la magnitud de temperatura en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

Elaborar el documento con bases conceptuales que permitan ser guía en la implementación del laboratorio de calibración y ensayo de equipos que midan temperatura en GECELCA S.A. E.S.P., empresa generadora y comercializadora de energía eléctrica del caribe colombiano.

2.2 Objetivos específicos.

Determinar normas y estándares utilizados como metodología de medición en pruebas de calibración y ensayos de equipos de medición de temperatura para el alcance requerido en la empresa GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG).

Identificar el alcance de medición que requiere un laboratorio que cubra los requerimientos metrológicos de mediciones de temperatura de la empresa GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG).

Proponer una metodología general para la implementación de un laboratorio de mediciones de temperatura en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), que sea guía para analizar la posibilidad de montar este servicio al interior de dicha empresa y sea soporte de su respectivo aseguramiento metrológico.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 METROLOGÍA.

La metrología es definida por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas como la ciencia de las medidas. Sus raíces, metro - medida y logos - tratado. La metrología incluye los aspectos prácticos y teóricos necesarios para realizar una medición. Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes empleando para ello instrumentos, métodos y medios apropiados, con la exactitud requerida en cada caso, garantizando la medición a través de su normalización mediante la trazabilidad. Los principales campos que abarca la metrología son las unidades de medida y sus patrones, las mediciones y los instrumentos de medición. (Aldana, Edgar Alberto Contreras, 2010).

3.1.1 División de la metrología.

La metrología puede clasificarse como:

3.1.1.1 Metrología científica.

En este campo se investiga intensamente para mejorar los patrones, las técnicas y métodos de medición, los instrumentos y la exactitud de las medidas. Se ocupa, entre otras, de actividades como (Metas & Metrólogos, 2006):

- Mantenimiento de patrones.
- Búsqueda de nuevas formas que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición.
- Mejoramiento de la exactitud de las mediciones necesarias para los desarrollos científicos y tecnológicos.

3.1.1.2 Metrología legal.

Su objetivo es proteger a los consumidores para que reciban los bienes y servicios con las características que ofrecen o anuncian los diferentes fabricantes. Debe ser ejercida por los gobiernos y entre sus campos de acción están la verificación de pesas y balanzas, de cintas métricas, de surtidores de combustible, de productos pre – empacados, de escapes de gas de automóviles, taxímetros, cilindros de gas, equipos de medición de energía eléctrica, de caudal de agua para uso domiciliario, de flujo de gas natural, etc (Metas & Metrólogos, 2006).

3.1.1.3 Metrología industrial.

Este campo tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de las mediciones que se realizan día a día en la industria. Se aplica entre otras actividades en la calibración de los equipos de medición y prueba de una

empresa, la etapa de diseño de un producto o servicio, la inspección de materias primas, proceso y producto terminado, durante el servicio técnico al producto, el mantenimiento realizado o la prestación de un servicio (Metas & Metrólogos, 2006).

3.2 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES SI.

Es un sistema de unidades basado en el Sistema Internacional de Magnitudes, con nombres y símbolos de las unidades, y con una serie de prefijos con sus nombres y símbolos, así como reglas para su utilización, adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) (VIM, 2012).

NOTA 1 El SI está basado en las siete magnitudes básicas del ISQ. Los nombres y símbolos de las unidades básicas se presentan en la **tabla 1** (VIM, 2012):

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	cd
Cantidad de sustancia	Mole	mole

Tabla 1 Unidades básicas del sistema internacional de unidades. Fuente: (Al-Azzawi, 2006)

Las unidades básicas del SI, se pueden multiplicar o dividir para obtener unidades derivadas. Dichas unidades básicas están conformadas a través de definiciones reproducibles y la medida materializada en el caso de la unidad de masa cuyo patrón es el prototipo internacional del kilogramo. Las demás unidades básicas son las de longitud (metro), tiempo (segundo), intensidad de corriente eléctrica (ampere), temperatura termodinámica (kelvin), cantidad de sustancia (mole) e intensidad luminosa (candela).

3.3 TEMPERATURA

Se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido transnacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más caliente; es decir, que su temperatura es mayor (Antonio & Cifuentes, 2009).

Como elemento que permite cuantificar esta magnitud, se encuentra el termómetro, el cuales puede medir de manera comercial de acuerdo con una

multitud de escalas creadas para definir históricamente las unidades de medición de la temperatura. En el SI, el único sistema oficial en el mundo, la unidad de temperatura es el kelvin, sin embargo, fuera del ámbito científico, se encuentran en el comercio otras escalas de temperatura como el uso de la escala de celsius (antes llamada centígrada) y en los países anglosajones, la escala fahrenheit. También existe en el mercado la escala rankine ($^{\circ}\text{R}$) que establece su punto de referencia en el mismo punto de la escala Kelvin. (Metas & Metrólogos, 2003).

3.3.1 Dispositivos para la medición de temperatura

De acuerdo al principio físico con base en el cual se realiza la medición de temperatura, se pueden clasificar los dispositivos en mecánicos, eléctricos, con base en el principio de radiación y visuales (indicadores de color). (Testo, 2013).

El principio de funcionamiento de las diversas clases de los termómetros conocidos se basa en el cambio que sufren con la temperatura las diferentes propiedades de los cuerpos, tales como mecánicas, eléctricas, ópticas etc.

Los principales tipos de termómetros son:

3.3.1.1 Termómetro de vidrio.

Se basa en la dilatación térmica que sufren los líquidos (ver **figura 1**). Es un tubo de vidrio sellado que contiene un líquido, generalmente mercurio y alcohol, cuyo volumen cambia con la temperatura de manera uniforme. Este cambio de volumen se visualiza en un capilar cuyo pequeño diámetro permite apreciar grandes variaciones de la longitud del fluido dilatado para un determinado volumen. El termómetro de mercurio fue inventado por Fahrenheit en el año 1714 (Metas & Metrólogos, 2003).

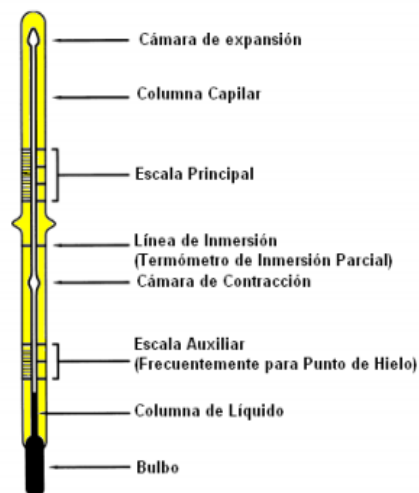


Figura 1. Termómetro de vidrio¹

¹ Termómetros de líquido en vidrio. Consultada el 2013-12-06.

<http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-08-09-termometros-liquido-en-vidrio.pdf>

3.3.1.2 Termómetro bimetalico (ver figura 2).

Se fundamentan en la diferencia de coeficiente de dilatación de dos metales, tales como latón, acero y una aleación de ferroníquel o invar (35,5% de níquel) laminados conjuntamente. Las láminas bimetalicas pueden ser rectas o curvas, formando espirales o hélices (SOLE, 2010). Las variaciones de temperatura causan en el bimetal una deformación que, mediante la rotación de la varilla, se transmite a la aguja indicadora situada en la esfera. El uso de termómetros bimetalicos es admisible para servicio continuo de 0°C a 400°C. Para indicación local se usan, preferiblemente, los termómetros bimetalicos de esfera orientable. De este modo, el operario puede leer la temperatura a distancia desde niveles distintos al de la instalación. La exactitud del instrumento es de $\pm 1\%$ y su campo de medida es de -200 a +500°C (SOLE, 2010).

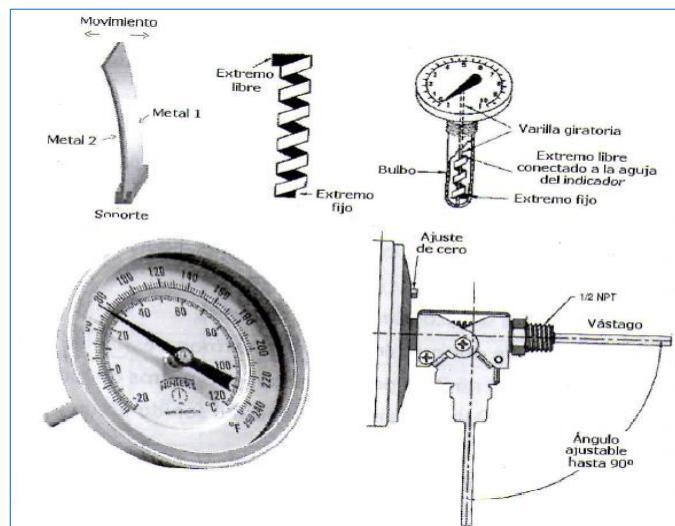


Figura 2. Termómetro bimetalico. Fuente: (SOLE, 2010)

3.3.1.3 Termómetros de resistencia.

Se basan en la variación de resistencia eléctrica de ciertos cuerpos fabricados a propósito. La medición con sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección. Como se observa en la **figura 3**, el elemento está constituido por un arrollamiento de hilo muy fino del conductor bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica (Antonio & Cifuentes, 2009).

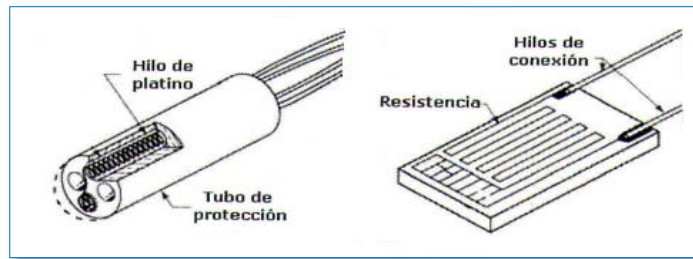


Figura 3. Elementos de sondas de resistencia de platino (bobina y sustrato de película metálica). Fuente: SOLE, 2010

3.3.1.4 Termómetros de termopar RTD.

Son sensores que cambian su resistencia de acuerdo con la variación de temperatura que están censando (ver **figura 4**). Las RTD se clasifican dependiendo del material que están construidas y el valor de resistencia que marque al estar a 0°C Las más utilizadas son: Pt100 (una resistencia de 100 ohmio a 0°C), Pt50, Pt500, Pt1000, Pt2000 (Díaz, 2010).



Figura 4. Sensores RTD´s tipo sonda de medida²

3.3.1.5 Termistores.

Son sensores de alta impedancia o resistencia, que al contacto con la temperatura disminuye su característica eléctrica. Este es proporcional a la temperatura censada (Díaz, 2010). Son semiconductores con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura. Se fabrican con

² Imagen tomada de Internet:

<http://es.wikipedia.org/wiki/RTD>. Consultada el 09 de Diciembre de 2013

óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio y otros metales, y están encapsulados en sondas y en discos. Como se observa en la **figura 5**, tienen un tamaño reducido que hacen que la respuesta a los cambios de temperatura sea rápida (tienen mayor sensibilidad a los cambios de temperatura que otros transconductores). Son autocalentables lo que hace que puedan ser indeseables en algunas aplicaciones, y que otras basen su funcionamiento en ese fenómeno.



Figura 5. Configuraciones de los termistores.³

3.3.1.6 Termómetros de radiación o pirómetros.

Se basa en el principio que todos los cuerpos que tengan una temperatura por encima del cero absoluto ($^{\circ}\text{K}$), irradian energía. El calor en dicho cuerpo produce vibración molecular, debido al movimiento de los electrones, los cuales generan acoplamiento magnético para producir la emisión. La energía radiante por el cuerpo caliente es emitida en forma de ondas electromagnéticas (fotones) que viajan a la velocidad de la luz. Como se observa en la **figura 6**, los termómetros de radiación miden la energía radiada por un objeto en el rango de la porción visible de la luz (0.35 a 0.75 μm) y parte en la porción infrarroja (0.75 a 20 μm) del espectro electromagnético (JAIME, 2010). Como se observa en la **figura 7**, un termómetro de radiación en términos sencillos, está conformado por un sistema óptico enfoca la energía emitida por el objeto hacia el detector, el cual es sensible a la radiación. La salida del detector es proporcional a la cantidad de energía radiada por el objeto medido (menos la cantidad absorbida por el sistema óptico) y la respuesta del detector, a la longitud de onda de la radiación específica. La salida del sensor es amplificada y dependiendo de la aplicación puede servir para indicación local o

³ Imagen tomada de Internet:
<http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>. Consulta el 11 de Diciembre de 2013.

puede ser acondicionada, para enviar de forma remota a otro equipo(JAIME, 2010).

