



Reporte Final de Estadía

Aseguramiento metroológico de una planta
embotelladora

César Ramírez Celestino



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo de Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte que para obtener su título de Ingeniero Universitario en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa:

ETALONS SA. DE CV.

Nombre del Asesor Industrial:

Ing. Roberto Benítez Huerta

Nombre del Asesor Académico:

Ing. Ramiro Robles Cala

Cuitláhuac, Ver., a 18 de abril de 2018

Contenido

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 1	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1 Análisis de la situación actual de la empresa.....	6
1.2 Objetivos	7
1.3 Justificación del Proyecto	7
1.4 Limitaciones y Alcances	9
DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	10
2.1 Datos generales de la empresa.....	10
CAPÍTULO 3	12
MARCO REFERENCIAL	12
3.3 Marco Legal.....	58
CAPÍTULO 4	70
DESARROLLO DEL PROYECTO DE ESTADÍA	70
4.1 Recopilación y organización de la información	70
4.2 Análisis de la información	70
4.3 Propuesta de solución.....	73
4.4 Desarrollo del proyecto.....	73
CAPÍTULO 5	20
RESULTADOS	20
5.1 Resultados.....	20
CONCLUSIONES.....	22
ANEXOS	28
REFERENCIAS.....	32

Ilustración 1 Unidades base del Sistema Internacional	15
Ilustración 2 Unidades suplementarias del SI.....	15
Ilustración 3 Unidades derivadas del SI.	16
Ilustración 4 Unidades Derivadas.....	16
Ilustración 5 Unidades básicas derivadas	17
Ilustración 6 Unidades derivadas más comunes	17
Ilustración 7 Puntos fijos de la Escala Internacional.....	29
Ilustración 8 Diferencias entre el ITS 60 e ITS 90	35
Ilustración 9 Ecuación en función de vapor saturado	36
Ilustración 10 Monitoreo	37
Ilustración 11 Medios de monitoreo.....	37
Ilustración 12 Esquema de Termocupla	38
Ilustración 13 Formas constructivas de termistores NTC a. Tipo glóbulo con diferentes tipos de terminales - b. Tipo disco - c. Tipo barra.....	39
Ilustración 14 Termo resistencias.....	40
Ilustración 15 Radiación	45
Ilustración 16 Proceso adiabático.....	48
Ilustración 17 Procesos termodinámicos	48
Ilustración 18 Requisitos	62
Ilustración 19 AUTOCLAVE	71
Ilustración 20 Fichas técnicas de incubadoras	71
Ilustración 21 Datos técnicos.....	72
Ilustración 22 Formato de registro.....	72
Ilustración 23 Histograma de calibración.....	74
Ilustración 24 Ejemplo de intervalos de calibración.....	3
Ilustración 25 Grafico de control.....	4
Ilustración 26 Datos estadísticos de las calibraciones	4
Ilustración 27 Histograma.....	5
Ilustración 28 Piramide de Trazabilidad	6
Ilustración 30 Distribución normal	11
Ilustración 31 distribución rectangular	13
Ilustración 32 Distribución Rectangular	14
Ilustración 33 Probabilidad	14
Ilustración 34 Grafico de Control.....	20
Ilustración 35 CICLO PHVA SEGUN NORMA IEC 17025	24
Ilustración 36 Indicadores	25
Ilustración 37 portal de calibración	26
Ilustración 38 Desarrollo matemático de la incertidumbre	31

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una Planta Embotelladora en la cual se identificó la situación de necesidad de un programa de calibración a cámaras térmicas del área de laboratorio, cabe hacer mención que el presente proyecto surge a la petición de la norma ISO 9001 la cual estipula en el capítulo 7.6 los requisitos para el control de los equipos utilizados para efectuar el seguimiento o realizar mediciones de variables relativas al producto o al proceso.

Por otro lado se estableció un programa de mantenimiento preventivo con la finalidad de generar información cuantitativa en base a los programas tentativos y oficiales de mantenimiento ya que los equipos son nuevos, derivado de ello fueron controlados a través de un indicador para el cual se utilizó como herramienta de calidad un histograma en el cual fue calculada la frecuencia de calibración de los equipos, se realizó una hoja de vida de los activos y posteriormente se realizó el estudio térmico de los equipos.

Posteriormente se destacó la realización de cálculos matemáticos para el desarrollo del estudio termométrico, térmico y termodinámico, para el objeto de estudio se determinó la frecuencia ideal de calibración por 3 tipos de métodos: Recomendada por el fabricante, desarrollo matemático y recomendación basa en experiencia.

Haciendo mención a la metodología desarrollada durante el proyecto se mencionó el proceso para la elaboración del indicador en este caso el indicador de calidad para lo cual se estimó una herramienta estadística usada para representar una distribución por medio de barras. La altura de la barra está en función de la frecuencia (eje y) y el rango (eje x) de una variable continua.

Finalmente se plasmó el objetivo de tener el control total de los 50 equipos adquiridos por la planta con el fin de generar los informes certificados y

acreditados para su certeza de mediciones en estos equipos críticos para el proceso desarrollando también la frecuencia de calibración.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en la rama de la metrología industrial, el cual radica en el aseguramiento metrológico de la planta embotelladora, el estudio denominado para este trabajo está estipulado bajo el procedimiento fidedigno de la norma ISO/IEC 17025.

Mencionado proyecto nos conlleva a la hipótesis de por qué fue de vital importancia realizarlo, por lo cual abordaremos una serie de hechos donde especificaremos la necesidad de la planta. Sin más preámbulos daremos inicio a esta pequeña introducción.

Si bien sabemos hoy en día las industrias buscan mejorar su calidad, debido a las altas competencias y no solo eso sino que también buscan el crecimiento económico, de la misma forma un mercado económico potencial, lo cual nos lleva al aseguramiento de la calidad tanto en productos como en procesos.

Este proyecto se elaboró con la finalidad de contribuir precisamente al tema de la calidad usando como medio la calibración de equipos del laboratorio ya que es crítico para el proceso, pero no solo se elaboró con esa finalidad ya que la planta necesita ser acreditada ante sus normativas, por lo cual es necesario un plan de calibración así como el desarrollo de una trazabilidad certera de sus calibraciones.

Posteriormente se estableció como objetivo el desarrollo del aseguramiento metrológico del 100% de los equipos incluyéndolos en un plan de mantenimiento preventivo y de calibración estableciendo las correctas frecuencias y de la misma forma los intervalos ideales.

Cabe destacar que se lograron resultados positivos uno de los más importantes fue la aplicación del histograma de calidad donde se monitoreo el proceso de calibración de los equipos a largo plazo con la finalidad de establecer la frecuencia ideal, también se logró identificar los equipos con una hoja de vida y a fin de

preservarlos, se estableció su trazabilidad metrológica, se desarrolló matemáticamente el cálculo de incertidumbre, se elaboró un procedimiento de calibración, se desarrolló el estudio de funcionamiento entre otros.

Finalmente nos llena de dicha mencionar el crecimiento de la planta siendo nuestro mercado potencial a nivel nacional en servicios de calibración, también cabe destacar que dicho proyecto se establecerá como segunda fase para los demás departamentos haciendo cambios metrológicos respecto a los patrones y procedimientos de calibración.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Análisis de la situación actual de la empresa

Actualmente en la Planta Embotelladora se adquirieron 50 equipos de cámaras térmicas entre ellos refrigeradores, estufas, hornos, baños de temperatura, autoclaves etc. Estos equipos carecen de un servicio de mantenimiento preventivo y un servicio de calibración. Estos equipos se consideran críticos para el proceso ya que se realizan pruebas de calidad al producto en este caso de temperatura.

Es por ello la realización del siguiente proyecto delimitando como área al departamento de Laboratorio de Microbiología siendo específicamente en la variable de temperatura, aunado a esto se pretende el aseguramiento metrológico de dichos equipos de la planta desarrollando una certeza de funcionamiento y veracidad de medidas, mediante la trazabilidad metrológica.

Por lo cual los equipos deben ser calibrados, esto debido a que la Industria es auditada cada 6 meses de la norma ISO 9000 para lo cual se pretende establecer un programa de calibración al 100% de equipos el cual se ve reflejado ante un indicador de las 7 herramientas de la calidad para lo cual se pretende establecer un Histograma. Cabe mencionar que la empresa carece de protocolos y planes de mantenimiento, por lo cual se pretende elaborar un programa de mantenimiento con el fin de mantener los equipos en funcionamientos óptimos y adecuados generando un historial de reparaciones y fallas. También cabe destacar que en la norma ISO 900, en la cláusula 7.1.5 referente a la calibración (ISO 9001:2015) fundamentos y vocabularios, así como el aseguramiento metrológico es de vital importancia reiterando que la planta debe ser acreditada, de no estar calibrados los equipos o tener un aseguramiento metrológico causaría grandes pérdidas económicas para la empresa como para seguir produciendo.

1.2 Objetivos

Objetivo General:

Establecer un programa de calibración al 100% de cámaras térmicas de una planta embotelladora mediante el uso de histogramas para determinar las frecuencias de calibración y el correcto funcionamiento.

Objetivos Específicos:

- Elaborar Inventario de cámaras térmicas de la planta
- Calcular periodicidad de los equipos.
- Implementar histogramas de calibración.

1.3 Justificación del Proyecto

Actualmente en la Planta embotelladora es de vital importancia la correcta calibración de los equipos ya que la misma proporciona la seguridad de que los productos o servicios que se ofrecen reúnen las especificaciones requeridas.

Cada vez son más numerosas las razones que llevan a las industrias a calibrar sus equipos de medida, con el fin de mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas.

Por otra parte cabe hacer mención en todo aquello que es crítico para el proceso tales variables como el envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos y se deterioran poco a poco sus funciones. Cuando esto sucede, los ensayos y las medidas comienzan a perder confianza y se refleja tanto en el diseño como en la calidad del producto. Este tipo de situaciones puede ser evitado, por medio del proceso de calibración.

Es por ello que este proyecto es enfocado a la calibración de cámaras térmicas de la planta embotelladora dentro del área de laboratorio esto debido a que es crítico y de suma importancia para el proceso de calidad de la industria.

Aunado a esto la empresa carece de un programa de mantenimiento preventivo por lo cual se pretende establecer mencionado plan de mantenimiento con la finalidad de obtener confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento, la disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas, mayor duración de los equipos e instalaciones, disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo, uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades y menor costo de las reparaciones.

Considerando la necesidad de las organizaciones de cumplir con los requisitos del cliente, puede concluirse que la única forma de asegurar si un producto o servicio cumple las expectativas del cliente es midiendo sus características de calidad. El control de calidad por inspección final requiere de métodos y pruebas de medición de las características de calidad. El control de calidad por inspección final requiere de métodos y pruebas de medición de las características físicas de calidad del producto, la aplicación de sistemas de referencia estadística analiza los resultados obtenidos de mediciones de variables de procesos y características de calidad del producto, el aseguramiento de calidad administra y controla los resultados de mediciones y evaluaciones de los sistemas de fabricación y la calidad analiza en forma integral toda la información resultante de mediciones para definir rutas de mejora continua. Las mediciones son el soporte de los sistemas de calidad, si estas fallan toda conclusión acerca de la calidad de un producto o servicio falla.

Finalmente se realizó este proyecto para retribuir a la calidad en sus procesos de producción de la planta embotelladora con el fin de obtener una trazabilidad fidedigna de la medición de sus equipos y poder ser acreditados ante sus auditorías de calidad.