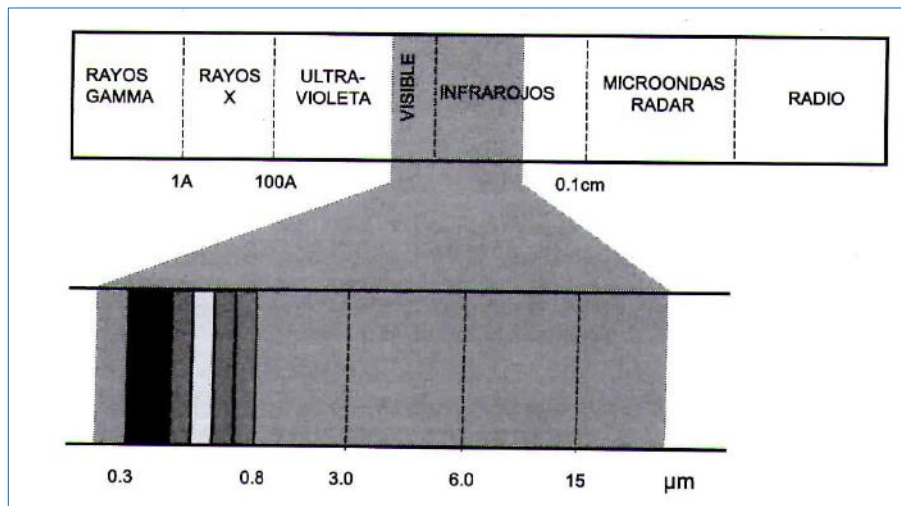


Figura 6. Espectro electromagnético.⁴

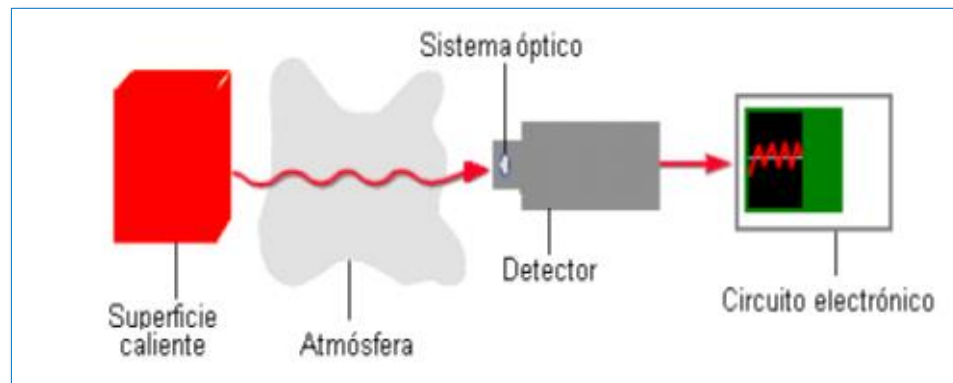


Figura 7. Principio de funcionamiento termómetro de radiación.⁵

⁴ Imagen tomada de: JAIME J. RODRIGUEZ NUÑEZ. *Instrumentación de Procesos*. Primera edición. Barranquilla Atlántico. Editorial Universitaria de la Costa Educosta 2010. Consulta el 11 de Diciembre de 2013.

⁵ Imagen tomada de Internet: Operación pirómetro de radiación [en línea]. <http://www.metas.com.mx/guiamet/la-Guia-MetAs-04-02-Piometriaderadiación.pdf>. Consulta el 11 de Diciembre de 2013.

En la **figura 8**, se observan algunos modelos comerciales de los termómetros de radiación.



Figura 8. Termómetros de radiación.⁶

3.3.1.7 Termómetros especiales.

3.3.1.7.1 Termómetro de globo. Utilizado para medir la temperatura radiante. Consiste en un termómetro de mercurio que tiene el bulbo dentro de una esfera de metal hueca, pintada de negro de humo. La esfera absorbe radiación de los objetos del entorno más calientes que el aire y emite radiación hacia los más fríos, dando como resultado una medición que tiene en cuenta la radiación. Se utiliza para comprobar las condiciones de comodidad de las personas.

2.3.1.7.2 Termómetro de bulbo húmedo. Utilizado para medir el influjo de la humedad en la sensación térmica. Junto con un termómetro ordinario forma un psicrómetro, que sirve para medir humedad relativa, tensión de vapor y punto de rocío. Se llama de bulbo húmedo porque de su bulbo o depósito, parte una muselina de algodón que lo comunica con un depósito de agua. Este depósito se coloca al lado y más bajo que el bulbo, de forma que por capilaridad está continuamente mojado.

3.3.2 Métodos de medición para medir temperatura.

Existen diferentes métodos de medición. Para la selección de los mismos, se debe

⁶ Imagen tomada de internet:

https://www.google.com.co/search?q=imagen+pirometros&espv=210&es_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source. Consulta el 11 de Diciembre de 2013.

considerar como mínimo, factores tales como la exactitud requerida, costo, tiempo, conveniencia y la disponibilidad de equipos, entre otros.

En el Vocabulario Internacional de Metrología VIM, se encuentran definidos algunos métodos, los cuales se describen a continuación.

3.3.2.1 Método de medición directa.

Se obtiene un valor en unidades del mensurando, mediante un instrumento, cadena o sistema de medición, digital o analógico, en forma de indicador, registrador, totalizador o integrador. El sensor del instrumento es colocado directamente en contacto con el fenómeno que se mide(VIM, 2012).

3.3.2.2 Método de medición indirecta.

Se obtiene el valor del mensurando mediante transformación, conversión o cálculo de indicaciones, señales de medición, magnitudes de influencia o mediciones de las variables de entrada independientes(VIM, 2012).

3.3.2.3 Método de medición por sustitución.

Este método utiliza un equipo auxiliar llamado comparador o de transferencia con el que se mide inicialmente al mensurando y luego un valor de referencia. Este método también es conocido como método de medición por transferencia. La medición es la diferencia entre un valor conocido (referencia) y un valor desconocido. Este método es más exacto y proporciona mejor resolución que el obtenido en la medición directa(VIM, 2012).

3.3.2.4 Método de medición por nulo o cero.

Utiliza un detector de nulos o equilibrio (comparador), el cual permite comprobar la igualdad (diferencia cero) entre el mensurando y un valor de referencia (patrón) (VIM, 2012).

3.4 CALIBRACIÓN.

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación (VIM, 2012).

NOTA 1 Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente(VIM, 2012).

NOTA 2 Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una verificación de la calibración(**VIM, 2012**).

NOTA 3 Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración(**VIM, 2012**).

3.4.1 Clasificación de los métodos de calibración de acuerdo a la norma ISO/IEC 17025.

De acuerdo a la norma ISO/IEC 17025:2005, los certificados de calibración deben incluir como parte de la información mínima, la identificación del método utilizado en términos de su origen como normalizados o no normalizados.

3.4.1.1 Métodos normalizados.

Normalmente los podremos encontrar documentados en normas internacionales, regionales o nacionales, organizaciones técnicas reconocidas, revistas, textos o guías científicas relevantes.

3.4.1.2 Métodos no normalizados.

Es el caso, cuando es necesario utilizar métodos no cubiertos por los métodos normalizados, los cuales son sujetos a acuerdo con el usuario.

3.5 TRAZABILIDAD METROLÓGICA

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 una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida(**VIM, 2012**).

NOTA 1 En esta definición, la referencia puede ser la definición de una unidad de medida, mediante una realización práctica, un procedimiento de medida que incluya la unidad de medida cuando se trate de una magnitud no ordinal, o un patrón.

NOTA 2 La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida.

NOTA 3 La especificación de la referencia debe incluir la fecha en la cual se utilizó dicha referencia, junto con cualquier otra información metrológica relevante sobre la referencia, tal como la fecha en que se haya realizado la primera calibración en la jerarquía.

NOTA 4 Para mediciones con más de una magnitud de entrada en el modelo de medición, cada valor de entrada debiera ser metrológicamente trazable y la jerarquía de calibración puede tener forma de estructura ramificada o de red. El esfuerzo realizado para establecer la trazabilidad metrológica de cada valor de entrada debería ser en proporción a su contribución relativa al resultado de la medición.

NOTA 5 La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos.

NOTA 6 La comparación entre dos patrones de medida puede considerarse como una calibración si ésta se utiliza para comprobar, y si procede, corregir el valor y la incertidumbre atribuidos a uno de los patrones.

NOTA 7 La ILAC considera que los elementos necesarios para confirmar la trazabilidad metrológica son: una cadena de trazabilidad metrológica ininterrumpida a un patrón internacional o a un patrón nacional, una incertidumbre de medida documentada, un procedimiento de medida documentado, una competencia técnica reconocida, la trazabilidad metrológica al SI y los intervalos entre calibraciones (véase ILAC P-10:2002).

NOTA 8 Algunas veces el término abreviado “trazabilidad” se utiliza en lugar de “trazabilidad metrológica” así como para otros conceptos, como trazabilidad de una muestra, de un documento, de un instrumento, de un material, etc., cuando interviene el historial (“traza”) del elemento en cuestión. Por tanto, es preferible utilizar el término completo “trazabilidad metrológica” para evitar confusión.

3.5.1 Utilidad de la trazabilidad.

La trazabilidad de una medición está relacionada con la disseminación de la unidad correspondiente a esa medición. La expresión del valor de una magnitud incluye la referencia a una unidad de medida, la cual ha sido elegida por acuerdo y por tanto, las medidas de la misma magnitud deben estar referidas a la misma unidad.

La definición de cada una de las unidades del SI, puede llevarse a la práctica mediante el uso de algún instrumento, artefacto o sistema de medición, lo cual de hecho, es la realización física de la unidad de medida. Un patrón nacional de medida se establece mediante la realización física de una unidad de medición, con la característica de que mantiene, tanto la menor incertidumbre de medición en una nación, cuanto la comparabilidad con patrones nacionales de otros países. El patrón nacional constituye el primer eslabón de la cadena de trazabilidad en una nación. Estas realizaciones están usualmente bajo la responsabilidad de los institutos nacionales de metrología, quienes disseminan las unidades de medición

al siguiente eslabón en la cadena de trazabilidad. Las calibraciones de instrumentos o patrones de medición constituyen los eslabones de la cadena de trazabilidad(GTC60, 2008).

Las magnitudes derivadas tienen trazabilidad originada en más de una referencia determinada, en cuyo caso aparecen varias cadenas de trazabilidad que parten de las unidades base que componen la unidad derivada y se encuentran en un punto de concurrencia que eventualmente conecta a las medidas bajo examen. Nuevamente, las cadenas pueden estar constituidas por calibraciones o por la aplicación apropiada de los métodos correspondientes.

3.5.1.1 Elementos de la trazabilidad.

Los criterios relativos a la trazabilidad de las medidas deben atender los siguientes elementos:

- El resultado de medición cuya trazabilidad se desea mostrar.
- Las referencias determinadas, preferentemente patrones nacionales mantenidos por un instituto nacional de metrología.
- Cadena de comparaciones, es decir conjunto de calibraciones o, que conecta el resultado de la medición con las referencias determinadas de laboratorios acreditados, indicando las fechas de las calibraciones.
- El valor de la incertidumbre de las mediciones, en cada eslabón preferentemente.
- La referencia al organismo responsable de la calibración en cada eslabón.

3.6 INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza(VIM, 2012).

NOTA 1. La incertidumbre de medida incluye componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociadas a correcciones y a valores asignados a patrones, así como la incertidumbre debida a la definición. Algunas veces no se corrigen los efectos sistemáticos estimados y en su lugar se tratan como componentes de incertidumbre(VIM, 2012).

NOTA 2. El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación típica, en cuyo caso se denomina incertidumbre típica de medida (o un múltiplo de ella), o la semiapertura de un intervalo con una probabilidad de cobertura determinada (VIM, 2012).

NOTA 3. En general, la incertidumbre de medida incluye numerosas componentes. Algunas pueden calcularse mediante una evaluación tipo A de la incertidumbre de

medida, a partir de la distribución estadística de los valores que proceden de las series de mediciones y pueden caracterizarse por desviaciones típicas. Las otras componentes, que pueden calcularse mediante una evaluación tipo B de la incertidumbre de medida, pueden caracterizarse también por desviaciones típicas, evaluadas a partir de funciones de densidad de probabilidad basadas en la experiencia u otra información (VIM, 2012).

NOTA 4. En general, para una información dada, se sobrentiende que la incertidumbre de medida está asociada a un valor determinado atribuido al mensurando. Por tanto, una modificación de este valor supone una modificación de la incertidumbre asociada. (VIM 2012)

La mayoría de los organismos de metrología, incluyendo a los laboratorios nacionales de cada país, han adoptado el método recomendado por el BIPM, el cual se explica en la Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), basado en el teorema del límite central (ver **figura 9**). En Colombia, dicha guía ha sido adaptada a través de la guía técnica GTC-51:2005.

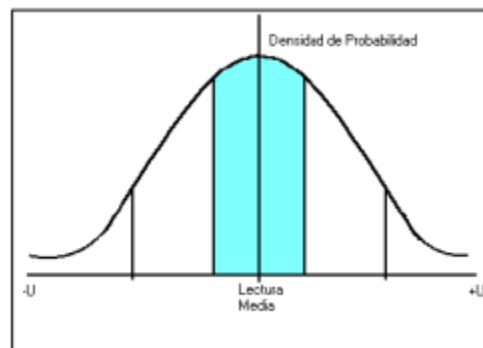


Figura 9. Incertidumbre de medición.⁷

Para facilitar su forma de estimación, según su naturaleza, se ha dividido su proceso matemático en dos tipos de incertidumbre: tipo A y tipo B.

3.6.1 Incertidumbre tipo A.

Evaluación de una componente de la incertidumbre de medida mediante un análisis estadístico de los valores medidos obtenidos bajo condiciones de medida definidas. (VIM 2012)

3.6.2 Incertidumbre tipo B.

Evaluación de una componente de la incertidumbre de medida de manera distinta a una evaluación tipo A de la incertidumbre de medida (VIM 2012).

⁷ Curso de Metrología en temperatura y humedad: Instituto Nacional de Metrología. Bogotá D. C.: Nov. 2013.

Ejemplos de esta pueden ser las evaluaciones basadas en informaciones, asociadas a valores publicados y reconocidos, al valor de un material de referencia certificado, obtenidas a partir de un certificado de calibración, relativas a la deriva instrumental, de la clase de exactitud de un instrumento de medida verificado, de los límites procedentes de la experiencia personal por mencionar algunas posibilidades.

4 REQUERIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE UN LABORATORIO DE METROLOGIA EN LA VARIABLE TEMPETATURA

En este capítulo se realiza una descripción de los requerimientos necesarios para la implementación de un laboratorio de calibración y ensayo en la variable temperatura para prestar servicios a la central térmica Termoguajira (TEG) de propiedad de GECELCA S.A. E.S.P., de acuerdo a las necesidades de calibración de esta empresa y conforme a la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005. Esto con el objetivo de que un laboratorio de ensayo y calibración para esta variable, pueda funcionar coordinado al actual sistema de gestión de calidad aplicado por la empresa el cual está implementado acorde con la norma ISO 9001:2008.

Por otra parte, la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005, es una norma internacional aplicable a todas las organizaciones que deseen demostrar idoneidad para realizar ensayos y calibraciones. Dentro de su alcance, además de sus actividades de calidad también se contempla recomendaciones para el laboratorio en sus actividades administrativas y técnicas (ICONTEC NTC-ISO/IEC 17025:2005).

4.1 REQUISITOS ADMINISTRATIVOS Y DE CALIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO

De acuerdo con la NTC-ISO/IEC 17025:2005, en su capítulo 4 (Requisitos relativos a la gestión), es necesario considerar aspectos como la organización, el controlar documentos, administrar la cadena de suministros, controlar y asegurar las mediciones, realizar auditorías internas y demás requisitos que permiten soportar la estructura metrológica con un adecuado sistema de gestión que asegure el compromiso de la dirección de acuerdo a las necesidades y la estructura actual en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG).

4.1.1 Organización (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.1).

El laboratorio debe ser parte de una organización con responsabilidad legal. Para demostrar idoneidad técnica, es responsabilidad del laboratorio dar cumplimiento a los requisitos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 para satisfacer las necesidades de calibración de la empresa.

Como el laboratorio hace parte de una empresa que realiza otras actividades distintas de las de ensayo y calibración, se deben definir y delimitar claramente las responsabilidades del personal de la organización que va a participar o influir en estas actividades para identificar y evitar posibles conflictos de interés que afecten la calidad de los trabajos realizados.

El laboratorio debe contar con una planta de personal con autonomía técnica, directiva y presupuestal que le permita desempeñar todas sus tareas de forma

idónea. Este personal debe tener claramente definido sus responsabilidades, autoridad e interrelación con los demás empleados tanto del laboratorio como de la empresa en general.

Se deben aplicar en el laboratorio, las políticas y procedimientos empleados por la empresa para asegurar la protección de la información confidencial generada en el mismo.

4.1.2 Sistema de gestión (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.2).

El laboratorio debe documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimiento e instrucciones, de tal manera que se pueda asegurar la calidad de los resultados y calibraciones garantizando además que esta documentación sea recibida y comprendida por el personal que lo requiera.

El laboratorio debe contar con un manual de calidad donde se dé prioridad a las buenas prácticas profesionales, se especifiquen los servicios ofrecidos y el propósito del sistema de gestión calidad. En este manual también se debe especificar las funciones y responsabilidades de la dirección técnica y del responsable de la calidad, el cual debe tener constante y directa comunicación con la alta dirección.

4.1.3 Control de los documentos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.3).

En el laboratorio se deben establecer los procedimientos para garantizar el control de todos los documentos que forma parte de su sistema de gestión.

Todos los documentos distribuidos internamente deben ser revisados y aprobados por el personal autorizado antes de su emisión. Se debe establecer una lista o procedimiento de control de documentación. Los mismos, deben ser identificados y contener como mínimo la fecha de emisión, de revisión, numeración de las páginas, especificar el número total de páginas y las personas autorizadas a emitirlo.

Para los cambios realizados en la documentación del laboratorio se debe establecer procedimientos para describir cómo se realizan y controlan incluyendo qué personas están autorizadas para realizar dichas modificaciones.

4.1.4 Revisión de pedidos de ofertas y contratos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.4).

El laboratorio debe establecer procedimientos para la revisión de los pedidos que se generen en la compañía, asegurando que los requisitos y métodos a utilizar están adecuadamente definidos y entendidos. Dentro de estos, se debe garantizar que se tiene la capacidad en cuanto a recursos para dar cumplimiento con las

órdenes de calibración.

La revisión también debe garantizar que la selección y definición del método de ensayo y calibración es idóneo.

4.1.5 Compras de servicios y suministros (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.6).

El laboratorio debe tener una política y procedimientos para la selección y compra de los servicios y suministros, necesarios para el buen funcionamiento del mismo. Debe asegurar que los suministros y materiales consumibles comprados que afectan la calidad de los ensayos y/o calibraciones, no sean utilizados hasta que no sean debidamente inspeccionados.

Como organización, el laboratorio debe evaluar a los proveedores de los productos consumibles, suministros y servicios críticos y debe mantener los registros de dichas evaluaciones para establecer una lista de aquellos que hayan sido aprobados.

4.1.6 Servicio al cliente y quejas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 4.7).

Para el caso de GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), el laboratorio debe tener la capacidad para realizar un seguimiento al desempeño de las tareas realizadas de manera que se puedan aclarar dudas a otros departamentos de la empresa, como por ejemplo la Gerencia de mantenimiento, regulación y control por mencionar solo algunos posibles clientes internos. Por lo tanto se debe estar en constante comunicación con estos departamentos con el fin de determinar aspectos a mejorar y cumplir así con los requisitos de este numeral.

4.1.7 Control de trabajos no conformes y acciones correctivas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numerales 4.9 y 4.11).

El laboratorio debe tener un procedimiento cuando los ensayos y/o calibraciones o los resultados de dichos trabajos no son conformes con sus propios procedimientos o con los requisitos acordados con los clientes.

Cuando se presenten dos o más veces no conformidades en el servicio, es necesario que la entidad realice acciones correctivas, al igual que debe asignar responsabilidades y autoridad para la gestión de este trabajo.

Se debe establecer un procedimiento para la implementación de acciones correctivas cuando se haya identificado un trabajo no conforme o un desvío en los procedimientos del sistema de gestión o de las operaciones técnicas.

Si en algún procedimiento se identifican oportunidades de mejora o de prevención, es necesario desarrollarlas, implementarlas y controlar los planes de acción con el fin disminuir la probabilidad de ocurrencia de las no conformidades.

Cuando se presenten resultados de un trabajo no conforme o desvíos que pongan en duda el cumplimiento del laboratorio o el cumplimiento de esta norma técnica, es necesario realizar auditorías adicionales.

4.1.8 Control de registros y auditorías internas (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numerales 4.13 y 4.14).

El laboratorio debe mantener procedimientos para el manejo de los registros de calidad y técnicos. Los registros de calidad deben contener las auditorías internas, las revisiones, así como las acciones correctivas y preventivas. Debe contar con procedimientos para proteger los registros almacenados electrónicamente, además debe tener claridad sobre el personal autorizado para tener acceso a la información.

Se deben conservar por un tiempo determinado los registros necesarios para establecer un protocolo de control, los cuales deben incluir el personal responsable del muestreo, de la realización del ensayo o la calibración y de la verificación de los resultados.

Cuando se presenten errores en los registros, estos deben ser tachados, no deben ser eliminados. El dato correcto debe ir al margen. Cualquier modificación que se haga en los registros debe ser firmada por la persona que haga la corrección. Si los mismos son guardados electrónicamente se debe asegurar que no se pierdan o hagan cambios en los registros originales.

El laboratorio debe establecer auditorías internas periódicamente con el fin de evaluar el cumplimiento en cuanto a los requisitos del sistema de gestión y la NTC 17025:2005. La persona encargada para dicha labor es el responsable de la calidad.

Cuando la auditoria arroje resultados que pongan en duda la eficacia de las operaciones, la exactitud o la validez de los resultados de los ensayos o las calibraciones, se deben tomar las medidas correctivas. Posteriormente se deben hacer auditorias de seguimiento con el fin de verificar que se estén aplicando las medidas correctivas.

4.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO.

Avanzando en el contenido de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005, en esta sección del documento se realiza una breve descripción de los requisitos dispuestos en el capítulo 5 de la misma (Requisitos técnicos), donde se tienen en cuenta los factores que intervienen la confiabilidad de los ensayos o calibraciones realizadas por un laboratorio, como se describe puntualmente a continuación.

4.2.1 Personal (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.2).

La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayos y/o calibraciones, evalúan los resultados y firman los informes de ensayos y los certificados de calibración. Estas deben ser personas debidamente capacitadas y además la alta dirección debe garantizar la actualización permanente de su personal.

El laboratorio debe tener procedimientos para supervisar el desempeño del personal técnico y los resultados producidos por el laboratorio.

4.2.2 Instalaciones y condiciones ambientales (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.3).

Las instalaciones del laboratorio, fuentes de energía, iluminación y las condiciones ambientales, deben facilitar la realización correcta de los ensayos y/o de las calibraciones para de esta manera evitar invalidar los resultados o afectar la calidad de las mediciones.