1.4 Limitaciones y Alcances

Dentro de este apartado puedo mencionar que el proyecto tiene como limitación un solo departamento de la planta embotelladora en este caso solo aplica para el área de laboratorio de microbiología, por otra parte técnicamente solo establece calibraciones a las cámaras térmicas de temperatura de -5°C a 180°C .

También cabe establecer que al final los equipos fueron calibrados al 100% y verificados con los planes de mantenimiento establecidos, es de suma importancia reiterar que este proyecto solo forma parte del aseguramiento metrológico de toda la planta embotelladora, por lo cual se pretende posteriormente continuar con la calibración de todas las plantas del país.

Posteriormente como limitante se identificó el uso de los equipos patrón de calibración ya que no tenía un 100% de disponibilidad, esto afectó en el paro de actividades de calibración de equipos, reiterando que fueron reprogramadas dichas actividades. También se encontró la situación de la falta de personal capacitado para lo cual fue necesaria una capacitación intensiva sobre la metrología industrial y procesos de calibración.

Finalmente es de vital importancia mencionar que este proyecto conlleva desarrollos de frecuencias matemáticas y de tiempo para las calibraciones se requiere de mayor estudio y aplazamiento de tiempo para poder ampliar el alcance de equipos del departamento de laboratorio.

CAPÍTULO 2

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

2.1 Datos generales de la empresa.

- Nombre de la empresa: ETALONS SA. DE CV.
- Dirección: Col. Arroyo Seco, calle sierra del Fraile 117 Monterrey ,Nuevo León C.P. 64740
- Tamaño: Pequeña
- Giro: Servicios de Metrología.
- Historia:

El origen de **ETALONS®**, data de la década de los 80's, fecha en la que su fundador logró acreditar uno de los primeros Laboratorios de Metrología en México. Desde entonces, la misión de ser una entidad metrológica pionera, se ha consolidado para brindar a sus clientes un servicio de calibración que marque la diferencia por su excelencia. El desarrollo de este grupo metrológico ha sido notable en el país, gracias a su liderazgo en el mercado Nacional.

A través del laboratorio **ETALONS®**, se han venido diversificando los servicios, logrando incursionar en nuevas áreas de la Metrología, como es el caso de la reciente apertura de la división **BIOMETROLOGÍA®**, distinguiendo a **ETALONS®** como el primer Laboratorio especializado en los servicios de Calibración, Verificación y Mantenimiento de Equipo Médico.

Actualmente el Laboratorio de Calibración de **ETALONS®** cuenta con una infraestructura de servicio para satisfacer la demanda calibración de grandes grupos industriales o empresas que cuentan con una amplia variedad de instrumentos.

- Misión: Aumentar las oportunidades de negocio de sus clientes utilizando el liderazgo tecnológico con experiencia y calidad, incrementando la calidad de vida de sus colaboradores y aplicando siempre sus valores.

- Visión: Tener el reconocimiento como empresa líder en el ramo a nivel nacional.

- Valores:
 - ✓ Excelencia
 - ✓ Compromiso
 - ✓ Integridad
 - ✓ Trabajo en equipo
 - ✓ Lealtad
 - ✓ Creatividad
 - ✓ Respeto

CAPÍTULO 3

MARCO REFERENCIAL

Introducción a la Metrología

La historia demuestra que el progreso de los pueblos siempre estuvo relacionado con su avance en las mediciones y que, pese a que a menudo perdemos de vista su importancia, son parte permanente e integrada de nuestro diario vivir.

En la metrología, la ciencia de las mediciones, se entrelazan la tradición y el cambio, pues los sistemas de medición reflejan las costumbres de los pueblos y, al mismo tiempo, la búsqueda de nuevos patrones y formas de medir como parte del progreso y la evolución.

Con la dinamización del comercio a nivel mundial la metrología adquiere mayor importancia, al enfatizarse su relación con la calidad, la calibración, la acreditación de laboratorios, la trazabilidad y la certificación. La metrología permite el ordenamiento de estas funciones y su operación coherente con el objetivo de mejorar y garantizar la calidad de productos y servicios.

Las mediciones precisas son fundamentales para los gobiernos, las empresas y la población, ya que facilitan las transacciones comerciales de productos cuyas cantidades y características son resultado de un contrato entre el cliente (consumidor) y el proveedor (fabricante). De esta manera, se protege al consumidor, se contribuye a preservar el medio ambiente y a usar racionalmente los recursos naturales.

(Red Nacional de metrología de Chile, 2017)

METROLOGIA BASICA

Unidades del sistema internacional

El desarrollo de los conocimientos sobre electromagnetismo, óptica, termodinámica y electrónica durante el siglo XIX desplazó de su situación de unidades hegemónicas a las tradicionales es decir: metro, kilogramo y segundo.

Actualmente, junto a ellas y con el mismo rango de unidades básicas o fundamentales se consideran: amperio, kelvin, candela y mol. La condición para que una unidad sea considerada como fundamental es su independencia dimensional. Las unidades derivadas son combinaciones de las fuentes.

El sistema internacional ha ido dando a lo largo del tiempo definiciones sucesivas de las unidades básicas, estos cambios no han sido caprichosos, sino que han obedecido a la reducción progresiva de incertidumbres.

En 1960 se estableció el sistema internacional de unidades (SI) con las cuatro unidades fundamentales del sistema Giorgi añadiendo además la temperatura termodinámica (kelvin) y la intensidad luminosa (candela). En 1971 se incorpora la unidad de cantidad de materia o de sustancia denominada mole y abreviada mol, unidad que es cuestionada como fundamental.

El SI establece varias clases de unidades, son las 7 indicadas consideradas independientes desde el punto de vista dimensional.

Las unidades se escriben siempre en caracteres romanos (rectos) y en minúscula excepto cuando el nombre de la unidad procede del nombre o apellido de una persona, en cuyo caso la primera letra se escribe en mayúscula (N, Pa, Hz). Las unidades nunca se escriben en plural. (6kg, no 6 kgs).

(agricultura, 1982)

Unidades básicas del Si

Las unidades básicas de SI son las siete ya señaladas, que corresponden a las magnitudes que se indican entre paréntesis: metro (longitud), kilogramo (masa), segundo (tiempo), amperio (intensidad de corriente eléctrica), candela (intensidad luminosa), mole (cantidad de sustancia o de materia).

Definiciones:

Metro (m): Longitud recorrida por la luz en el vacío durante $1/299792558$ s

Kilogramo (kg): Masa del prototipo internacional del kilogramo conservado en el BIPM, aleación de platino e iridio.

Segundo(s): Duración de 9192631770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

Amperio(A): Intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados en el vacío a una distancia de un metro uno de otro, producen sobre estos dos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ Newton por metro de longitud.

Kelvin (k): fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Mole (mol): cantidad de sustancia o de materia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0.012 kg de carbono 12. Cuando se emplee el mole, las unidades elementales deben ser especificaciones y pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o agrupaciones especificadas de tales partículas.

Candela (cd): intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad energética en esta dirección es de $1/683$ W/sr

Especie	Unidad	Símbolo	Dimensión
Longitud	metro	m	L
Masa	kilogramo	kg	M
Tiempo	segundo	s	T
Intensidad de Corriente Eléctrica	ampere	A	I
Temperatura	grado Kelvin	K	Θ
Intensidad Luminosa	candela	cd	I
Cantidad de Sustancia	mole	mol	mol

Ilustración 1 Unidades base del Sistema Internacional

Unidades suplementarias

Unidades del ángulo plano (radian) y de ángulo solido (estereorradián). Ambas magnitudes deben considerarse como magnitudes derivadas sin dimensiones.

Todas las unidades derivadas pueden expresarse en función de las fundamentales, sin embargo, algunas poseen una denominación específica (Pascal, Tesla, Julio, Voltio, Newton), a estas unidades se les ha designado como suplementarias.

Especie	Unidad	Símbolo
Angulo plano	radian	rad
Angulo sólido	steradian	sr

Ilustración 2 Unidades suplementarias del SI.

Unidades derivadas

Estas unidades se forman con la combinación de las unidades básicas, las unidades suplementarias y otras unidades derivadas de acuerdo con la combinación algebraica que las relaciona.

Los símbolos para estas unidades se han obtenido mediante el empleo de los signos matemáticos de multiplicación, división y exponenciales.

Como un ejemplo, la unidad del SI para la velocidad es el metro por segundo que se representara m/s o bien m.s⁻¹.

Estas unidades derivadas SI tienen nombres y símbolos especiales aprobados ya por el CGPM son:

Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula	Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula
Frecuencia (fenómenos periódicos)	hertz	Hz	1/s	Resistencia eléctrica	ohm	Ω	V/A
Fuerza	newton	N	kg.m/s	Conductancia	siemens	S	A/V
Presión, esfuerzo	pascal	Pa	N/m ²	Flujo magnético	weber	Wb	V.s
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	N.m	Densidad de flujo magnético	tesla	T	Wb/m ²
Potencia, flujo radiante	watt	W	J/s	Inductancia	henry	H	Wb/A
Cantidad de electricidad, carga eléctrica	coulomb	C	A.s	Flujo luminoso	lumen (ele)	lm	cd.sr
Potencial eléctrico, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	volt	V	W/A	Iluminación	lux (ele)	lx	lm/m ²
Capacitancia	farad	F	C/V	Radioactividad	becquerel	Bq	1/s
				Radioactividad Absorbida	gray	Gy	J/kg

Ilustración 3 Unidades derivadas del SI.

Además de las unidades mostradas, hay otras unidades derivadas con nombres especiales que son combinaciones de las unidades derivadas. Las más comunes aparecen en las siguientes imágenes.

ALGUNAS UNIDADES DERIVADAS COMUNES DEL SISTEMA SI					
Especie o magnitud	Unidad	Símbolo			
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²	Capacidad calorífica molecular	joule por mole kelvin	J/(mol.K)
Aceleración angular	radian por segundo cuadrado	rad/s ²	Momento de fuerza	newton metro	N.m
Velocidad angular	radian por segundo	rad/s	Permeabilidad	henry por metro	H/m
Area	metro cuadrado	m ²	Permitividad	farad por metro	F/m
			Radiación	watt por steradian por metro cuadrado	W/(m ² .sr)
			Intensidad de radiación	watt por steradian	W/sr
			Capacidad calorífica específica	joule por kilogramo kelvin	J/(kg.K)
			Energía específica	joule por kilogramo	J/kg

Ilustración 4 Unidades Derivadas

Las unidades derivadas se forman a partir de productos de potencias de unidades básicas. Las unidades derivadas coherentes son productos de potencias de unidades básicas en las que no interviene ningún factor numérico más que el 1. Las unidades básicas y las unidades derivadas coherentes del SI forman un conjunto coherente, denominado conjunto de unidades SI coherentes.

Viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa.s
Viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m ² /s
Volumen	metro cúbico	m ³
Número de onda	1 por metro	1/m
Concentración o cantidad de sustancia	mole por metro cúbico	mol/m ³
Densidad de corriente	ampere por metro cuadrado	A/m ²
Densidad de masa	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Densidad de carga eléctrica	coulomb por metro cúbico	C/m ³
Intensidad del campo eléctrico	volt por metro	V/m
Densidad de flujo eléctrico	coulomb por metro cuadrado	C/m ²
Densidad de energía	joule por metro cúbico	J/m ³
Entropía	joule por kelvin	J/K
Capacidad calorífica	joule por kelvin	J/K
Densidad de flujo calorífico, radiación	watt por metro cuadrado	W/m ²
Luminosidad	candela por metro cuadrado	cd/m ²
Intensidad del campo magnético	ampere por metro	A/m
Energía molecular	joule por mole	J/mol
Entropía molecular	joule por mole kelvin	J/(mol.K)

Ilustración 5 Unidades básicas derivadas

UNIDADES COMPLEMENTARIAS ACEPTADAS POR SI			
Especie	Unidad	Símbolo	Definición
Tiempo	Minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	día	d	1 d = 24 h = 86 400 s
	semana, mes, etc.		
Angulo plano (exponente)	grado	°	1° = (π/180) rad
Temperatura	grado Celsius	°C	°C + 273,15 = °K
Volumen	litro*	l (ele)	1 litro = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Masa	Tonelada métrica	t	1 t = 10 ³ kg

* Dado que puede haber confusión entre el número 1 y la letra ele, es recomendable para evitarlo, emplear la palabra "litro" completa.