La infraestructura del laboratorio debe tener en cuenta que se facilite un adecuado flujo de personal, materiales, equipos y muestras, todo esto teniendo en cuenta la seguridad.

Se debe prestar especial atención, por ejemplo al polvo, la interferencia electromagnética, la radiación, la humedad, el suministro eléctrico, la temperatura, y a los niveles de ruido y vibración, en función de las actividades técnicas en cuestión. Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones, éstos se deben suspender. Es también importante controlar el acceso de las áreas donde se realizan los ensayos y/o las calibraciones para salvaguardar la confidencialidad de los trabajos, garantizar las condiciones ambientales establecidas, la seguridad del personal y prevenir cualquier acción que pueda modificar los resultados.

Es necesario tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio. Cuando sea necesario, se deben preparar procedimientos especiales con el fin de

garantizar la calidad de las mediciones y prevenir riesgos en seguridad industrial.

4.2.3 Métodos de calibración y validación de los métodos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.4).

El laboratorio debe contar con procedimientos para todos los ensayos y calibraciones que contengan las instrucciones de utilización, funcionamiento, transporte, almacenamiento, preparación y manejo de equipos e instrumentos de medición, así como las técnicas, métodos o procedimientos de calibración o medición.

Se deben tener instrucciones para el uso y funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, para la manipulación y preparación de los ítems a ensayar o a calibrar o ambos, cuando la ausencia de tales instrucciones pudiera comprometer los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones.

Otro de los parámetros que se deben cumplir es el de seleccionar los métodos de ensayo y/o de calibración que satisfagan las necesidades del cliente y que sean apropiados para los ensayos y/o las calibraciones que realiza. Se deben utilizar preferentemente los métodos publicados como normas internacionales, regionales o nacionales. Cuando sea necesario utilizar métodos no normalizados, éstos deben ser acordados con el cliente y deben incluir una especificación clara de los requisitos del cliente y del objetivo del ensayo y/o de la calibración. El método desarrollado debe haber sido validado adecuadamente antes del uso. La organización debe validar los métodos no normalizados, los métodos que diseña o desarrolla, los métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, así como las ampliaciones y modificaciones de los métodos normalizados para confirmar que son aptos para el fin previsto.

Los laboratorios de ensayo deben tener y deben aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. Una estimación razonable se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición y debe hacer uso por ejemplo, de la experiencia adquirida y de los datos de validación anteriores.

Cuando se utilicen computadoras o equipos automatizados para captar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o de las calibraciones, el laboratorio debe asegurarse de que se emplee software adecuado, se tenga procedimientos para la protección de la información y se cuente con un plan de mantenimiento que garantice la integridad de los datos.

4.2.4 Equipos (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.5).

El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos requeridos para la

correcta ejecución de los ensayos y/o de las calibraciones. Entendiéndose como equipos los instrumentos de medición, los patrones de trabajo y los equipos auxiliares.

Los equipos y software utilizado para los ensayos y/o las calibraciones deben permitir lograr la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos y/o las calibraciones concernientes. Antes de poner en servicio un equipo, este debe ser calibrado o verificado con el fin de asegurar que responde a las exigencias especificadas del laboratorio y cumple las especificaciones normalizadas pertinentes.

Se deben tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado de los equipos de medición con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro.

Cuando sea posible, todos los equipos bajo el control del laboratorio que requieran una calibración, deben ser rotulados, codificados o identificados de alguna manera para indicar el estado de calibración, incluida la fecha en la que fueron calibrados por última vez y su fecha de vencimiento o el criterio para la próxima calibración.

4.2.5 Trazabilidad de las mediciones (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.6).

Es indispensable que el laboratorio cuente con un plan de calibración establecido con el fin de asegurar la trazabilidad de las medidas realizadas con relación a los patrones nacionales. El plan de calibración es una secuencia de actividades y cálculos para estimar la incertidumbre con que se hacen las mediciones.

El laboratorio de calibración debe garantizar la trazabilidad de sus propios patrones de medición e instrumentos de medición al SI por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o de comparaciones que los vinculen a los patrones primarios de este sistema de unidades.

Cuando se utilicen servicios de calibración externos, se debe asegurar la trazabilidad de la medición mediante el acceso a laboratorios que puedan demostrar su competencia y su capacidad de medición y trazabilidad. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios deben contener los resultados de medición, incluida la incertidumbre y/o una declaración sobre la conformidad con una especificación metrológica identificada.

Se debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia. Estos patrones deben ser utilizados sólo para la calibración y para ningún otro propósito, a menos que se pueda demostrar que su desempeño como patrones de referencia no será invalidado, estos deben ser calibrados antes y

después de cualquier ajuste.

Otro requisito normativo es de llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia, primarios, de transferencia o de trabajo de acuerdo con procedimientos y programación definidos.

4.2.6 Manipulación de los ítems de ensayo y calibración (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.8).

Es necesario que el laboratorio maneje un sistema de identificación de los ítems de ensayo y de calibración para que no se confundan físicamente ni cuando se registre en bases de datos o documentos para lo cual se debe adicionalmente clasificar en grupos definidos que permitan su identificación clara y específica.

Se debe contar con un registro en el que se mencione el estado y las condiciones de los instrumentos o de los ítems que entran y salen del laboratorio. Cuando un ítem ingresa al laboratorio para calibración, se deben registrar si existen, las anomalías con respecto al método o ensayo que se va a utilizar. Cuando no se tengan claras algunas características del ítem, se debe solicitar instrucciones al cliente y dejar constancia de lo acordado.

La organización debe garantizar que las instalaciones del laboratorio cuenten con condiciones especiales para evitar el deterioro, pérdida o daño de los ítems durante el tiempo de calibración.

4.2.7 Informes de resultados (NTC-ISO/IEC 17025:2005 Numeral 5.10).

Los resultados del laboratorio deben ser informados generalmente en un informe de ensayo o un certificado de calibración y deben incluir toda la información requerida por el cliente, necesaria para la interpretación de los resultados del ensayo o de la calibración incluyendo toda la información requerida por el método utilizado.

En el caso de GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), por tratarse de un laboratorio cuyo cubrimiento sería principalmente un cliente interno, los resultados pueden ser informados en forma simplificada previo acuerdo entre las partes.

Cualquier información de la norma NTC 17025:2005 que no forme parte de un informe al cliente, debe estar fácilmente disponible en el laboratorio que efectuó los ensayos y/o las calibraciones para cuando sea requerida.

5 GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACION Y ENSAYO EN LA VARIABLE TEMPERATURA EN GECELCA S.A. E.S.P. CENTRAL TERMOGUAJIRA (TEG)

En este capítulo se plantea una serie de sugerencias para la implementación de un laboratorio de calibración y ensayos que supla las necesidades actuales de la empresa GECELCA S.A. E.S.P. en su central Termoguajira (TEG), con base en los requerimientos del actual sistema de gestión de calidad establecido bajo la norma ISO 9001:2008 y la adecuación de normas de gestión tales como la NTC 17025:2005 entre otras.

5.1 PROPUESTA DE UN ORGANIGRAMA PARA EL LABORATORIO.

En la **figura 10**, se plantea un organigrama para el montaje de un laboratorio de calibración y ensayo, teniendo en cuenta las recomendación de la NTC-ISO/IEC 17025:2005, numerales 4.1.4 y 4.1.5, donde se resalta la importancia de la independencia que debe mantener el laboratorio con respecto a las demás áreas de la empresa que de alguna forma se relacionan con las actividades de ensayo y calibración, esto con el ánimo de evitar presiones e influencias indebidas sobre la calidad de los trabajos realizados en el laboratorio.



Figura 10. Organigrama laboratorio metrología

Para establecer el nivel jerárquico del laboratorio dentro de la compañía, se plantea que este haga parte de la Dirección de Operaciones Termoguajira (**figura 11** color marrón) consiguiendo de esta forma que sus principales clientes, los cuales son internos, puedan contar con sus servicios sin implicaciones de conflicto de interés lo cual sería fácilmente demostrado en la elaboración de una matriz de conflictos.

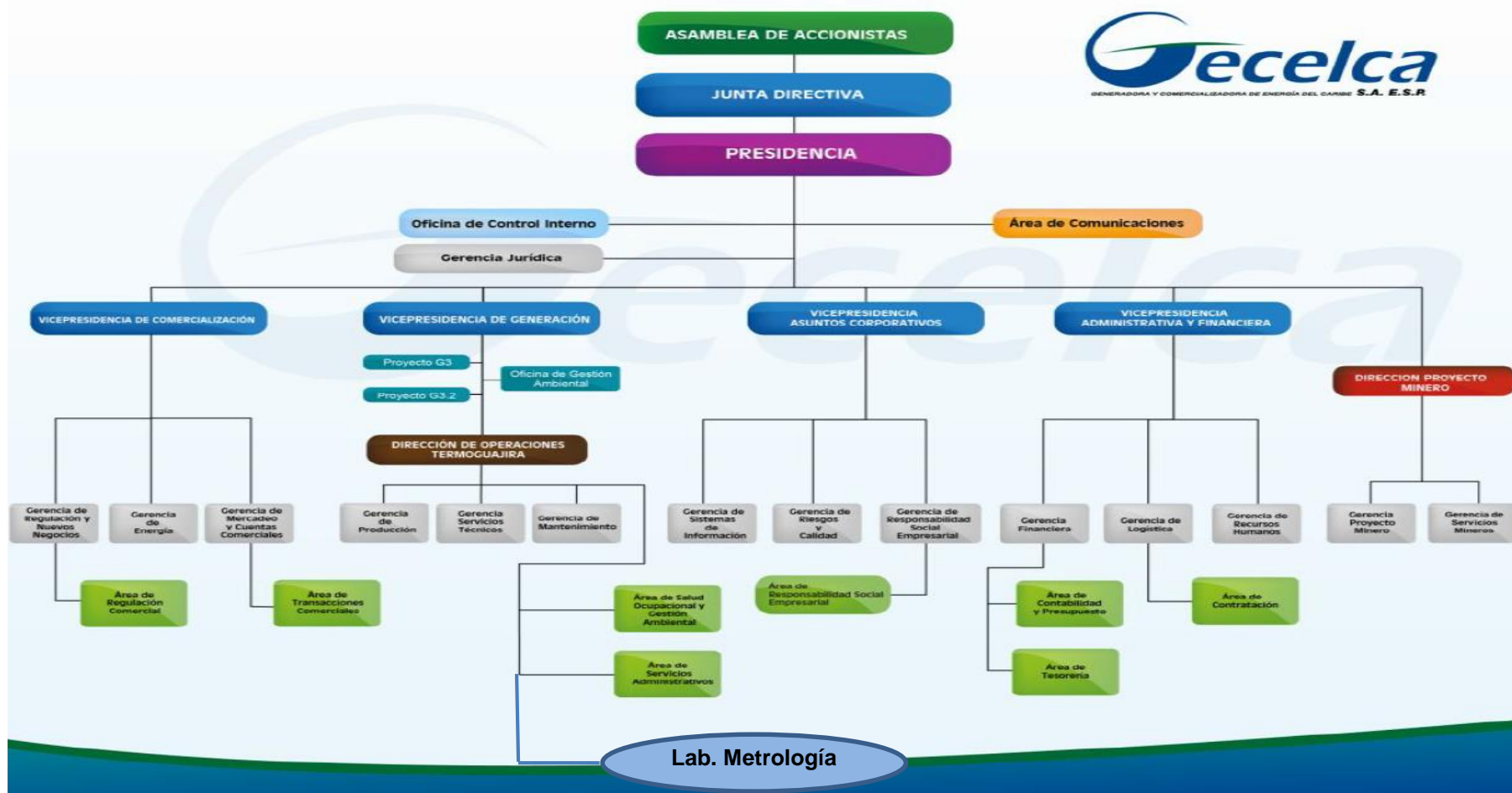


Figura 11. Organigrama GECELCA S.A. E.S.P. Fuente: <http://www.gecelca.com.co>

5.2 CLASIFICACIÓN DEL LABORATORIO PROPUESTO.

Para la clasificación del laboratorio se deben tener en cuenta las funciones que va a desempeñar el laboratorio dentro de la empresa y que pueda suplir las necesidades de medición que la empresa requiere del mismo. De esta manera, algunas de los requisitos del laboratorio a implementar en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG) son:

- El laboratorio debe ser implementado en las instalaciones de la planta buscando una optimización de los desplazamientos técnicos y de equipos.
- La función que desarrollará el laboratorio es la calibración de equipos de temperatura de las unidades uno y dos de GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), prestando además apoyo en actividades programadas por la empresa para la inspección, mantenimiento y reparación de los equipos de temperatura siendo un soporte en la toma de decisiones que requiera la empresa en asuntos metrológicos.

En la literatura se puede encontrar la siguiente clasificación (Metas & Metrólogos, 2005a):

- Nivel 1. Laboratorios nacionales: resguardo de patrones nacionales.
- Nivel 2. Laboratorios de referencia y secundarios: laboratorios públicos, privados y académicos.
- Nivel 3. Laboratorios industriales: laboratorio ubicado en las instalaciones de la empresa que prestan servicios para la realización del control de calidad y aseguramiento metrológico de la empresa.

Con base en las características mencionadas anteriormente el laboratorio puede ser clasificado como un laboratorio de nivel 3.

5.3 UBICACIÓN DEL LABORATORIO PROPUESTO.

Teniendo en cuenta que las instalaciones del laboratorio deben estar diseñadas con espacio, iluminación, temperatura, mesas de trabajo y condiciones para almacenamiento, se deben ubicar unas instalaciones dentro de la planta donde exista el espacio suficiente para distribuir correctamente los muebles y equipos necesarios con el fin de reducir al mínimo los riesgos para los instrumentos patrones, objetos de prueba y el personal. Además esta locación debe ubicarse preferiblemente lejos de fuentes de vibraciones, choques mecánicos o zonas con alta interferencia electromagnética.

En cuanto a la distribución para el laboratorio se plantean, mínimo 4 áreas fundamentales:

5.3.1 Área de recepción de instrumentos de medición.

En esta área se recibirán y entregarán los respectivos equipos que ingresen o abandonen el laboratorio. Se hace necesario por tanto tener los equipos necesarios para registrar este tipo de movimientos. Igualmente se recomienda que esta sección esté ubicada cerca al área de almacenamiento de instrumentos para facilitar la búsqueda o disposición de equipos.

5.3.2 Área para almacenamiento de los instrumentos de medición calibrados.

Esta zona está destinada para almacenar los instrumentos de medición del laboratorio o instrumentos que están en proceso de calibración. Para esta locación se recomienda los muebles y estantes con la rigidez y capacidad necesaria para organizar: los patrones de calibración del laboratorio, los objetos de prueba recibidos o en proceso de calibración y la organización de los equipos que ya estén listos para entrega. Igualmente se recomienda ubicar una mesa de trabajo y un fichero para controlar la entrada y salida de los instrumentos.

5.3.3 Área de medición o calibración.

En esta zona se realizan las mediciones y calibraciones de los dispositivos. Allí se deben garantizar los parámetros ambientales requeridos por los métodos de medición del laboratorio buscando asegurar la calidad de los trabajos realizados. Se debe disponer de un banco para la realización de pruebas con sus respectivos puntos eléctricos.

5.3.4 Área para oficinas y archivo.

En esta zona se deben ubicar las oficinas o puestos de trabajo del director del laboratorio, el metrólogo, personal de apoyo en calidad y la secretaria. En esta sección también debe disponerse de un lugar para almacenamiento de información como normas, procedimientos, políticas, certificados de pruebas y calibración, etc., que cumplan con los parámetros de confidencialidad y manejo de la información indispensable para el cumplimiento de la normatividad implementada en el laboratorio.

5.4 ALCANCE DE MEDICIÓN REQUERIDO EN GECELCA S.A. E.S.P., Central Termoguajira (TEG)

Para definir los criterios de selección de instrumentos de medida y alcance de medición y calibración requerido en un laboratorio para GECELCA S.A. E.S.P. central Termoguajira (TEG), es importante considerar los siguientes criterios:

- ¿Con qué instrumentos se está midiendo la temperatura en la planta?
- ¿En qué valores de operación se deben calibrar los dispositivos de la planta?
- ¿Qué métodos de medición se necesitan para realizar las mediciones y calibraciones de los equipos de la planta?

5.4.1 Dispositivos de temperatura en planta.

Actualmente en GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), la medición de temperatura se ejecuta con aproximadamente 613 instrumentos de medición, tales como controladores de temperatura, indicadores de temperatura, sensores RTD's, indicadores locales de temperatura, interruptores de temperatura, entre otros.

A continuación se presenta un listado con algunos de los dispositivos representativos actualmente utilizados en las dos unidades de generación de GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG). Con esta información, se han delimitado las características del laboratorio propuesto, de manera que se pueda garantizar que los dispositivos de la planta pueden ser debidamente calibrados y queden dentro del plan de aseguramiento metrológico implementado por la empresa.

- Termocupla TE101-1. Temperatura de vapor a la salida de la caldera U1.
- Termocupla TE101-2. Temperatura de vapor a la salida de la caldera U1.
- Termocupla TE170-1. Temperatura de vapor a la salida de la caldera U2.
- Termocupla TE170-2. Temperatura de vapor a la salida de la caldera U2.
- Termocupla TE616A Temperatura de vapor a la entrada de TV válvulas Throtlle turbina U1.
- Termocupla TE616B Temperatura de vapor a la entrada de TV válvulas Throtlle turbina U1.
- Termocupla TE616A Temperatura de vapor a la entrada de TV válvulas Throtlle turbina U2.
- Termocupla TE616B Temperatura de vapor a la entrada de TV válvulas Throtlle turbina U2.
- Controlador TC253 temperatura aceite turbina U1.
- Controlador indicador TIC2130A temperatura agua sello lado acople bomba agua alimentación A u1.
- Termómetro infra view TE507 temperatura gases hogar caldera U1.
- Sensor RTD102 temperatura gases entrada cámara A precipitador electrostático U1
- Interrruptor temperatura TIS1432 aire comprimido segunda etapa compresor B U1.
- Interrruptor TS110 control temperatura atemperación tanque expansor blow down tank U1.

- Interruptor TIS2061C temperatura normal agua sello lado libre bomba C agua alimentación U2.
- Interruptor TSH-401 alta temperatura agua sello caldera.
- Termocupla TE107-2 Temperatura vapor a la salida de recalentador RH caldera U1.
- Termómetro TI103 temperatura ACPM U1.
- Termómetro TI307 temperatura cabezal vapor auxiliar U1.

5.4.2 Consideraciones para determinar el alcance de medición del laboratorio.

La variable temperatura dentro del proceso de generación de energía eléctrica, presenta rangos de trabajo que van desde la temperatura ambiente 25°C hasta una temperatura de +600°C.

La temperatura del vapor seco que mueve una turbina para colocar en marcha un generador de energía es de 540°C; esta es leída por los sensores *Termocupla TE616A/B Temperatura de vapor a la entrada de TV válvulas Throtlle turbina*. Esta temperatura de trabajo es el producto final del trabajo realizado por la caldera, es decir, las variaciones de temperatura a lo largo del proceso y producción, obedecen a la obtención de un vapor seco de excelente calidad, que garantice un trabajo de la turbina, el cual no deteriore sus partes, ni afecte su funcionamiento.

Los instrumentos de medición, así como los controladores de temperatura, manejan rangos que pueden ser de 0°C a 100°C, a 200°C, a 300°C, entre otros. Los interruptores de temperatura manejan puntos de trabajo que pueden ser de 80°C, 100°C y hasta 150°C. Los indicadores locales de temperatura, que permiten visualizar la indicación en campo, trabajan con rangos de 0°C hasta 100°C, 200°C, 300°C, 350°C, entre otros.

5.4.3 Equipos de calibración y normativa de calibración para el laboratorio.

Un laboratorio de temperatura en GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG), debe planearse para realizar calibraciones de los diferentes equipos dispuestos en planta. De esta manera deberá considerarse la adquisición de un instrumento de medición, software, patrones de medida, materiales de referencia que garanticen la calidad de las tareas a realizar en el laboratorio y los requisitos metrológicos de la planta.

Algunas recomendaciones importantes y competentes de acuerdo a la norma NTC-ISO10012:2003 son las siguientes:

- Durante el proceso de adquisición de los equipos se debe realizar el respectivo procedimiento de confirmación metrológica, que es el conjunto

de operaciones requeridas para asegurarse de que el equipo de medición, es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto.

- Los equipos de medición del laboratorio deben tener un estado de calibración válido antes de realizar el procedimiento de confirmación y además deberá estar en el sistema de gestión de las mediciones.
- El equipo de medición debe ser utilizado en un ambiente controlado o suficientemente conocido para asegurar resultados de medición válidos.
- Los medios y dispositivos de ajuste del equipo de medición confirmado, cuyo ajuste afecte el desempeño, deben sellarse o salvaguardarse para prevenir cambios no autorizados. Los sellos o medidas de salvaguarda deben diseñarse e implementarse de modo que se detecte su alteración.

5.4.4 Método de calibración utilizado.

Teniendo en cuenta que el laboratorio debe tener métodos apropiados para los ensayos y calibraciones dentro de su alcance se propone que el laboratorio implemente el método de calibración por comparación (**ver anexo 1**). Este método ofrece la ventaja de ser más flexible en lo referente a la facilidad de generar o reproducir la temperatura en la cual se desea hacer la calibración.

Para la selección de los métodos de medición se sugieren las normas ya implementadas dentro del plan de aseguramiento metrológico de la compañía como es el caso de la norma GTC 60 (Guía para la calibración de patrones de medida) y se complementan con las normas listadas en la **tabla 2**.

Equipo a calibrar	Normas técnicas
Termómetros analógicos, bimetalicos, digitales y datalogger: RTD Pt-100 Sensores eléctricos (RTD's o RTD con indicador) Sensores eléctricos (Termopares o termocuplas y/o Termopar con indicador)	✓ NTC 5152 Métodos de ensayo para termómetros de resistencia industrial. ✓ ASTM E 644 – 09 Standard Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers. ✓ Guía para la calibración de termocuplas. EURAMET cg-8 Versión 2.0 (03/2011). ✓ NTC 4494 Método de ensayo para la y calibración de termocuplas por técnicas de comparación.

Tabla 2. Normas y guías de calibración para el laboratorio

5.4.5 Equipos patrones

De acuerdo al alcance del rango de medición de temperatura en GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG), se sugiere como medio de comparación un horno de bloque metálico (vertical) con un rango 50°C hasta 800°C (**Ver Anexo 2**). Los patrones que se sugiere pueden ser de utilidad son:

- Termómetros de resistencia.
- Termopares.
- Termómetros de vidrio.

Actualmente en GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG) cuenta con patrones de calibración de temperatura como (**Ver Anexo 3**):

- ❖ Termómetro Fluke 50 Serie II.
- ❖ Calibrador de Horno Seco de campo Fluke 9141
- ❖ Calibrador de procesos multifunción Fluke 725

Para fortalecer la operación del laboratorio, es necesario adquirir los siguientes equipos (**Ver Anexo 4**):

- ❖ Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529
- ❖ Calibrador de temperatura / presión Fluke 525B

5.4.6 Recepción del equipo.

La recepción del equipo en el laboratorio, involucra la identificación del estado físico y funcional con el que llega el objeto de prueba. Es por lo anterior que se identifica las características y detalles del instrumento, y se debe registrar dicha información para lo cual se debe elaborar un formato en tal sentido.

5.4.7 Protocolo de calibración.

La calibración establece la relación entre el objeto de prueba y el patrón. Esta relación se obtiene al tomar las indicaciones del equipo a medir y del patrón, luego relacionarlas con parámetros tales como error, corrección o linealidad y aportar con un proceso estadístico su respectiva incertidumbre. El equipo y/o el patrón pueden darnos esa indicación mediante mediciones directas, indirectas, o bien realizar, representar o reproducir un valor. (Metas & Metrólogos, 2005b).