Ilustración 6 Unidades derivadas más comunes

(Piñeiro, 2000)

Introducción al concepto de calibración

De acuerdo con el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), se entiende por calibración lo siguiente "Conjunto de operaciones que establecen, en unas condiciones especificadas, la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada, y los correspondientes valores conocidos de una magnitud medida."

Por tanto calibrar un instrumento es preciso disponer de otro que posea mayor precisión, y que nos proporcione el valor "convencionalmente verdadero", al aplicar sucesivamente la comparación cada vez ascendiendo a patrones de mayor precisión y más próximos al patrón de referencia, establecemos la trazabilidad del instrumento y por tanto de las medidas que con él se efectúen al poder otorgarle una incertidumbre conocida.

La determinación de la incertidumbre de las medidas de un instrumento no puede hacerse con rigor metrológico si el instrumento no se calibra periódicamente.

La finalidad de la calibración es poner de manifiesto las discrepancias que existen entre el instrumento o el patrón que se está calibrando "el calibrando" y un elemento de referencia con características metrológicas estables y conocidas. La calibración es una operación imprescindible para el establecimiento de la trazabilidad de los instrumentos industriales de medida, aunque la información de la calibración debe ser completada por otra relacionada con las condiciones de utilización de dicho instrumento o patrón, para poder asignar una incertidumbre final a los resultados de medida. La calibración se efectúa realizando reiteradas medidas con el instrumento sobre un patrón conocido, u un patrón de referencia.

(Piñeiro, 2000)

Vocabulario Internacional

En general, un vocabulario es un “diccionario terminológico que contiene las denominaciones y definiciones que conciernen a uno o varios campos específicos” (ISO 1087-1:2000, 3.7.2). El presente vocabulario concierne a la metrología, “la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones”. Abarca también los principios relativos a las magnitudes y unidades. El campo de las magnitudes y unidades puede ser tratado de diferentes maneras. La primera sección de este vocabulario corresponde a una de estas maneras, la cual tiene sus fundamentos en los principios expuestos en las diferentes partes de la Norma ISO 31, Magnitudes y Unidades, en proceso de sustitución por las series ISO 80000 e IEC 80000 Magnitudes y Unidades, y en el folleto sobre el SI, The International System of Units (publicado por el BIPM y por el CEM, en su versión española). La segunda edición del Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología (VIM) fue publicada en 1993. La necesidad de incluir por primera vez las mediciones en química y en medicina, así como la de incorporar conceptos relativos a, por ejemplo, la trazabilidad metrológica, la incertidumbre de medida y las propiedades cualitativas, han conducido a esta tercera edición. Para reflejar mejor el papel esencial de los conceptos en la elaboración de un vocabulario, se ha modificado el título, siendo el actual: Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM). En este vocabulario se considera que no hay diferencia fundamental en los principios básicos de las mediciones realizadas en física, química, medicina, biología o ingeniería. Además se ha intentado cubrir las necesidades conceptuales de las mediciones en campos como la bioquímica, la ciencia de los alimentos, la medicina legal y forense y la biología molecular. Varios conceptos que figuraban en la segunda edición del VIM no aparecen en esta tercera edición, por no considerarse como fundamentales o generales. Por ejemplo, el concepto de “tiempo de respuesta”, utilizado para describir el comportamiento temporal de un sistema de medida, no se ha incluido. Para los conceptos relativos a los dispositivos de medida que no figuran en esta tercera edición del VIM, el lector podrá consultar otros vocabularios como el IEC 60050, Vocabulario Electrotécnico

Internacional, VIM. Para los relativos a la gestión de la calidad, a los acuerdos de reconocimiento mutuo sobre metrología o metrología legal, el lector puede consultar la bibliografía incluida en este documento. El desarrollo de esta tercera edición del VIM ha suscitado algunas cuestiones fundamentales, resumidas más adelante, sobre las diferentes corrientes filosóficas y enfoques utilizados en la descripción de las mediciones. Estas diferencias han complicado la obtención de definiciones compatibles con las diferentes descripciones. En esta tercera edición los distintos enfoques se tratan en un plano de igualdad. La evolución en el tratamiento de la incertidumbre de medida, desde el enfoque “del error” (algunas veces llamado enfoque tradicional o enfoque sobre el valor verdadero) hacia el enfoque “de la incertidumbre”, ha obligado a reconsiderar ciertos conceptos que figuraban en la segunda edición del VIM. El objetivo de la medición en el enfoque “del error” es obtener una estimación del valor verdadero tan próxima como sea posible a ese valor verdadero único. La desviación respecto al valor verdadero está constituida por errores sistemáticos y aleatorios, admitiéndose que siempre es posible distinguir entre sí estos dos tipos de errores, y que deben tratarse de manera diferente. No existe una regla que indique cómo combinarlos en un error total que caracterice el resultado de medida dado, obteniéndose únicamente un valor estimado. En general, solo es posible estimar un límite superior del valor absoluto del error total denominado, en forma un tanto inapropiada, “incertidumbre”.

(Metrologia, 2012)

Reglas terminológicas

Las definiciones y términos dados en esta tercera edición, así como sus formatos, son conformes, en la medida de lo posible, con las reglas terminológicas expuestas en las normas ISO 704, ISO 1087-1 e ISO 10241. En particular, aplica el principio de sustitución por el que en toda definición es posible reemplazar un término referido a un concepto definido en el VIM por la definición correspondiente, sin introducir contradicción o redundancia alguna. Los conceptos están distribuidos en cinco capítulos, presentándose en un orden lógico dentro de

cada capítulo. En ciertas definiciones es inevitable la utilización de algunos conceptos no definidos (también llamados conceptos “primarios”). En este Vocabulario se encuentran entre otros: sistema, componente o constituyente, fenómeno, cuerpo, sustancia, propiedad, referencia, experimento, examen, cuantitativo, material, dispositivo y señal.

(Metrología, 2012)

Terminología.

Magnitud: Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

Sistema de magnitudes: Conjunto de magnitudes relacionadas entre sí mediante ecuaciones no contradictorias.

Unidad de medida: Magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número.

Número: Cociente entre el valor de la magnitud considerada y la unidad de medida.

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

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 y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medida.

Método de medida: Descripción genérica de la secuencia lógica de operaciones utilizadas en una medición.

Resultado de medida: Conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible.

Exactitud: Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Veracidad: Proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia.

Precisión: Proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas.

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

Sistema de medida : 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.

Escala: Parte de un instrumento que consiste en un conjunto ordenado de marcas, eventualmente acompañadas de números o valores de la magnitud.

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

Valor de una magnitud: Fenómeno expresado generalmente de forma de unidad o cuantitativamente

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

Respetabilidad: Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones repetidas del mismo mensurando.

Incertidumbre: Parámetro asociado al resultado de una medición, dispersión de los valores que podrían ser atribuidos al mensurando.

Trazabilidad: Propiedad de un resultado de medida por lo cual el resultado puede relacionarse con una referencia, es decir una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Ajuste: Conjunto de operaciones realizadas sobre un instrumento de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.

Error: Resultado de la medición menos el valor de la magnitud.

Unidad de medida: Magnitud escalar real, definida y adoptada con un convenio con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la naturaleza.

División mínima: Diferencia entre valores correspondientes a dos marcas sucesivas de la escala.

Mensurando: Proceso de medición de una magnitud que se desea medir.

(CENAM, 2009)

3.1 Marco de Antecedentes

BREVE HISTORIA DE LA METROLOGÍA

Los hechos históricos son considerados aquéllos que impactan la economía, la política y a la sociedad, por ello en el presente trabajo se citan los hechos más relevantes en la historia de la metrología, como en 1870, cuando se llevó a cabo en París, Francia, una conferencia internacional sobre longitud. En mayo de 1875, diecisiete naciones firmaron el Tratado Internacional del Sistema Métrico, por medio del cual se fundó la Oficina Internacional de Pesas y Medidas con sede en Sévres, a las afueras de París. Para 1876 empezó a fabricarse y reproducirse el prototipo del metro para las naciones que participaron en el tratado. Fueron elaboradas 32 barras, las cuales se componían de 90% de platino y 10% de iridio. Estas barras eran de 1 020 mm de largo y de forma de “X” en su sección transversal.

Las caras, de más de 8 mm en la vecindad de los bordes, se pulieron y se les grabaron líneas de graduación de 6 a 8 micrómetros de ancho. Luego la distancia total entre las líneas se completó hasta llegar a 1 metro. La temperatura siempre se mantuvo lo más cercana posible a los 20°C. En el siglo XX, el Comité Consultivo de Unidades, integrado por el Comité Internacional de la Conferencia General de Pesas y Medidas, se dedicó a la tarea de crear un Sistema Único Internacional. Para ello analizó los tipos de sistemas de unidades existentes y adoptó unos cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo. Este sistema ahora se conoce como Sistema MKS, por sus siglas. El Sistema MKS se aceptó, con ligeras modificaciones en la XI Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) en 1960 como el Sistema Internacional de Unidades, abreviado como SI y el cual se extendió por casi todas las naciones del mundo y se tomó como universal.

En toda actividad humana se relacionan las actividades de la metrología, además de apoyar a todas las ciencias existentes facilitando su entendimiento, aplicación, evaluación y desarrollo. Involuntariamente la metrología está ligada a la

humanidad desde su aparición sobre la faz de la tierra. Desde la aparición del ser humano sobre la Tierra surgió la necesidad de contar y medir. No es posible saber cuándo surgen las unidades para contar y medir, pero la necesidad de hacerlo aporta ingredientes básicos que requiere la metrología, como mínimo, para desarrollar su actividad fundamental como ciencia que estudia los sistemas de unidades, los métodos, las normas y los instrumentos para medir. En el presente trabajo no se pretende polemizar acerca de si los conceptos bíblicos, budistas, mahometanos o la evolución de las especies de Charles Darwin tienen la razón, lo que sí es evidente y está por escrito en diferentes libros que las describen y relacionan con nuestros días es el uso de unidades e instrumentos utilizados desde hace 6 000 ó 7 000 años.

Existen ejemplos en pasajes bíblicos que mencionan actividades de medición para sus actividades cotidianas. Las unidades de medida que se utilizaban, por ejemplo, para longitudes utilizaron “codos”, para medir peso “gomor” o bien simplemente mencionaban un rasero como medida del volumen o cantidad de sustancia. Se puede observar cuán importante es y ha sido la actividad de medir. Se puede decir que los antecedentes de la metrología datan de miles de años, inclusive se puede imaginar como el hombre primitivo podía medir la noche y el día a través de la ausencia de luz solar u oscuridad.

En la historia de la humanidad ha habido dos tipos de sistemas de medidas de longitud, uno en Oriente y otro en Occidente. En Oriente el sistema sini-japonés se originó en las áreas del río Hoang Ho (río Amarillo) y del río Indo. En Occidente, por otra parte, el sistema inglés tuvo su origen en la civilización que se desarrolló a lo largo de los ríos Nilo, Tigris y Éufrates (400 años a.C.) En esas épocas antiguas los países tenían sus propias medidas por lo que los valores de las medidas locales no podían compararse con otros países. Cuando la tecnología y el comercio comenzaron a desarrollarse en los diferentes países, se hizo necesario unificar el sistema de unidades.

En Francia, a fines del siglo XVIII, se estableció el primer sistema de unidades de medida: el Sistema Métrico. Este sistema presentaba un conjunto de unidades

coherentes para las medidas de longitud, volumen, capacidad y masa, y estaba basado en dos unidades fundamentales: el metro y el kilogramo. Su variación es decimal.

(METROLOGIA, 2008)

METROLOGIA EN MEXICO BREVE HISTORIA

En nuestro país, durante la presidencia de Benito Juárez se instruye por primera vez a los ingenieros de caminos para que adopten el Sistema Métrico Decimal y en 1857 Ignacio Comonfort decreta la creación de la Dirección de Pesas y Medidas de la República, dependiente del Ministerio de Fomento. En 1861 aún durante la presidencia de Benito Juárez se decreta la introducción del Sistema Métrico Decimal en la educación primaria y secundaria. Para el año de 1869 el gobierno imperial Francés propone la creación de una “Comisión Internacional del Metro” a la cual encarga de efectuar copias internacionales del metro y kilogramo originales para ser distribuidos entre los países nombrándolos “Metro de los archivos y kilogramo de los Archivos”.

En 1872 la Comisión Internacional del Metro decide fabricar estas copias. El 20 de mayo de 1875 se firma la “Convención del Metro” como un tratado, creando la “Conferencia General de Pesas y Medidas” (CGPM), autoridad máxima en metrología; el “Comité Internacional de Pesas y Medidas” (CIPM), organismo técnico de carácter coordinador y supervisor; y la “Oficina (Buró) Internacional de Pesas y Medidas” (BIPM), laboratorio científico depositario de los patrones internacionales y encargado de la realización práctica de los patrones primarios de medición.

El 04 de agosto de 1890 el encargado de Negocios de México comunica al Ministro de Negocios Extranjeros en Francia que México se adhiere a la Convención Internacional del Metro y el 30 de diciembre de ese mismo año, este ministro le comunica oficialmente al Presidente Porfirio Díaz que México es aceptado. Un año más tarde, en diciembre de 1891, llega a México el Prototipo

No. 21 del kilogramo de platino iridio, con un valor de $1 \text{ kg} + 0,63 \text{ mg}$, asignado por sorteo a nuestro país. Respecto a la fabricación del metro patrón y su reproducción, en Francia en 1878 y 1889, se construyen y se miden 30 metros prototipos, lo que exige comparar para reproducir con una exactitud nunca antes lograda. En 1892 México recibe la copia No. 25 del metro.

En nuestro país es emitida el 13 de mayo de 1928 la Ley de Pesas y Medidas, posteriormente en 1943 se constituye la Dirección General de Normas (DGN) como la autoridad competente en ambas materias: metrología y normalización. Es entonces cuando surgen los primeros proyectos de Normalización Industrial. Estos se ven reforzados desde el punto de vista legal con la expedición de la Ley de Normas Industriales el 11 de febrero de 1946.

(METROLOGIA, 2008)

3.2 Marco teórico

Termometría

La escala fundamental de temperaturas, se conocen innumerables caminos con los que se han medido o se pueden medir las variaciones de temperatura, cualquier propiedad física que dependa de la temperatura y que sea medida reproducible puede considerarse como base potencial para construir un “termómetro”. Sin embargo, no se conocen dos sustancias o propiedades que tengan exactamente la misma dependencia con la temperatura y en consecuencia, no existen dos métodos termométricos que conduzcan exactamente a la misma escala de temperaturas. Por tanto, las escalas de temperatura serían del todo empíricas y arbitrarias si no fuese por la existencia de la escala absoluta termodinámica de temperaturas, propuesta por kelvin (1851). La escala Kelvin es independiente de las propiedades de cualquier sustancia en particular y viene definida en función del rendimiento de una máquina térmica hipotética, termodinámicamente reversible. Tan sólo la amplitud de grados de temperatura se elige arbitrariamente, haciendo que la diferencia entre el punto de fusión del hielo y el de ebullición del agua sea de 100°C . La escala se determina situando la temperatura del punto triple del agua en 273.16 K .

Los métodos prácticos de termometría están relacionados con la escala absoluta para eliminar sus arbitrariedades. La conexión entre las escalas absoluta y práctica es el termómetro de gas. Se pueden demostrar sin dificultad que si un gas sigue fielmente las leyes de los gases ideales, su volumen a presión constante (o su presión a volumen constante) son exactamente proporcionales a su temperatura absoluta. En consecuencia, solo es necesario en principio comparar un termómetro práctico (de mercurio) con un termómetro de gas, para determinar la magnitud de cualquier corrección que debe introducirse en el primero de acuerdo con la escala absoluta. Desafortunadamente, no es fácil de manejar el termómetro de gas y además, ningún gas real y convertirlas en las de un gas ideal o de la escala absoluta de temperatura. En consecuencia, el trabajo de calibrar termómetros de aplicación práctica (entre los que destaca por su importancia el

termómetro de resistencia de platino), de acuerdo con la escala absoluta, ha sido emprendido por los laboratorios nacionales para constantes físicas y como resultado de este trabajo, se estableció en 1972 una relación de seis puntos físicos “básicos” convencionales, que cubren e intervalo de -183 a +1063°C y que definen lo que se conoce como Escala Internacional de Temperaturas. Además, se han fijado y recomendado cierto número de puntos secundarios, para calibrar otros instrumentos, que no sean el termómetro de resistencia de platino. Las temperaturas fijas se presentan en la siguiente tabla, pero es además preciso seguir las instrucciones del Informe Internacional, al aplicar técnicas experimentales, que se deberán seguir para reproducir con exactitud las diferentes temperaturas fijas. Es destacar que por encima de 1063°C (punto triple de fusión del oro) el termómetro de gas se vuelve inutilizable y se toma como norma el pirómetro óptico, aceptando la validez de la ley de radiación de Wien.

TABLA 3A.1. Puntos fijos de la Escala Internacional de Temperaturas (revisión de 1960)

	°C (Int.)
<i>Puntos fijos fundamentales</i>	
Punto de fusión del hielo	0,01
Punto de ebullición del agua	100,00
<i>Puntos fijos primarios</i>	
Punto de ebullición del oxígeno	-182,97
Punto de ebullición del azufre	444,6
Punto de fusión de la plata	960,8
Punto de fusión del oro	1063

Ilustración 7 Puntos fijos de la Escala Internacional

(B.P.Levitt, 1979)

Trazabilidad de Medición en calibraciones Termométricas

Para asegurar la uniformidad y validez técnica de la expresión de la trazabilidad metrológica de las mediciones y de la estimación de la incertidumbre de medida de las mismas, la entidad mexicana de acreditación, a. c., solicitó al Centro Nacional de Metrología la revisión y elaboración de Guías Técnicas sobre Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida. Los Subcomités de evaluación de Laboratorios Acreditados de Calibración y de Ensayo de la entidad mexicana de acreditación se incorporaron a este proyecto transmitiendo sus conocimientos y experiencias relacionados con la trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida.

El Centro Nacional de Metrología coordinó la elaboración de las Guías, proponiendo criterios técnicamente sustentados, procurando que las opiniones de los Subcomités fueran apropiadamente consideradas y asegurando la coherencia de las mismas con otros documentos técnicos de referencia. Las Guías Técnicas de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida observan lo establecido en documentos de referencia conocidos ampliamente en la comunidad internacional, en los cuales se fundamentan las políticas de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida de la entidad mexicana de acreditación.

Las Guías aportan criterios técnicos que sirven de apoyo a la aplicación de la norma NMX-EC17025-IMNC-2006. La coherencia de las Guías con esta norma y con otros documentos de referencia, contribuye a asegurar la confiabilidad y uniformidad de las mediciones que realizan los laboratorios acreditados

Los aspectos relacionados con la trazabilidad metrológica de las mediciones deben ser acordes a lo dispuesto en la política de la EMA al respecto y cumplir con los requisitos de la sección 5.6 de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

Trazabilidad metrológica: Propiedad de un resultado de medida por el 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.

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

Nota: Un material de referencia certificado también es un patrón de medida.

Elementos de la trazabilidad metrológica

El laboratorio debe demostrar que los resultados de sus mediciones poseen trazabilidad metrológica a patrones nacionales en los intervalos de medición declarados.

El laboratorio puede mostrar los informes o certificados de calibración de sus patrones de referencia o de trabajo y se recomienda el uso de una carta de trazabilidad metrológica que informe sobre la cadena de comparaciones del conjunto de calibraciones donde se indiquen, las referencias de medición, el valor de la incertidumbre en cada eslabón, el procedimiento de calibración y el organismo responsable de la misma.

Nota para el evaluador: Durante la evaluación de la trazabilidad metrológica deben examinarse:

- Los elementos asociados a cada eslabón de la cadena de comparaciones;
- El eslabón que da trazabilidad metrológica a los patrones de referencia.
- El eslabón que da trazabilidad metrológica a las mediciones que se realizan en el laboratorio.

VALIDACIÓN DE MÉTODOS

El laboratorio deberá presentar evidencias de que los métodos utilizados en sus procedimientos cumplen con los requisitos de la sección 5.4 de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 y en su caso debe validarlos, para asegurar que:

- La trazabilidad metrológica de las mediciones se logra y se mantiene,
- Los valores de las incertidumbres de medida y de la calibración son válidos,

- Se han evaluado las variables de influencia de mayor relevancia en el proceso de calibración y el desarrollo de técnicas para evaluarlas, minimizarlas y propagar su incertidumbre de medida.
- Es capaz de obtener resultados coherentes con los valores de referencia, al participar en comparaciones.

Competencia técnica del personal

El personal que realiza las calibraciones en el laboratorio solicitante debe cumplir con los requisitos de la sección 5.2 de la norma NMX-EC-17025- IMNC-2006. Entre los requisitos específicos, se deben solicitar al menos los siguientes:

- Educación formal Carrera técnica afín o experiencia comprobable en calibración de termómetros de líquido en vidrio, mínima de un año.
- Conocimientos básicos sobre: – Sistema Internacional de Unidades – Vocabulario de términos fundamentales y generales usados en metrología, contenido en la norma NMX-Z-055-IMNC-2009

Estadística básica (calcular el valor promedio y la desviación estándar, conocimiento de las distribuciones de probabilidad normales, rectangulares, etc. y niveles de confianza).

(Metrología, 2012)

ITS-90

La escala internacional de temperatura de 1990.

El texto oficial en francés de la ITS-90 fue publicado por el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) como parte de los Procès-verbaux del Comité International des Poids et Mesures (CIPM). Sin embargo la versión en inglés del texto aparecida en la revista Metrología 27,3-10 (1990) fue autorizada por el Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) y fue aprobada por el CIPM. La misma es reproducida completamente como referencia al final de este documento e

incluye las correcciones textuales detalladas en la revista Metrología 27, 107 (1999). A partir de este texto en inglés el Laboratorio de Termometría de la Dirección de Metrología (DM) del INACAL ha preparado esta versión en castellano que ha sido confrontada también con el texto en castellano publicado por el Centro Español de Metrología (CEM) titulado “Escala Internacional de Temperatura 1990 EIT-90”.