Para la realización de pruebas de calibración y ensayo en el laboratorio propuesto, se debe considerar:

- El método de calibración el cual debido a la característica de los equipos de la GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG), y la magnitud a medir, sea realizado por comparación directa. La base del método de calibración consiste en la comparación en el mismo punto de temperatura del instrumento a calibrar

con un equipo patrón.

- El personal designado para realizar las calibraciones deberá disponer de información útil para el trabajo como manuales, normas e instrucciones, por lo tanto esta información debe actualizarse constantemente.
- El procedimiento de calibración de los dispositivos se debe documentar, estandarizar y sensibilizar para que todo personal involucrado realice las calibraciones de manera uniforme. Además, estos documentos permiten guiar a personal nuevo del laboratorio para realizar una calibración de forma idónea cumpliendo así con los requerimientos normativos.
- El patrón de calibración y el procedimiento para realizar mediciones se determinará, dependiendo del dispositivo a calibrar y con base en el alcance sugerido en la **tabla 2**.
- Realizar las conexiones del instrumento patrón adecuadamente según su manual de instrucciones y revisar que las condiciones ambientales sean adecuadas y propuestas en el manual de calidad.
- Para cualquier dispositivo a calibrar es importante no exponer el instrumento a temperaturas superiores o inferiores a las de sus rangos de trabajo, ya que podrían sufrir daños irreversibles.
- Toda la información recolectada durante el proceso de calibración deberá ser registrada en un formato de calibración y asegurada de acuerdo a los procedimientos de control de documentos y control de calidad de los datos consignado en sistema de gestión y calidad.

5.4.8 Verificación metrológica.

Luego de que se ha registrado la información debidamente, se implementa la interpretación de los resultados obtenidos durante el proceso de calibración para determinar si el equipo cumple o no con los requisitos para los cuales la empresa lo tiene destinado. Este es un valor agregado que se pacta entre el laboratorio y el cliente interno, permitido por la norma ISO-IEC NTC 1705:2005.

Las actividades que se deben desarrollar para la realización de este procedimiento son:

- Una evaluación de consistencia para determinar las características metrológicas con las cuales debe cumplir el equipo de medición y con base en esta, evaluar la conformidad del equipo para suplir el proceso respectivo teniendo en cuenta para el mismo los resultados de la calibración sin dejar de lado el dato de estimación de incertidumbre respectiva.
- Cuando el equipo no se encuentra conforme con las especificaciones establecidas, es necesario actuar sobre sus características por medio de los procedimientos de ajuste, reparación o mantenimiento si el dispositivo lo permite y el cliente ha dado la respectiva autorización previamente.
- Cuando el equipo de medición se encuentra conforme con los

requerimientos establecidos para su uso, se debe realizar un cálculo del intervalo de calibración para determinar el tiempo que debe transcurrir entre una calibración y otra para el equipo (Metas & Metrólogos, 2004). Para esto se pueden aplicar herramientas estadísticas y parámetros de información previas aportados por el fabricante.

➤ Finalmente se debe generar el certificado de calibración. Cuando hay conformidad con la evidencia del resultado de la calibración o de la medición es posible realizar por escrito este tipo de información y deben contener además la suficiente información para poder reproducir el proceso de calibración o medición llevado a cabo. En el caso de que no haya conformidad en el dispositivo y este no cumpla las especificaciones mínimas establecidas y requeridas por la normativa, este certificado permitirá dar las bases para el respectivo ajuste y mantenimiento en caso posible y posterior nueva calibración.

6 CONCLUSIONES

La norma NTC-ISO/IEC 17025 define los requerimientos generales que debe cumplir el laboratorio en la empresa GECELCA S.A. E.S.P. central Termoguajira (T.E.G.) para demostrar idoneidad técnica en la realización de ensayos y calibraciones, además identifica los requisitos para que el laboratorio pueda funcionar de acuerdo con el sistema de gestión de la calidad implementado en la empresa, lo cual facilita a corto plazo una certificación y acreditación del laboratorio.

Los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 es un documento mundial, lo que constituye una ventaja, ya que en caso de obtener una acreditación, los resultados obtenidos de las calibraciones, serán trazables y reproducibles con organismos de diferentes países que han conseguido acreditaciones con otros entes, firmantes de acuerdos de reconocimiento mutuo. Lo anterior es importante si se considera que en Colombia durante la última década se vienen firmando tratados de libre comercio con diferentes naciones.

Para determinar las normas y estándares a utilizar como metodología de medición en las pruebas de calibración y ensayo del laboratorio, se consideraron las normas que se han venido implementado en GECELCA S.A. E.S.P. central Termoguajira (TEG), como parte de su sistema de aseguramiento metrológico, tales como: GTC60, NTC3672, NTC 4054, NTC4055, NTC4288, entre otras. Las anteriores normas se deben complementar con las normas NTC-ISO/IEC 17025, NTC 4494, NTC 5152 y la GUIA EURAMET/cg-11/v.01/2007, lo cual permite fortalecer la infraestructura metrológica y el alcance de medición y calibración de la compañía para la variable temperatura.

GECELCA S.A. E.S.P., central Termoguajira (TEG), como empresa ya constituida y organizada, cuenta con una infraestructura que facilita sustancialmente la ejecución y puesta en marcha de un laboratorio de calibración, a través de las herramientas de calidad que suministra su sistema de gestión (SGC), considerando que ha adelantado labores de capacitación del personal, con cursos en aseguramiento metrológico, presión, metrología básica, temperatura y humedad, con entidades reconocidas; además de adquirir equipos para realizar calibraciones y ensayos soporte de su aseguramiento metrológico, teniendo en cuenta sin embargo que es necesario en caso de pensar en el montaje de un laboratorio de profundizar en estas temáticas y buscar el apoyo de expertos en el tema que permitan un buen direccionamiento del factor económico y la optimización de la inversión.

En Colombia los patrones nacionales, reposan en el Instituto Nacional de Metrología, estos a su vez, son trazables con otros patrones internacionales; por lo

tanto los patrones del laboratorio de GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG), deben ser trazables a los patrones del INM para mantener una soberanía y una coherencia en las mediciones de tipo industrial que repercuten en mediciones a la industria, al ser una empresa prestadora de servicios públicos. En el caso de contratar los servicios de un laboratorio de segundo nivel, se recomienda verificar que los patrones de dicho laboratorio sean trazables respecto a INM.

El proceso de confirmación metrológica planteado para el laboratorio de GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG), es muy importante porque garantiza la calidad de las mediciones que se están realizando en las unidades de generación de la planta, optimizando sus procesos y por lo tanto calidad de medición de la energía eléctrica.

Una de las ventajas de tener el laboratorio en la planta tiene que ver con las detenciones de máquina no programadas, las cuales permiten por labores de reparación acceder a dispositivos e instrumentos que bajo condiciones normales de operación no se pueden manipular de forma casi inmediata.

La guía planteada en este trabajo fue elaborada teniendo en cuenta las recomendaciones que ofrecen las normas NTC-ISO/IEC 17025, GTC 115, NTC 4494, NTC 5152, GTC 60, las cuales, permiten identificar los requerimientos y procedimientos necesarios para argumentar de forma organizada los fundamentos a aplicar para la implementación del laboratorio de ensayo y calibración de la variable temperatura. Lo anterior se convierte en una herramienta importante de análisis que beneficia y soporta la selección de los procedimientos a implementar, para la puesta en marcha de un laboratorio de calibración y ensayo en la variable temperatura en GECELCA S.A. E.S.P. en la central Termoguajira (TEG).

7 BIBLIOGRAFÍA

- Al-Azzawi, A. (2006). International System of Units (SI), 367–370. doi:10.1201/b15746.axb
- Aldana, Edgar Alberto Contreras, E. A. G. I. (2010). Diseño y construcción de un laboratorio básico de metrología dimensional como apoyo de la asignatura máquinas térmicas alternativas.
- Antonio, P., & Cifuentes, A. (2009). Desarrollo de un manual técnico y guía de laboratorio de metrología en las variables presión y temperatura para el programa de ingeniería industrial de la universidad autónoma de occidente bajo el enfoque de la norma ISO 9001 versión 2000. Retrieved from <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-06-02-Historia-del-SI.pdf>
- Díaz, R. (2010). Metrología Aseguramiento Metrológico Industrial Tomo III. Instituto Tecnológico Metropolitano. ITM. Fondo editorial ITM.
- GTC60. (2008). INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Metrología. Guía para la calibración de patrones de medida. Bogotá: ICONTEC, 2008. 83p. : il. (GTC60).
- ICONTEC NTC-ISO/IEC 17025. (2005). *Norma Técnica NTC-ISO/IEC 17025, Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.*
- JAIME, R. N. (2010). Instrumentación de Procesos. Primera edición. Barranquilla Atlántico, Editorial Universitaria de la Costa Educosta 2010.
- Jaime Restrepo Diaz. (2010). Metrología: Aseguramiento metrológico industrial tomo 3.
- Metas & Metrólogos, A. (2003). Termómetros líquidos en vidrio [en línea]. Retrieved from <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-08-09-termometros-liquido-en-vidrio.pdf> [2013-12-06]
- Metas & Metrólogos, A. (2004). Calibración, Determinación de intervalos de. [En línea]. Retrieved from <http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-04-10-det-int-cal.pdf>
- Metas & Metrólogos, A. (2005a). Condiciones ambientales para la calibración y prueba en laboratorios y campo. Retrieved from <http://www.metas.com.mx/guiametas-Contenido.html>

Metas & Metrologos, A. (2005b). Métodos de medición: prueba y calibración. [En línea]. Retrieved from <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-05-07-metodos-de-medicion.pdf>

Metas & Metrologos, A. (2006). Áreas de La Metrología La Guía MetAs.

Montoya, F., & Lilina Gómez Jaramillo, Claudia Puerto Restrepo, Adriana Rendon Bernal, J. (2003). Creación de empresa Laboratorio de metrología Basada en un plan de negocios.

SOLE, A. C. (2010). Instrumentación Industrial. Octava edición. Barcelona España, Alfaomega 2010.

Testo. (2013). Tiras de temperatura autoadhesivas.

VIM. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados.

Métodos de: medición prueba y calibración. [En línea]. 2014-01-17

ANEXO 1

PROCESO DE CALIBRACIÓN

Los instrumentos para medición de temperatura se deben calibrar periódicamente, pues a causa del tratamiento térmico, mecánico o químico a que está expuesto sobre su uso, aparecen variaciones en su lectura. El método por comparación del instrumento contra un patrón es el más flexible y más utilizado (JAIME, 2010).

La exactitud de este método depende de la uniformidad en la temperatura conseguida en el medio de comparación (baño, horno, etc.), de su estabilidad así como de la exactitud de los patrones usados para hacer la comparación. Estos, en general, deben ser más exactos que el instrumento a calibrar (JAIME, 2010).

La calibración de los sensores de temperatura, siempre se hacen en conjunto, o sea sensor más el indicador de temperatura. En la hoja de trabajo se debe registrar la información, tanto del sensor como del indicador (marca, modelo, serie, etc.).

En temperatura existen dos métodos de calibración:

1. Por comparación del equipo contra un patrón de referencia (generación).
2. En puntos fijos (calibración puntual)

El método por comparación o calibración por generación, ofrece la ventaja de ser más flexible en lo referente a la facilidad de generar o reproducir la temperatura a la cual se desea hacer la calibración. La exactitud de este método depende de uniformidad en temperatura conseguida en el medio de comparación (horno, baño, banco, etc.), de su estabilidad, así como la exactitud de los patrones usados para hacer la comparación. Estos, en general, deben ser más exactos que el instrumento por calibrar (JAIME, 2010).