Las escalas internacionales de temperatura reflejan el estado más reciente de precisión meteorológica y por lo tanto son sustituidas con nuevas versiones de vez en cuando, la escala de temperatura internacional de 1927 (its 27) fue la primera en vencer las dificultades prácticas de la realización directa de las temperaturas del temperatura por la termometría de gas y el primer reemplazo universalmente aceptable para las diferentes escalas nacionales de temperatura existentes. Finalmente el 1 de enero de 1990, el escolero internacional de temperatura de 1990 (its 90) vino a la fuerza. Observamos que la temperatura termodinámica T en unidades de K también puede expresarse como una temperatura Celsius de acuerdo con:

$$T/^{\circ}\text{C}=T/\text{K}-273.15.$$

El its 90 por consiguiente define tanto las temperaturas kelvin internacionales 90 °C como las temperaturas internacionales Celsius t90 corresponden a la relación:

$$T_{90}/^{\circ}\text{C}=T_{90}/\text{K}-273.15.$$

Tanto la escala termodinámica como la escala de temperatura intrínseca tienen las mismas unidades, el kelvin y el grado Celsius. El usuario a veces prefiere Kelvin en el rango por debajo de 273.15 k y grado Celsius por encima de este punto tanto la escala termodinámica como la escala de temperatura intrínseca tienen las mismas unidades, el kelvin y el grado Celsius.

(Wallard, 2006)

Principios de la Escala Internacional de Temperatura de 1990.

La ITS-90 se extiende desde 0,65 K hasta la más alta temperatura prácticamente medible en términos de la Ley de Radiación de Planck usando radiación monocromática. La ITS-90 comprende una serie de rangos y sub rangos de temperatura en cada una de los cuales se define las temperaturas T90 . Varios de estos rangos o sub-rangos se superponen y, donde ocurren tales superposiciones, existen diferentes definiciones de T90; estas diversas definiciones tienen igual validez. Para las mediciones de la más alta exactitud, pueden haber detectables diferencias numéricas hechas en la misma temperatura pero usando definiciones diferentes. Similarmente, aun usando una única definición, a una temperatura entre puntos fijos de definición, dos instrumentos de interpolación aceptables (termómetros de resistencia, por ejemplo), pueden dar valores numéricos de T90 detectablemente diferentes. Virtualmente en todos los casos, estas diferencias son de despreciable importancia práctica y están en el mínimo nivel consistente con una escala de razonablemente no mayor complejidad; para una más amplia información sobre este tema puede verse la "Supplementary Information for the ITS-90"(BIPM-1990). La ITS-90 ha sido construida de tal manera que, en todo su rango y para cualquier temperatura, el valor numérico de T90 es una muy cercana aproximación al valor numérico de T de acuerdo con las mejores estimaciones en el momento en que la escala fue adoptada. En comparación con las medidas directas de las temperaturas termodinámicas, las mediciones de T90 son más fáciles de hacer, son más precisas y son altamente reproducibles. Hay diferencias numéricas significativas entre los valores de T90 y los correspondientes valores de T68 medidos en la Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968 (IPTS-68), ver la figura 1 y la tabla 6. Similarmente hubo diferencias entre la IPTS-68 y la Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1948 (IPTS-48), así como entre la IPTS-48 y la Escala Internacional de Temperatura de 1927 (ITS-27).

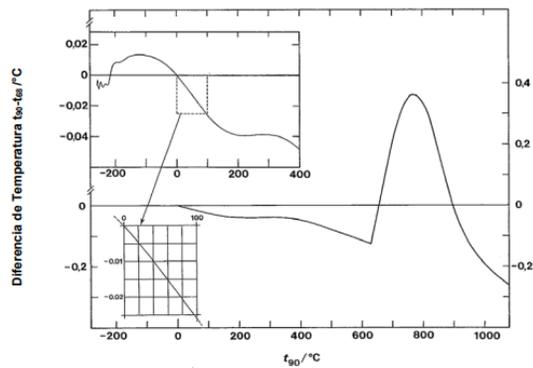


Figura1. Las diferencias ($t_{90}-t_{60}$) como función de la temperatura Celsius t_{90}

Ilustración 8 Diferencias entre el ITS 60 e ITS 90

Definición de la Escala Internacional de Temperatura de 1990

Entre 0,65 K y 5,0 K la temperatura T90 se define por medio de las relaciones entre la presión de vapor de saturación y la temperatura del ^3He y del ^4He . Entre 3,0 K y el punto triple del neón (24,556 1 K), la temperatura T90 se define mediante el termómetro de gas de helio calibrado en tres temperaturas experimentalmente realizables que tienen valores numéricos asignados (puntos fijos de definición) y utilizando fórmulas de interpolación especificadas.

Entre el punto triple del hidrógeno en equilibrio (13,8033 K) y el punto de solidificación de la plata (961,78 °C) la temperatura T90 se define mediante termómetros de resistencia de platino calibrados en conjuntos especificados de puntos fijos de definición y utilizando procedimientos de interpolación especificados.

Por encima del punto de solidificación de la plata (961,78 °C), la temperatura T90 se define en términos de un punto fijo de definición y la ley de radiación de Planck. Los puntos fijos de definición de la ITS-90, se dan en la tabla 1. Los efectos de la presión, debidos a la profundidad de inmersión del termómetro o a otras causas, sobre la temperatura de la mayoría de estos puntos.

De 0,65 K a 5,0 K: Ecuaciones que relacionan la presión de vapor de saturación y la temperatura del helio. En este rango, la temperatura T90 se define en función

de la presión de vapor de saturación p del ^3He y del ^4He usando ecuaciones de la forma:

$$T_{90} / K = A_0 + \sum_{i=1}^9 A_i [(\ln(p / Pa) - B) / C]$$

Ilustración 9 Ecuación en función de vapor saturado

(B.P.Levitt, 1979)

Métodos de Monitoreo de Temperatura

En la actualidad hay muchas formas de medir la temperatura con todo tipo de sensores de diversas naturalezas. La ingeniería de control de procesos ha inventado, perfeccionado e innovado a la hora de disponer de sensores que les ayuden a controlar los cambios de temperatura en procesos industriales. La siguiente tabla podría dar una muestra de la gran variedad de dispositivos capaces de medir la temperatura:

DISPOSITIVOS DE MEDICION DE TEMPERATURA

DISPOSITIVOS DE MEDICION DE TEMPERATURA			
Eléctricos	Mecánicos	Radiación Termia	Varios
Termocuplas	Sistemas de dilatación	Pirómetros de radiación - Total (banda ancha)	Indicadores de color - Lápices - Pinturas
Termo resistencias	Termómetros de vidrio con líquidos	- Óptico	Sondas neumáticas
Termistores	Termómetros bimetálicos	Pasa banda - Relación	Sensores ultrasónicos Indicadores pirométricos
Diodos Sensores de silicio con		Termómetros infrarrojos	Termómetros acústicos Cristales líquidos

efecto resistivo			Sensores fluídicos Indicadores de luminiscencia (Termografía)
-------------------------	--	--	--

Ilustración 10 Monitoreo

A pesar de que en la anterior tabla no están reflejados todos los tipos de sensores de temperatura existentes, sí podríamos centrarnos en hablar de unos cuantos verdaderamente extendidos en la industria, y en especial, de los que podríamos usar en circuitos electrónicos junto con microcontroladores y otros sistemas electrónicos digitales para conseguir unos determinados resultados para los que conjuntamos todos los dispositivos que acabamos de mencionar Sin duda son los sensores de tipo eléctrico los que más extensión tiene hoy día en la medición de temperatura. Cada uno de este tipo de sensores tienen unas cualidades especiales que los convierten en más convenientes para un determinado proceso u objetivo.

<u>Rangos de temperatura correspondientes a los métodos mas comunes de medición</u>	
SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación (capilares o bimetálicos)	-195 a 760
Termorresistencias	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Ilustración 11 Medios de monitoreo

TERMOCUPLAS

Las termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje

muy pequeño, del orden de los mili volts el cual aumenta con la temperatura. Este sería un esquema de ejemplo de una termocupla cualquiera.

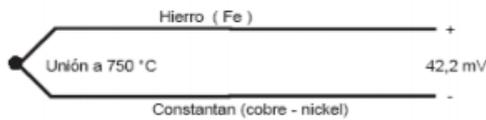


Ilustración 12 Esquema de Termocupla

Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar, por ejemplo suele utilizarse acero inoxidable para la vaina, de manera que en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Además según la distancia a los aparatos encargados de tratar la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique o la modifique de una manera fácilmente reconocible y reversible para los dispositivos de tratamiento de la señal. También se da el caso de que los materiales empleados en la termocupla como el platino puro, hagan inviable económicamente extender la longitud de los terminales de medición de la termocupla.

TERMISTORES

Mucho más económicos que las RTD son los termistores, aunque no son lineales son muchas más sensibles, compuestas de unas mezclas sintetizadas de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico". Se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (Negative Temperature Coefficient) habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient). En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1°C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que

el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C. Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos.

A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar. Se los puede adosar fácilmente o montar con tornillos, ir roscados en superficies o cementados.

Los alojamientos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales. Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos.

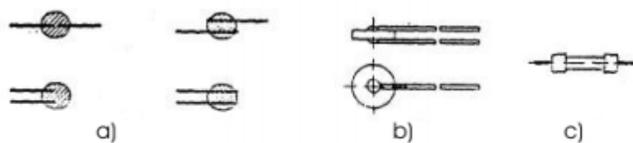


Ilustración 13 Formas constructivas de termistores NTC a. Tipo glóbulo con diferentes tipos de terminales - b. Tipo disco - c. Tipo barra

TERMOMETROS INFRARROJOS

Los termómetros Infrarrojos pueden medir la temperatura de un objeto sin tocarlo. Hay muchos casos en los que la medida de temperatura sin contacto es crítica: cuando el objeto medido es pequeño, movable o inaccesible; para procesos dinámicos que requieren respuesta rápida; o para temperaturas >1000°C La mayoría de los termómetros más conocidos debe ponerse en contacto directo con la fuente de temperatura, y tiene un rango útil de -100 °C à 1500°C.

En contraste, los termómetros infrarrojos determinan la temperatura de la superficie de un objeto interceptando y midiendo la radiación infrarroja emitida.

El rango típico de temperatura para estos termómetros es -50°C to 3000°C de un sitio remoto. Las distancias de trabajo pueden variar desde una fracción de centímetro a varios kilómetros en aplicaciones aerotransportadas. La tecnología subyacente para los Pirómetros de Radiación Infrarroja está basada en el principio que dice que todos los objetos emiten radiación a longitudes de onda ubicadas en la región infrarroja del espectro de radiación electromagnética. Los termómetros infrarrojos miden esta radiación y proporcionan una señal de salida calibrada en una variedad de rangos según los requisitos del cliente.

TERMORRESISTENCIA

La termo resistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Tienen elementos sensitivos basados en conductores metálicos, que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Este cambio en resistencia. Se puede medir con un circuito eléctrico, que consiste de un elemento sensitivo, una fuente de tensión auxiliar y un instrumento de medida. Los dispositivos RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, es el material más estable y exacto. La relación resistencia temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termo resistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde -260°C hasta 630°C . También se utilizan otros materiales fundamentalmente níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno. Típicamente tienen una resistencia entre 20Ω y $20\text{k}\Omega$. La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre -200°C y 850°C .

Material	Rango de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Variación coef ($\%/^{\circ}\text{C}$ a 25°C)
Platino	-200 a $+850$	0.39
Níquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a $+260$	0.38
Níquel-acero	-200 a $+260$	0.46

Ilustración 14 Termo resistencias

La termo resistencia Industrial de alambre de platino más ampliamente utilizada se la calibra con una resistencia de $100\ \text{ohm}$ a 0°C Las termo resistencias de níquel

no están en condiciones de medir temperatura tan elevadas como lo hacen los sensores de platino. Los límites de alcance para las termo resistencias de níquel están aproximadamente en -60°C y 180°C , en las más estándar de ellas. Con exactitudes menores que las de platino.