En la calibración puntual (puntos fijos), se obtiene mayor exactitud, pues la temperatura ya se conoce con anterioridad (evitando así la contribución del patrón en el error) y además, si su pureza es suficiente, da mayor estabilidad. La desventaja de este método de calibración en puntos fijos, además del alto costo, está en la necesidad de efectuar una construcción especial para cada punto de reproducción de temperatura, sólo en puntos discretos. Este método se utiliza, principalmente, debido a su alta exactitud, para la calibración de termómetros que posean buena precisión y exactitud, como es el caso de los patrones primarios de temperatura (JAIME, 2010).

En el montaje de los sensores, ya sea para medición o para calibración, éstos deben contar con la profundidad de inmersión suficiente para evitar las fugas de

calor a lo largo del vástago, de la cubierta, o del tubo de protección del termómetro. Para los termopares, esto es válido también para la junta de referencia. En lo posible, los sensores se deben desmontar del tubo de protección para su calibración. Los instrumentos indicadores de temperatura deben colocarse en la posición especificada (en el manual o en la carátula del equipo) y libres de vibraciones o interferencias de tipo ambiental que puedan ocasionar errores en la medición. Esto es válido, principalmente, para los equipos de bobina móvil (JAIME, 2010).

En la calibración de termómetros debe tenerse en cuenta, e incluir en el protocolo de calibración, los siguientes puntos:

1. TERMOPARES (sensor): tipo de termopar, método de medición de termotensión, profundidad de inmersión, resistencia del termopar, incluyendo la de los conductores. Este dato es importante principalmente para los medidores de termotensión de bobina móvil.
2. TERMOPAR (indicador): tipo de equipo, fabricante, número de serie, modelo, clase, rango, resolución, posición durante la medición, resistencia externa, temperatura ambiente.
3. TERMO-RESISTENCIA (sensor): tipo (Cu, Pt, etc.) y valor nominal de la resistencia, método de medición de la resistencia (bobina cruzada, puente de Wheatstone, etc.), número de conductores, corriente usada para la medición de la resistencia, profundidad de inmersión.
4. TERMO-RESISTENCIA (indicador): tipo de equipo, fabricante, número de serie, modelo, clase, rango, resolución, posición durante la medición, resistencia externa, temperatura ambiente.

ANEXO 2

HOJAS DE DATOS BLOQUES SECOS

A.2.1 Ficha técnica pozos de metrología referencia 9142 / 9143 / 9144 Fluke Calibración



Figura 12 bloque seco fluke⁸

Especificaciones de la unidad base	
Rango de temperaturas	9142 -25 °C a 150 °C 9143 33 °C a 350 °C 9144 50 °C a 660 °C
Precisión	9142 Rango completo de $\pm 0,2$ °C 9143 Rango completo de $\pm 0,2$ °C $\pm 0,35$ °C a 50 °C 9144 $\pm 0,35$ °C a 420 °C $\pm 0,5$ °C a 660 °C
Estabilidad	9142 Rango completo de $\pm 0,01$ °C $\pm 0,02$ °C a 33 °C 9143 $\pm 0,02$ °C a 200 °C $\pm 0,03$ °C a 350 °C $\pm 0,03$ °C a 50 °C 9144 $\pm 0,04$ °C a 420 °C $\pm 0,05$ °C a 660 °C
Tiempo de calentamiento	16 min: de 23 °C a 140 °C 9142 23 min: de 23 °C a 150 °C 25 min: de -25 °C a 150 °C 9143 5 min: de 33 °C a 350 °C 9144 15 min: de 50 °C a 660 °C

⁸ Imagen tomada de internet: <http://www.fluke.com/fluke/coes/Calibradores-de-Procesos/Calibradores-de-temperatura/FCal-9142-9143-9144-Field-Metrology-Well.htm?PID=55542>

Tiempo de enfriamiento	9142 15 min: de 23 °C a -25 °C 25 min: de 150 °C a -23 °C 9143 32 min: de 350 °C a 33 °C 14 min: de 350 °C a 100 °C 9144 35 min: de 660 °C a 50 °C 25 min: de 660 °C a 100 °C
Resolución	0,01 °C
Pantalla	LCD, selección por parte del usuario entre °C o °F
Tamaño (Al x An x Prof)	290 mm x 185 mm x 295 mm (11,4 x 7,3 x 11,6 pulg.)
Peso	9142 8,16 kg 9143 7,3 kg 9144 7,7 kg
Requisitos de alimentación eléctrica	9142 100 V a 115 V (±10%) 50/60 Hz, 635 W 230 V (±10%) 50/60 Hz, 575 W 9143 100 V a 115 V (± 10%), 50/60 Hz, 1400 W 230 V (±10%), 9144 50/60 Hz, 1800 W
Conexión a PC	RS-232 y software de control Interface ^{it} 9930 incluidos

Tabla 3 especificaciones bloque seco⁹

A.2.2 POTTS: Medusa 510 & Medusa 511. Rango: 30°C a 700°C



Figura 13 bloque seco ISOTECH¹⁰

⁹ Tabla modificada de internet: <http://www.fluke.com/fluke/coes/Calibradores-de-Procesos/Calibradores-de-temperatura/FCal-9142-9143-9144-Field-Metrology-Well.htm?PID=55542>

¹⁰ Imagen tomada de internet:

http://www.isotechna.com/v/vspfiles/pdf_datashets/Espanol/isotech/Medusa_ESP.pdf

Material	Temperatura	Incertidumbre
Galio	29,7646°C	±0.0005°C
Indio	156.5985°C	±0.0007°C
Estaño	231.928°C	±0.0008°C
Zinc	419.527°C	±0.001°C
Aluminio	660.323°C	±0.002°C
Las Incertidumbres que aparecen en este cuadro pertenecen al servicio Premium		

Tabla 4 Celdas de punto Fijo Disponibles¹¹

Modelo	MEDUSA 510	MEDUSA 511	Unidades del indicador °C, °F, °K	
Rango de temperatura	30°C a 550°C	50°C a 700°C	Electricidad	108 a 130V o 208 a 240V 50/60Hz
Estabilidad absoluta sobre 30 minutos	Baño de Bloque de Metal Fuente de Cuerpo Negro Calibrador de sensor de superficie. Punto Fijo ITS-90	±0,03°C ±0,1°C ±0,5°C ±0,001°C	Dimensiones	510:1000 Vatios 511:1800 Vatios Altura 430mm Anchura 310mm Profundidad 300mm Peso 510: 17kg 511: 25kg
Interface a PC	Incluido con el Software De 550°C a 30°C en 5 horas		Como pedir: Medusa 510 o Medusa 511 Por favor especifique el tipo de modelo, voltaje y opciones requeridas	
Enfriamiento :	De 30°C a 550°C en 90 min Ver grafica de incertidumbre			
Calentamiento	45mm de diámetro por 285mm de profundidad			
Incertidumbre	6 hoyos de 8mm X 250mm de profundidad			
Volumen de calibración	0.01 a 99.99 0.1 100.0 a 650.0			
Inserto Estándar:	El software incluido puede mostrar 0.01 a través del rango completo vía PC			
Resolución de Pantalla	PC			

Tabla 5 especificaciones bloque seco ¹²

¹¹

¹² Tablas modificadas de internet:

http://www.isotechna.com/v/vspfiles/pdf_datasheets/Espanol/isotech/Medusa_ESP.pdf

ANEXO 3

HOJA DE DATOS PATRONES ADQUIRIDOS PREVIAMENTE POR LA EMPRESA GECELCA S.A. CENTRAL TERMOGUAJIRA T.E.G.

A.3.1 Termómetro Fluke 50 Serie II



Figura 14 termómetro fluke 50 serie II¹³

exactitud	Arriba de -100 °C: J, K, T, E, and tipo N: $\pm[0.05\% + 0.3^{\circ}\text{C}]^*$ R and S-type: $\pm[0.05\% + 0.4^{\circ}\text{C}]^*$ Debajo de -100 °C: J, K, E, and tipo N: $\pm[0.20\% + 0.3^{\circ}\text{C}]^*$ Tipo T: $\pm[0.50\% + 0.3^{\circ}\text{C}]$
Temperatura	Tipo J: -210 °C a 1200 °C Tipo K: -200 °C a 1372 °C Tipo T: -250 °C a 400 °C Tipo E: -150 °C a 1000 °C Tipo N: -200 °C a 1300 °C * Tipo R y S: 0 °C a 1767 °C *
Escala de Temperatura	ITS-90
Estándar aplicable	NIST-175
Resolución	0.1 °C, 0.1 K < 1000 1°C, 1 K >=1000
ESPECIFICACIONES MECANICAS	
Tamaño	173 mm L x 86 mm W x 38 mm
Peso	400 g
Baterías	3 AA batteries; typical 1000-hour life

Tabla 6 Especificaciones termómetro fluke 50 serie II

¹³ figura tomada de internet:

<http://www.fluke.com/fluke/coes/instrumentos-de-medida-electricos/termometros-digitales/fluke-50-series-ii.htm?PID=56085>

A.3.2 Calibrador de horno seco de campo Fluke 9141



Figura 15 calibrador de horno seco¹⁴

Especificaciones			
	9103	9140	9141
Intervalo	De -25 a 140 °C (de -13 a 284 °F) a 23 °C ambiente	De 35 a 350 °C (de 95 a 662 °F)	De 50 a 650 °C (de 122 a 1202 °F)
Exactitud	±0,25 °C (agujeros superiores a 1/4" [6,35 mm]: ± 1 °C)	±0,5 °C (agujeros superiores a 1/4" [6,35 mm]: ± 1 °C)	±0,5 a 400 °C; ±1,0 a 650 °C (agujeros superiores a 6,35 mm: ±2 °C)
Estabilidad	±0,02 °C a -25 °C ±0,04 °C a 140 °C	±0,03 °C a 50 °C ±0,05 °C a 350 °C	±0,05 °C a 100 °C ±0,12 °C a 500 °C ±0,12 °C a 650 °C
Tiempos calentamiento de	18 minutos de temperatura ambiente a 140 °C	12 minutos de temperatura ambiente a 350 °C	12 minutos de temperatura ambiente a 650 °C
Tiempos de enfriamiento	20 minutos de temperatura ambiente a -25 °C	15 minutos de 350 a 100 °C	25 minutos de 650 a 100 °C
Tiempo de estabilización	7 minutos		

¹⁴ figura tomada de internet:

http://la.flukecal.com/products/process-calibration-tools/temperature-calibrators/field-temperature-sources/calibradores--0?quicktabs_product_details=2

Profundidad de inmersión	124 mm (4,875")		
Dimensiones exteriores de las inserciones	31,8 mm de diám. x 124 mm (1,25 x 4,88 pulg.)	28,5 mm de diám. x 124 mm (1,12 x 4,88 pulg.)	
Interfaz del PC	Se incluye RS-232 con el software gratuito Interface-it (modelo 9930)		
Alimentación	115 V AC ($\pm 10\%$), 1,3 A o 230 V AC ($\pm 10\%$), 0,7 A, conmutable, 50/60 Hz, 150 W	115 V AC ($\pm 10\%$), 4,4 A o 230 V AC ($\pm 10\%$), 2,2 A, conmutable, 50/60 Hz, 500 W	115 V AC ($\pm 10\%$), 8,8 A o 230 V AC ($\pm 10\%$), 4,4 A, conmutable, 50/60 Hz, 1.000 W
Tamaño	143 x 261 x 245 mm (5,63 x 10,25 x 9,63 pulg.)	152 x 86 x 197 mm (6 x 3,375 x 7,75 pulg.)	109 x 236 x 185 mm (4,3 x 9,3 x 7,3 pulg.)
Peso	5,7 kg (12 lb)	2,7 kg (6 lb)	3,6 kg (8 lb)

Tabla 7 Especificaciones calibrador bloque seco¹⁵

A.3.3 Calibrador de procesos multifunción Fluke 725



Figura 16 calibrador de procesos fluke 725¹⁶

¹⁵ tabla modificada de internet:

http://la.flukecal.com/products/process-calibration-tools/temperature-calibrators/field-temperature-sources/calibradores-0?quicktabs_product_details=2

¹⁶ Figura consultada en internet:

<http://www.fluke.com/fluke/eses/Calibradores-de-Procesos/Calibradores-multifunci%C3%B3n/Fluke-725.htm?PID=56117>

Exactitud de la medición	
Tensión CC	30,000 V 0,02%+ 2 cuentas (pantalla superior) 30.000 V 0,02%+ 2 cuentas (pantalla inferior) 100,00 mV 0,02%+2 cuentas -10,00 mV a 75,00 mV 0,025% + 1 cuenta (a través del conector TC)
Corriente CC	24,000 mA 0,02%+2 cuentas
Resistencia	0,0 a 400,0 Ω 0,1 Ω (4 cables), 0,15 Ω (2 y 3 cables) 401 a 1.500 Ω 0,5 Ω (4 cables), 1 Ω (2 y 3 cables) 1.500 a 3.200 Ω 1 W (4 cables), 1,5 Ω (2 y 3 cables)
Frecuencia	2,0 a 1.000,0 CPM 0,05% + 1 cuenta 1,0 a 1.100,0 Hz 0,05% + 1 cuenta 1,00 a 10,00 kHz 0,05% + 1 cuenta Sensibilidad mínimo 1 V pico a pico
Presión	Exactitud del 0,025% del rango utilizando cualquiera de los 29 módulos de presión. (para especificaciones detalladas, consulte los módulos de presión en la sección de opciones y accesorios) Módulos disponibles para presión diferencial, barométrica, de vacío, absoluta, dual y alta.

Exactitud de la generación	
Tensión CC	100,00 mV 0,02%+2 cuentas 10,000 V 0,02%+2 cuentas -10,00 mV a 75,00 mV 0,025% + 1 cuenta (a través del conector TC)
Corriente CC	24,000 mA (Generación) 0,02%+2 cuentas 24,000 mA (Simulación) 0,02%+2 cuentas
Resistencia	15,0 a 400,0 Ω 0,15 Ω (corriente de exc. de 0,15 a 0,5 mA), 0,1 Ω (corriente de exc. de 0,5 a 2 mA) 401 a 1.500 Ω 0,5 Ω (corriente de excitación de 0,05 a 0,8 mA) 1.500 a 3.200 Ω 1 Ω (corriente de excitación de 0,05 a 0,4 mA)
Frecuencia	2,0 a 1.000,0 CPM 0.05% 1,0 a 1.100,0 Hz 0.05% 1,00 a 10,00 kHz 0.25% Forma de onda: onda cuadrada de 5 V p-p, desviación de -0,1 V

Tabla 8 exactitud en la medición y generación fluke 725¹⁷

RTD y termopares	
Precisión de la medida:	NI-120 0,2 °C PT-100 (385) 0,33 °C PT-100 (393) 0,3 °C PT-100 (JIS) 0,3 °C PT-200 (385) 0,2 °C PT-500 (385) 0,3 °C PT-1000 (385) 0,2 °C

¹⁷ tabla modificada de internet:

<http://www.fluke.com/fluke/eses/Calibradores-de-Procesos/Calibradores-multifunci%C3%B3n/Fluke-725.htm?PID=56117>

	Resolución: 0,1 °C J: 0,7 °C K: 0,8 °C T: 0,8 °C E: 0,7 °C R: 1,8 °C S: 1,5 °C B: 1,4 °C L: 0,7 °C U: 0,75 °C N: 0,9 °C Resolución J, K, T, E, L, N, U: 0,1 °C; B, R, S: 1 °C XK 0.6°C BP 1.2°C
Exactitud de la generación:	NI-120 0,2 °C PT-100 (385) 0,33 °C PT-100 (393) 0,3 °C PT-100 (JIS) 0,3 °C PT-200 (385) 0,2 °C PT-500 (385) 0,3 °C PT-1000 (385) 0,2 °C Resolución: 0,1 °C Nota: Exactitud establecida para medidas de 4 cables. J: 0,7 °C K: 0,8 °C T: 0,8 °C E: 0,7 °C R: 1,4 °C S: 1,5 °C B: 1,4 °C L: 0,7 °C U: 0,75 °C N: 0,9 °C Resolución J, K, T, E, L, N, U: 0,1 °C B, R, S: 1 °C XK 0.6°C BP 1.2°C
Especificaciones mecánicas y generales	
Tamaño	130 x 236 x 61 mm
Peso	0,65 kg
Baterías	Baterías alcalinas 4 AA
Sustitución de la batería	Compartimento para baterías independiente, accesible sin romper el sello de calibración
Conexiones de puerto lateral	Conector del módulo de presión, también utilizado para programación en tiempo real a distancia

Tabla 9 Especificaciones RTDs y Termopares fluke 725¹⁸

¹⁸ tabla modificada de internet:

<http://www.fluke.com/fluke/eses/Calibradores-de-Procesos/Calibradores-multifunci%C3%B3n/Fluke-725.htm?PID=56117>

ANEXO 4

PATRONES SUGERIDOS DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE MEDICION REQUERIDO PARA EL LABORATORIO

A.4.1 Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529



Figura 17 Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529¹⁹

	PRT / RTD	Termistor	Par termoeléctrico
Entradas	2 canales PRT / termistor y 2 canales de CT, o 4 canales PRT / termistor o 4 canales TC, indicar en el pedido; PRT canales / termistor aceptan 2, 3, o 4 hilos, las entradas de TC aceptan B, E, J, K, N, R, S, T, y Au-Pt TC tipos. (Apoyo a la C y termopares tipo U está disponible. Descargar la nota de aplicación de <i>Fluke Usando Lecturas de calibración con tungsteno-renio y otros termopares</i> de www.flukecal.com .)		
Rango de temperatura	-189 ° C a 960 ° C	-50 ° C a 150 ° C	-270 ° C a 1800 ° C
Gama de la medida	0 a 400 □	0 a 500 K □	-10 Y 100 mV
Caracterizaciones	ITS-90, IEC-751 (DIN "385"), Callendar-Van Dusen	Steinhart-Hart, YSI-400	NIST Monograph 175, la función de la desviación de 3 puntos aplicada a NIST 175, sexto polinomio de orden
Exactitud de la temperatura (sólo medidor)	± 0.004 ° C a -100 ° C ± 0.006 ° C a 0 ° C ± 0.009 ° C a 100 ° C ± 0.012 ° C a 200 ° C ± 0.018 ° C a 400 ° C ± 0.024 ° C a 600 ° C	± 0,0025 ° C a 0 ° C ± 0,0025 ° C a 25 ° C ± 0.004 ° C a 50 ° C ± 0.010 ° C a 75 ° C ± 0.025 ° C a 100 ° C	Ext. RJC Int.. RJC B a 1000 ° C ± 0,6 ° C ± 0,6 ° C E a 600 ° C ± 0,07 ° C ± 0,25 ° C J a 600 ° C ± 0,1 ° C ± 0,35 ° C K a 600 ° C ± 0,15 ° C ± 0,4 ° C N a 600 ° C ± 0,15 ° C ± 0,3 ° C R a 1000 ° C ± 0,4 ° C ± 0,5 ° C S a 1000 ° C ± 0,5 ° C ± 0,6 ° C T a 200 ° C ± 0,1 ° C ± 0,3 ° C
Resolución de la temperatura	0.001 °	0.0001 °	0,01 a 0,001 °

¹⁹ figura consultado en internet: http://us.flukecal.com/products/temperature-calibration/digital-thermometer-readouts/1529-chub-e4-standards-thermometer?quicktabs_product_details=2

Rango funcionamiento	de	16 ° C a 30 ° C		
Intervalo medición	de	0,1 segundos a 1 hora; entradas pueden ser leídos secuencialmente o simultáneamente en 1 segundo o mayor intervalo		
Corriente excitación	de	1 mA, invirtiendo	2 y 10 μ A, seleccionados de forma automática	n / a
Visualización		33 x 127 mm (1,3 x 5 pulgadas) con retroiluminación LCD pantalla gráfica		
Unidades de visualización	de	° C, ° F, K, \square , K \square , mV		
Registro de Datos		Hasta 8000 en tiempo y mediciones sellada con la fecha se pueden registrar		
Intervalos de registro	de	0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5, 10, 30, o 60 segundos, 2, 5, 10, 30, ó 60 minutos		
Promediando		Media móvil de última 2-10 lecturas, seleccionable por el usuario		
Comunicaciones		RS-232 incluido, IEEE-488 (GPIB) opcional		
De alimentación de CA		100-240 V CA, 50-60 Hz, 0,4 A		
DC Power		12-16 VDC, 0,5 A (carga la batería durante el funcionamiento de 14,5 a 16 V DC, 1,0 A)		
Batería		NiMH, 8 horas de funcionamiento típicas sin luz de fondo, 3 horas en cargarse, 500 ciclos		
Tamaño (alto)		102 x 191 x 208 mm (4,0 x 7,5 x 8,2 in)		
Peso		2 kg (4,5 libras)		
Calibración		Calibración de resistencia NIST acreditados y la calibración de tensión NIST proporcionado		

Tabla 10 Especificaciones Termómetro de calibración Fluke Chub-E4 1529²⁰

A.4.2 Calibrador de temperatura / presión Fluke 525B



Figura 18 Calibrador presión/temperatura fluke 525B²¹

²⁰ Tabla modificada de internet: http://us.flukecal.com/products/temperature-calibration/digital-thermometer-readouts/1529-chub-e4-standards-thermometer?quicktabs_product_details=2

²¹ Figura consultada en internet: http://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/525b-temperaturepressure-calibrator?quicktabs_product_details=2

Especificaciones de un año (Fuente)	
Tensión (1 mA Carga máx)	0 a 100 V Mejor especificación de un año: 25 ppm de la configuración
Corriente (10V Cumplimiento)	0 - 100 mA Mejor especificación de un año: 100 ppm de la configuración
Resistencia	0 - 4000 Ohms Mejor especificación de un año: 0.001 Ohms
Termopar (B, C, E, J, K, L, N, R, S, T, U)	Rangos de termopar estándar Mejor especificación de un año: 0.12 ° C (tipo E)
Especificaciones de un año (Medida)	
SPRT 25.5 Ohm	- 200 ° C a 660 ° C Mejor especificación de un año: 0,02 C
Resistencia	0 - 4000 Ohms Mejor especificación de un año: 0.02 Ohms
Termopar (B, C, E, J, K, L, N, R, S, T, U)	Rangos de termopar estándar Mejor especificación de un año: 0.12 ° C (tipo T)
RTD *	-200 ° C a 660 ° C Mejor especificación de un año: 0.015 ° C (pt 100)
Ni 120	- 80 ° C a 100 ° C Mejor especificación de un año: 0,01 ° C
Cu 10	- 100 ° C a 260 ° C Mejor especificación de un año: 0,06 ° C
YSI 400 termistor	15 ° C a 50 ° C Mejor especificación de un año: 0.007 ° C
Especificaciones generales	
Tiempo de estabilización	Menos de 5 segundos
Interfaces estándar	RS-232 estándar; IEEE (GPIB)
Rendimiento Temperatura	En funcionamiento: 0 ° C a 50 ° C Calibración (tcal): 15 ° C a 35 ° C Almacenamiento: - 20 ° C a 70 ° C
Coeficiente de temperatura	Coeficiente de temperatura para temperaturas exteriores tcal + 5 ° C es del 10% de la especificación de 90 días por cada ° C

RH	En funcionamiento: <80% a 30 ° C, <70% a 40 ° C, 40% a 50 ° C Almacenamiento: <95%, sin condensación
Análogo Aislamiento	Bajo 20V
EMC	IEC 61326-1 / 1997 (EMC)
Documentación de calibración	Informe de calibración con datos incluidos; 17,025 informe acreditado opcional
Peso / Dimensiones	9 libras (4 kg); H 5.25 "x W 12.5" x D 18.6 "(H 13.1 cm x 31.3 cm x W D 47.3 cm)

Tabla 11 Especificaciones Calibrador presión/temperatura fluke 525B²²

²² Tabla modificada de internet: http://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/525b-temperaturepressure-calibrator?quicktabs_product_details=2