Normalmente se calibran a 100 ohm en 0°C . Pudiendo existir otras calibraciones especiales. La principal ventaja del níquel, es su capacidad de ser linealizado (suministrando una salida que es lineal con la temperatura) con bastante facilidad utilizando un circuito puente. Esta ventaja sin embargo, ya no es tan importante hoy en día cuando la introducción de componentes semiconductores de bajo costo ha hecho posible la linealización de los sensores de platino a un costo comparable al de los sensores de níquel. Las termo resistencias de cobre presentan la más lineal relación resistencia - temperatura entre todas las termo resistencias pero también tienen las desventajas de un rango estrecho de temperatura entre -200°C y 150°C y una baja resistividad, en sus modelos más básicos. La baja resistividad implica la necesidad de usar alambres finos de poco diámetro.

(Aragonés)

Instrumentos de medición de temperatura de contacto y no contacto

Medida de la temperatura, los sensores de temperatura usados en inspección térmica pueden clasificarse en dos categorías de contacto y no contacto.

Los sensores de contacto como su nombre lo indica requieren contacto con el objetivo al que se le quiere medir su temperatura, los sensores sin contacto en cambio no requieren estar en contacto con el objeto y por lo tanto la medición se realiza a distancia. Además dentro de esta clasificación también se puede dividir según los diferentes principios de funcionamiento, como el sensor de temperatura de contacto expansión de líquidos sólidos o los termómetros bimetalicos.

Los termómetros de líquido en vidrio, termómetros de Bulbo capilar, consisten en la generación de una fuerza electromotriz en la unión de dos metales diferentes como los termopares, su variación de la resistencia de un conductor un semiconductor termómetros de resistencia (RTD) transmisores intensidad de energía radiante o luminosa emitida por un cuerpo caliente pirómetros de radiación pirómetros ópticos ,etc.

Sistemas Térmicos

FUNDAMENTOS FISICOS

Para describir procesos físicos la termodinámica recurre a un enfoque global de balance energético. Cuando en un determinado proceso hay en juego cantidades de energía que o puede detallar con un modelo analítico de índole mecánica, electrodinámica, nuclear, etc., recurre al concepto de calor para balancear, para cerrar las cuentas de acuerdo con el principio de conservación de la energía. La termodinámica clásica se asienta como ciencia al madurar los tres principios (equilibrio térmico, conservación de la energía, entropía) que, sintetizando los resultados experimentales, permiten construir una teoría con un formalismo (Gibbs) que explica fenómenos concretos en una diversidad de condiciones. No obstante dicha diversidad, todos estos procesos se sujetan (en la teoría) a una hipótesis común: son reversibles, es decir, evolucionan según una sucesión continúa de estados de equilibrio. No es entonces una autentica teoría dinámica, por lo que no puede dar cuenta de los procesos reales cuyos cambios de estado de equilibrio ocurren a través de otros que no lo son. Siendo entonces irreversibles los procesos térmicos reales, se necesita una termodinámica de procesos irreversibles. Tal teoría ya existe y cubre una amplia gama de prácticas experimentales. Sin embargo, las restricciones en los casos tratables, junto con su complejidad teórica y computacional la excluyen de la enseñanza de grado en Ingeniería, y en los casos más corrientes de la práctica ingenieril. El camino que seguimos aquí para modelar procesos irreversibles que aproximan a los cuerpos hacia su estado de equilibrio térmico, no está sustentado en la teoría termodinámica de los procesos irreversibles, sino que recurre a los resultados

específicos de la física experimental, combinados con leyes básicas conocidas de la termodinámica clásica. Este es un tratamiento de validez verificada, que da resultados satisfactorios en muchos tipos de aplicaciones.

Fenómenos elementales, variables, procesos

. Desde una Óptica analítica distinguiremos tres tipos de fenómenos elementales, con cuya articulación propondremos modelos idealizados de fenómenos reales: generación, almacenamiento y transferencia de calor.

Las variables descriptivas fundamentales de estos fenómenos son las magnitudes físicas: θ : temperatura absoluta; $[\theta]= K$ (Kelvin) temperatura relativa; $[\theta]= ^\circ C$ (Celsius) (Unidades iguales al considerar diferencias de temperatura) Q: cantidad de calor; $[Q]= J$ (Joule) φ : flujo de calor, o cantidad de $[\varphi]=W$ (Vatio) calor propagado por unidad de tiempo;

Dado que en un proceso térmico los valores de estas magnitudes dependen del lugar y momento considerados, en toda relación funcional debemos expresarlas en dependencia de las variables absolutas espacio y tiempo:

$$\theta = \theta(x,y,z,t) \text{ Ec.1 } \varphi = \varphi(x,y,z,t)$$

$$\text{Ec.2 o brevemente con } r(x,y,z)$$

$$\theta = \theta(r,t) \text{ Ec.3}$$

$$\varphi = \varphi(r,t) \text{ Ec.4}$$

Fenómenos elementales: transferencia de calor.

Bajo transferencia de calor entendemos los procesos de su propagación, según la concurrencia en la práctica de dos o los tres modos elementales.

- Conducción
- Convección
- Radiación

En todos los casos que se describen a continuación, considérese un fenómeno estacionario, o un tiempo fijo t .

a- **Conducción** La conducción está relacionada con el desordenado movimiento térmico de las partículas en un cuerpo en contacto directo. Mientras que en los metales el rol fundamental lo juegan los electrones libres, en los medios cristalinos la conducción se debe a las oscilaciones de los átomos en la red y en los gases a la difusión molecular. Conducción pura se observa en el interior de los sólidos opacos y en los fluidos a condición de que la presión en su seno sea uniforme. El calor se propaga de los puntos de mayor temperatura (calientes) a los de menor temperatura (fríos). Según la ley (experimental) de Fourier sobre conducción, el flujo de calor por unidad de área isotérmica es proporcional al gradiente de temperatura:

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dn}$$

λ : coeficiente de conductividad del calor o conductividad térmica [λ]=W/m.K

b- **Convección** La transferencia de calor por convección tiene lugar entre las partes de un fluido (o entre fluidos y cuerpos sólidos) que estén a temperaturas desiguales, produciéndose como resultado del movimiento de partículas macroscópicas del fluido, las unas respecto a las otras y/ o a los sólidos.

Superficie isotérmica $d\theta/dn$

isoterma $\theta + 2\Delta\theta$ $\theta + \Delta\theta$ $\theta - 2\Delta\theta$

Sistemas térmicos DSF A03C03.91 Página 5 de 25

Son procesos muy complicados que dependen de muchos factores: el origen del movimiento (convección libre, convección forzada); las condiciones del movimiento (régimen laminar, régimen turbulento); el campo de velocidades del fluido, sus propiedades físicas y químicas (viscosidad, calor específico, densidad, conductividad térmica, etc.); la geometría de las paredes limitantes del fluido (perfil, dimensiones); las temperaturas en el fluido y en las paredes; otras condiciones de contorno. Los fenómenos subyacentes a la convección intercambio de impulso y de energía de las partículas- se describen con las ecuaciones fundamentales de la mecánica de fluidos (continuidad, Navier-Stokes) y las de conservación de la energía. Dado el cúmulo de factores intervinientes a partir de este enfoque, resultan ecuaciones sumamente complejas, posibles de resolver solo en casos muy específicos. Por

ello es que para el estudio de la convección se recurre además y preponderantemente- a la investigación experimental mediante los métodos de modelado físico (representación en escala en el mismo dominio físico) y de analogía (distinto dominio físico). La validez del traslado de los resultados (teóricos o experimentales) de los fenómenos estudiados sobre un sistema a otros se determina conforme a la Teoría de la Semejanza. Para ilustrar, veamos un proceso importante en ingeniería: el intercambio de calor entre un fluido en movimiento y las paredes que la limitan.

- Radiación Es el proceso de propagación de la energía interna de un cuerpo o sustancia por medio de ondas electromagnéticas. Una porción de la energía térmica es emitida por radiación, que se convierte nuevamente en energía térmica cuando es absorbida por otros cuerpos. La radiación térmica (la que produce cambios en la temperatura del emisor o del receptor) abarca las longitudes de onda λ entre $0,8 \mu\text{m}$ y $0,8 \text{mm}$ aproximadamente. La radiación de los cuerpos depende de su naturaleza física, temperatura y estado de sus superficies (Ley de PrÈvost), influyendo la presión y la densidad en los gases. En los sólidos y líquidos solo una fina capa superficial participa del proceso, que es independiente del medio. Su potencia radiante es considerable en la mayoría de ellos. Los gases poseen una potencia mucho menor, aunque participa todo su volumen del proceso. De la radiación incidente sobre una superficie, parte de la energía es absorbida (Q_α), parte reflejada (Q_ρ), y otra parte pasa a través del cuerpo (Q_τ). La cantidad total de energía se compone:

$$Q = Q_\alpha + Q_\rho + Q_\tau$$

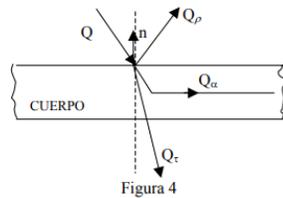


Ilustración 15 Radiación

La proporción con que participa cada componente, con independencia de la cantidad total, caracteriza la receptividad de radiación térmica del cuerpo. Se definen los grados de:

Absorción: $\alpha = Q_{\alpha} / Q$ Ec.25

Reflexión: $\rho = Q_{\rho} / Q$ Ec.26

Transmisión: $\tau = Q_{\tau} / Q$

Transferencia compleja

Transferencia compleja de calor designa usualmente en un proceso de todos o por lo menos dos de los modos anteriores. El calentamiento desde abajo (o enfriamiento desde arriba) de un líquido es un proceso común que involucra dos modos elementales: conducción preponderantemente a través de las paredes del recipiente y también en el interior del líquido, donde sin embargo el rol esencial lo juega la convección forzada por el campo gravitatorio sobre las capas de diferente densidad (ya que están a diferentes temperaturas). Procesos más complicados aun y comunes en la práctica agregan transferencia de masa. Un ejemplo es la evaporación de agua, donde en adición al calor, se transfiere masa del agua líquida a la mezcla aire-vapor. Estos procesos se denominan transferencia conectiva de masa.

(Electronica)

Principios de la termodinámica

Principio 0.

La existencia de lo que ha venido llamándose aquí hasta ahora “energía desconocida” podría comprobarse mediante el siguiente experimento ideal. Dos sistemas cualesquiera, cada uno inicialmente aislado y en equilibrio termodinámico.

El principio cero de la termodinámica es una ley fenomenológica para sistemas que se encuentran en equilibrio térmico. Fue formulado por primera vez en 1931 por Ralph H. Fowler. Constituye una gran importancia experimental —pues permite construir instrumentos que midan la temperatura de un sistema pero no lo es tanto para la propia estructura de la teoría termodinámica.

El principio establece que existe una determinada propiedad, denominada temperatura empírica, que es común para todos los estados de equilibrio que se encuentren en equilibrio mutuo con uno dado.

El equilibrio térmico debe entenderse como el estado en el cual los sistemas equilibrados tienen la misma temperatura. Esta ley es de gran importancia porque permitió definir a la temperatura como una propiedad termodinámica y no en función de las propiedades de una sustancia.

La aplicación de la ley cero constituye un método para medir la temperatura de cualquier sistema escogiendo una propiedad del mismo que varíe con la temperatura con suficiente rapidez y que sea de fácil medición, llamada propiedad termométrica. En el termómetro de vidrio esta propiedad es la altura alcanzada por el mercurio en el capilar de vidrio debido a la expansión térmica que sufre el mercurio por efecto de la temperatura. Cuando se alcanza el equilibrio térmico, ambos sistemas tienen la misma temperatura.

(Gaye, 1998)

Sistemas Isotrópicos, Sistemas Isobáricos, Sistemas Isotérmicos.

Un proceso adiabático es aquel en el que no se permite el flujo de calor así el sistema desde el $Q=0$. Esta situación se puede presentar cuando el sistema está extremadamente bien aislado, o cuando el proceso ocurre tan rápido que el calor que fluye con lentitud no tiene tiempo de fluir hacia adentro o hacia afuera. La rápida expansión de los gases en un motor de combustión interna es ejemplo de un proceso ideal que está muy cerca de ser adiabático. Una expansión adiabática lenta de un gas ideal sigue una curva como la AC en la figura posterior, como

$Q=0$, a partir de la ecuación se tiene que $\Delta u = -w$. Es decir, la energía interna disminuye si el gas se expande; por tanto, la temperatura también disminuye puesto que $\Delta u = \frac{1}{2nR\Delta T}$.

Proceso adiabático ($Q = 0$)

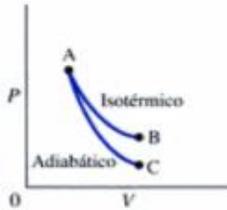


FIGURA 15-3 Diagrama PV para procesos adiabático (AC) e isotérmico (AB) sobre un gas ideal.

Ilustración 16 Proceso adiabático

En la operación inversa, una compresión adiabática (que va de C a A, por ejemplo), se realiza trabajo sobre el gas, y por tanto la energía interna aumenta y la temperatura se eleva. En un motor diésel, la mezcla de combustible y aire se comprime adiabáticamente muy rápido por un factor de 15 o más: la elevación de la temperatura es tan grande que la mezcla se enciende de manera espontánea.

Los procesos isotérmicos y adiabáticos son solo dos procesos que pueden ocurrir. Otros dos simples procesos termodinámicos se ilustran en los diagramas PV de la siguiente figura: a) un proceso isobárico es aquel en el que la presión se mantiene constante, de modo que el proceso está representado mediante una línea recta horizontal en el diagrama P-V, b) un proceso isovolumétrico o isocórico es aquel en el que el volumen no cambia. En estos y en todos los otros procesos, se sostiene la primera ley de la termodinámica.

FIGURA 15-4 a) Proceso isobárico ("misma presión").
b) Proceso isovolumétrico ("mismo volumen").

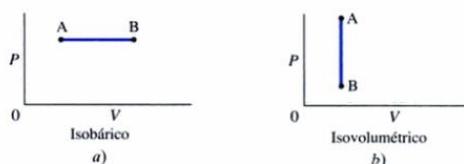


Ilustración 17 Procesos termodinámicos

Con frecuencia es valioso calcular el trabajo realizado en un proceso. Si la presión se mantiene constante durante un proceso (isobárico), el trabajo realizado se calcula con facilidad. Por ejemplo, si el gas se expande lentamente contra el pistón, el trabajo efectuado por el gas para elevar el pistón es la fuerza F por la distancia d . Pero la fuerza es justo la presión P del gas por el área A del pistón, $F=PA$. En consecuencia,

$$W = Fd = Pad$$

Puesto que $Ad=\Delta V$, entonces, el cambio en el volumen del gas,

$$w = P\Delta V$$

(C.Giancoli, 2006)

TEMPERATURA EMPIRICA

Basándonos en observaciones experimentales se pueden extraer ciertas conclusiones relativas a las propiedades macroscópicas de los sistemas en equilibrio termodinámico, que no es posible traducirlas a partir de otras leyes o definiciones, y que se conocen como postulados. Así podemos enunciar el Primer Postulado de la Termodinámica como sigue: un sistema termodinámico aislado alcanza con el tiempo (no importa cuánto) un estado de equilibrio termodinámico que no puede abandonar de modo espontáneo.

Consideremos dos sistemas termodinámicos "A" y "B" separados entre sí por una pared adiabática, pero en contacto cada uno de ellos a través de una pared diatérmica con un tercer sistema "C", estando todo el conjunto aislado del entorno, tal como se muestra en la figura. La experiencia demuestra que ambos sistemas alcanzarán el equilibrio térmico con el tercero. Si ahora se ponen en contacto entre sí a través de una pared diatérmica los sistemas "A" y "B" no sufren cambio macroscópico alguno, y decimos que están en equilibrio térmico entre sí. Pues bien, la generalización de este comportamiento experimental, conocida

como Principio Cero de la Termodinámica, nos indica que dos sistemas termodinámicos, cada uno de ellos en equilibrio con un tercer sistema, se encuentran en equilibrio térmico entre sí.

Basándonos en las experiencias anteriormente descritas, es posible definir una función de variables termodinámicas del sistema, que denominaremos función temperatura empírica, tal que determine cuando un sistema está en equilibrio térmico con otros sistemas dados. Así, cuando varios sistemas se encuentran en equilibrio térmico entre sí, la función temperatura empírica tomará para todos ellos un valor común, que denominaremos temperatura empírica de todos y cada uno de los sistemas, y que notaremos por "T":

$$T = T_A = T_B = T_C.$$

, en donde A, B y C son cada uno de los sistemas.

Al conjunto de estados caracterizados por poseer el mismo valor de la temperatura empírica se le denomina isoterma.

La temperatura empírica es la cuarta magnitud fundamental necesaria para el desarrollo de la termodinámica.

Medida de la Temperatura. Escalas Termométricas:

Una vez introducido el concepto de temperatura empírica, el problema que hemos de abordar es cómo asignarle un valor numérico a esa temperatura y cómo podemos medir ese valor.

Para establecer una escala empírica de temperaturas elegimos como patrón cierto sistema, que denominaremos termómetro, a la vez que adoptamos un conjunto de reglas para asignar un valor numérico a la temperatura asociada a cada una de sus isotermas. Para la temperatura de cualquier otro sistema en equilibrio térmico con el termómetro asignaremos el mismo valor numérico.

Como ya hemos dicho, la función temperatura empírica depende de las variables termodinámicas de estado del sistema. Si mantenemos todas las variables de

estado excepto una de ellas, que representaremos genéricamente por “x”, el valor de la función temperatura estará determinado exclusivamente por el valor de dicha variable. A esta variable se la denomina propiedad termométrica, y la forma de la función temperatura de “x” (“T(x)”) determina el tipo de escala termométrica.

Dependiendo de la propiedad termométrica elegida, tenemos distintos tipos de termómetros. Entre dichas propiedades cabe destacar:

Volumen de los gases, de los líquidos y de los sólidos.

Presión de los gases a volumen constante.

Resistencia eléctrica de los sólidos a tensión mecánica constante.

Fuerza electromotriz de dos sólidos diferentes (termopar).

Intensidad de la radiación (pirómetros ópticos, de altas temperaturas).

Efectos magnéticos (para temperaturas muy bajas).

Si elegimos arbitrariamente para la función temperatura empírica una dependencia lineal (que ambas incrementan proporcionalmente) de la propiedad termométrica “x”, la determinación del valor numérico de “T(x)” para un sistema puede realizarse por uno cualquiera de los dos procedimientos siguientes:

.-Método de dos puntos fijos (anterior a 1954):

Si expresamos explícitamente la función temperatura de la forma:

$$T = a + b x.$$

, en donde “a” y “b” son constantes arbitrarias que es necesario determinar, empleando dos puntos de referencia.

Para ello, denominamos punto fijo a un estado fácilmente reproducible de un sistema sistema patrón arbitrariamente elegido.

La temperatura a la cual el hielo puro puede coexistir en equilibrio con agua saturada de aire a la presión de una atmósfera, se le denomina punto de fusión del hielo o simplemente punto del hielo, y la notaremos por “Th”.

De forma análoga, denominamos punto de ebullición del agua o simplemente punto del vapor a la temperatura para la cual existe equilibrio entre el agua pura y su vapor a la presión de una atmósfera, y la notaremos por “Tv”.

Si “xv” y “xh” son los valores de la variable termométrica seleccionada, para los cuales la temperatura toma los valores “Tv” y “Th”, y aplicamos la ecuación antes vista a los dos puntos vistos se obtiene un sistema:

$$T_v = a + b x_v$$

$$T_h = a + b x_h$$

, de donde se obtienen fácilmente las expresiones de los parámetros “a” y “b”, que al sustituirlos en la ecuación y reagrupar términos nos conduce a:

$$(T - T_h) / (T_v - T_h) = (x - x_h) / (x_v - x_h).$$

Asignando distintos valores a los puntos fijos, se obtienen distintas escalas de temperaturas y, en consecuencia, distintas magnitudes de grado que es la unidad en la que se expresa la temperatura. Así obtenemos las principales escalas:

En la Celsius (°C), el punto del hielo vale 0 °C y el del vapor 100 °C.

En la Réaumur (°Re), el punto del hielo vale 0 °Re y el del vapor 180 °Re.

En la Fahrenheit (°F), el punto del hielo vale 32 °F y el del vapor 212 °F.

La última ecuación nos permite comparar distintas escalas lineales, como por ejemplo las indicadas anteriormente:

$$(x - x_h) / (x_v - x_h) = (T^{\circ C} - 0^{\circ C}) / (100^{\circ C} - 0^{\circ C}) = (T^{\circ Re} - 0^{\circ Re}) / (180^{\circ Re} - 0^{\circ Re}) = (T^{\circ F} - 32^{\circ F}) / (212^{\circ F} - 32^{\circ F}).$$

Como se deduce fácilmente del desarrollo anterior, utilizando un mismo valor de la propiedad termométrica se obtienen distintos valores numéricos de las temperaturas, dependiendo de los valores asignados a los puntos fijos.

Método de un punto fijo (posterior a 1954):

Si escogemos ahora como forma explícita de la función temperatura la expresión:

$T = a x_3$, en donde “a” es la constante arbitraria que es necesario determinar, será suficiente elegir un único punto fijo. Por convenio internacional se considera dicho punto fijo el denominado punto triple del agua, que es la temperatura y presión para las cuales pueden coexistir en equilibrio hielo, agua líquida y vapor de agua. A ese punto se le asigna (más adelante se verá su justificación) un valor de 273,16 K (grados Kelvin, que en este caso se representa sin “°”). Así, si notamos el punto triple del agua por el subíndice 3, tenemos la siguiente ecuación:

$273,16 = a x_3$, es decir:

$$T = 273,16 x / x_3.$$

La temperatura del punto triple del agua es el punto fijo patrón en termometría.

Una vez visto cómo se establece una escala termométrica, vamos a comparar los valores numéricos que nos proporcionan los distintos termómetros, basándonos en esta última ecuación. Así tenemos:

Temperatura en resistencias: $T = 273,16 R / R_3$.

Temperatura en un termopar: $273,16 \xi / \xi_3$.

Temperatura de gas a volumen constante: $273,16 p / p_3$.

Imaginemos ahora una serie de experimentos en los cuales se mide simultáneamente la temperatura de un sistema dado con cada uno de los tres termómetros indicados anteriormente. Puede comprobarse experimentalmente que el valor numérico obtenido aplicando las expresiones numéricas anteriores es

diferente según la propiedad termométrica y la sustancia utilizadas, aun admitiendo la misma dependencia lineal con la propiedad termométrica, es decir, las ecuaciones anteriores nos determinan distintos valores de temperatura excepto en el punto triple del agua. Sin embargo, cuando se trabaja con termómetros de gases la discrepancia puede reducirse significativamente utilizando bajas presiones, por lo que se ha elegido un termómetro de gas como termómetro patrón en función del cual se va a definir una nueva escala de temperatura empírica.

Termómetro de gas a volumen constante. Temperatura en la escala del gas ideal:

La presión de un gas cuyo volumen se mantiene constante está entre las propiedades termométricas que se emplean para medir la temperatura. Así, teniendo en cuenta las ecuaciones expresadas en el apartado anterior, la temperatura de un estado dado de una sustancia puede determinarse midiendo el valor de la presión “ p ” del gas cuando está en equilibrio térmico con el sistema cuya temperatura se quiere determinar y el valor de la de presión “ p_3 ” del gas cuando está en equilibrio con el punto triple del agua.

Es un hecho experimental que, cuando se utilizan distintos gases, el termómetro de gas a volumen constante conduce a valores de la temperatura que difieren ligeramente entre sí, y dichas diferencias son tanto menores cuanto menor sea la presión del gas, es decir, cuanto menor sea la cantidad de gas contenida en el bulbo del termómetro. Por esta razón se elige el termómetro patrón en función del cual se van a obtener los valores numéricos de la temperatura empírica.

CONSERVACION DE LA ENERGIA

La ley de la **conservación de la energía** afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado (sin interacción con ningún otro sistema) permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la

conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, solo puede cambiar de una forma a otra, por ejemplo, cuando la energía eléctrica se transforma en energía calorífica en un calefactor.

En termodinámica, constituye el primer principio de la termodinámica (la primera ley de la termodinámica).

En mecánica analítica, puede demostrarse que el principio de conservación de la energía es una consecuencia de que la dinámica de evolución de los sistemas está regida por las mismas características en cada instante del tiempo. Eso conduce a que la "traslación" temporal sea una simetría que deja invariante las ecuaciones de evolución del sistema, por lo que el teorema de Noether lleva a que existe una magnitud conservada, la energía.

El principio trabajo-energía de la mecánica es consecuencia de las leyes de Newton del movimiento. Establece que el trabajo de la fuerza resultante sobre una partícula es igual al cambio de energía cinética de la misma. Si una fuerza es conservativa, el trabajo de esta fuerza puede igualarse al cambio de energía potencial de la partícula y el trabajo de todas sus fuerzas, excluida esta fuerza, es igual a la suma de las variaciones de energía cinética y potencial de la partícula. El mismo razonamiento se aplica a un cuerpo rígido.

También puede realizarse trabajo en procesos en los que se produce cambio de energía cinética o potencial del sistema. Así, se realiza trabajo cuando un gas se comprime o expande o cuando una célula electrolítica se carga o se descarga o cuando una barra paramagnética se imana o se desimana, aunque el gas o la célula o la barra permanezcan en reposo a igual altura. En termodinámica intervienen muchos procesos de este tipo que, por otra parte, no son los únicos.

Cuando un sistema termodinámico experimenta un proceso, el trabajo que se realiza puede asociarse siempre a alguna fuerza. Sin embargo, es conveniente expresar el trabajo en función de las propiedades termodinámicas del sistema y por ello comenzaremos considerando el trabajo que se realiza cuando se produce un cambio de volumen del mismo.

(SEARS, 2002)

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA

En su forma clásica, la segunda ley de la termodinámica establece que existe otra magnitud, denominada entropía, que en algunas transformaciones permanece constante, pero en otras crece. Siendo imposible que esta magnitud decrezca. Los procesos irreversibles son aquellos en los cuales la entropía crece.

Esta formulación muestra obviamente el paralelismo entre los dos principios; pero también explica por qué solo la segunda ley nos permite inferir un sentido para los procesos físicos. Si un estado A, se transforma en un estado B y la entropía permanece constante en esta transición, entonces permanecerá constante también en la transición inversa de B a A aumenta la entropía, es decir, si la entropía en el estado B es mayor que la entropía en el estado A, entonces la transición inversa representaría un decrecimiento de la entropía; y como hay una ley física que establece que la entropía nunca decrece, el proceso inverso queda excluido. Por consiguiente la existencia de un sentido para los procesos físicos, se fórmula por medio de una función de estado S, la entropía, que tiene un valor numérico determinado para cada estado y ordena los estados físicos en una sucesión de números crecientes.

Naturalmente que en la formulación de estos principios debe tomarse la precaución de que todos los procesos a que se haga referencia sean cerrados, es decir que todas las transformaciones implicadas queden incluidas en el sistema considerado. La energía puede pasar de un sistema a otro; entonces un sistema pierda energía y el otro la gana. En forma similar, la entropía puede pasar de un sistema a otro entonces un sistema pierde entropía y el otro la gana.

Pero, solo para los procesos reversibles es que la suma total de cambios de entropía es igual a cero. Para los procesos irreversibles es que la suma total de cambios de entropía es igual a 0 , para los procesos irreversibles tiene siempre un valor positivo. Esta es la aseveración de la segunda ley de la termodinámica.

La entropía es una magnitud definida en función de parámetros termodinámicos, tales como la temperatura y la presión. Los parámetros mecánicos por ejemplo, la

posición y la velocidad, no entran en la definición de su valor, es decir, que no existe una entropía mecánica. Esta concepción se sostiene por la siguiente razón, si en un sistema se realiza un proceso puramente mecánico o sea un proceso durante el cual su temperatura, su cantidad de calor etc, no varían, en el proceso es reversible; en consecuencia, su entropía debe permanecer constante. En otras palabras, un cambio en los parámetros mecánicos no influye en el valor de la entropía.

(Reinchenbanch, 1988)

3.3 Marco Legal

ISO/IEC 17025:2005

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) forman el sistema especializado para la normalización mundial. Los organismos nacionales miembros de ISO e IEC participan en el desarrollo de las Normas Internacionales por medio de comités técnicos establecidos por la organización respectiva, para atender campos particulares de la actividad técnica. Los comités técnicos de ISO e IEC colaboran en campos de interés mutuo. Otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO e IEC, también participan en el trabajo. En el campo de la evaluación de la conformidad, el Comité de ISO para la evaluación de la conformidad (CASCO) es responsable del desarrollo de Normas y Guías Internacionales.

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

Los Proyectos de Normas Internacionales se envían a los organismos miembros para su votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos nacionales con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO e IEC no se hacen responsables de la identificación de dichos derechos de patente.

La Norma ISO/IEC 17025 ha sido preparada por el Comité de ISO para la evaluación de la conformidad (CASCO).

Fue circulada para su voto a los organismos nacionales tanto de ISO como de IEC, y fue aprobada por ambas organizaciones.

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición (ISO/IEC 17025:1999), la cual ha sido revisada técnicamente.

Esta versión en español incluye el Corrigendum Técnico ISO/IEC 17025:2005/Cor.1:2006.

Prólogo de la versión en español

Esta Norma Internacional ha sido traducida por el Grupo de Trabajo "Spanish Translation Working Group STWG" del Comité ISO/CASCO, *Comité para la evaluación de la conformidad*, en el que participan representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de los siguientes países:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos de América, México, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Igualmente, en el citado Grupo de Trabajo participan representantes de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) e IAAC (Cooperación Interamericana de Acreditación).

Esta traducción es parte del resultado del trabajo que el Grupo ISO/CASCO STWG viene desarrollando desde su creación en el año 2002 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la evaluación de la conformidad.

Introducción

La primera edición (1999) de esta Norma Internacional fue producto de la amplia experiencia adquirida en la implementación de la Guía ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001, a las que reemplazó. Contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

La primera edición hacía referencia a las Normas ISO 9001:1994 e ISO 9002:1994. Dichas normas han sido reemplazadas

por la Norma ISO 9001:2000, lo que hizo necesario alinear la Norma ISO/IEC 17025. En esta segunda edición se han modificado o agregado capítulos sólo en la medida que fue necesario a la luz de la Norma ISO 9001:2000.

Es conveniente que los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración se basen en esta Norma Internacional para sus acreditaciones. El Capítulo 4 establece los requisitos para una gestión sólida. El Capítulo 5 establece los requisitos para la competencia técnica en los tipos de ensayos o de calibraciones que el laboratorio lleva a cabo.

El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad que se considera que cumple la Norma ISO 9001 así como esta Norma Internacional. Por ello, se ha tenido el cuidado de incorporar todos aquellos requisitos de la Norma ISO 9001 que son pertinentes al alcance de los servicios de ensayo y de calibración cubiertos por el sistema de gestión del laboratorio.

Los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplen esta Norma Internacional funcionarán, por lo tanto, también de acuerdo con la Norma ISO 9001.

La conformidad del sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio, con los requisitos de la Norma ISO 9001, no constituye por sí sola una prueba de la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente válidos. Por otro lado, la conformidad demostrada con esta Norma Internacional tampoco significa que el sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio cumple todos los requisitos de la Norma ISO 9001.

La aceptación de los resultados de ensayo y de calibración entre países debería resultar más fácil si los laboratorios cumplen esta Norma Internacional y obtienen la acreditación de organismos que han firmado acuerdos de reconocimiento mutuo

con organismos equivalentes que utilizan esta Norma Internacional en otros países.

El uso de esta Norma Internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como a la armonización de normas y procedimientos.

Objeto y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

1.2 Esta Norma Internacional es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.

1.3 Las notas que se incluyen proporcionan aclaraciones del texto, ejemplos y orientación. No contienen requisitos y no forman parte integral de esta Norma Internacional.

1.4 Esta Norma Internacional es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. También puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios.

Referencias normativas

Los documentos que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento indicado (incluyendo cualquier modificación).

ISO/IEC 17000, Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales

VIM, Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología, publicado por BIPM, IEC, IFCC, ISO, UIPAC, UIPAP y OIML

NOTA En la bibliografía se citan otras normas, guías, etc. relacionadas con los temas tratados en esta Norma Internacional.

Norma ISO/IEC 17025:2005	
Requisitos de gestión	Requisitos técnicos
4.1 Organización	5.1 Generalidades
4.2 Sistema de gestión	5.2 Personal
4.3 Control de los documentos	5.3 Instalaciones y condiciones ambientales
4.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos	5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos
4.5 Subcontratación de ensayos y de calibraciones	5.5 Equipos
4.6 Compras de servicios y de suministros	5.6 Trazabilidad de las mediciones
4.7 Servicios al cliente	5.7 Muestreo
4.8 Quejas	5.8 Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración
4.9 Control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes	5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración
4.10 Mejora	5.10 Informe de los resultados
4.11 Acciones correctivas	
4.12 Acciones preventivas	
4.13 Control de los registros	
4.14 Auditorías internas	
4.15 Revisiones por la dirección	

Ilustración 18 Requisitos

4.1 Organización

Contar con personal para identificar desviaciones al sistema de calidad, e iniciar acciones para prevenir o minimizar tales desviaciones. · Contar con políticas y procedimientos para asegurar protección de información (almacenamiento y transmisión electrónica).

Designar personal sustituto para el personal directivo clave.

4.2 Sistema de calidad

Implantar un sistema de calidad adecuado para el alcance de sus actividades · Documentar políticas, programas, procedimientos e instrucciones solo en la extensión necesaria para asegurar calidad. Declarar una política de calidad, la cual debe cumplir con requisitos específicos.

Política y procedimientos para la selección de adquisición de servicios suministros. Los suministros comparados que afectan la calidad no serán usados hasta comprobar que cumplen con especificaciones o requisitos. Evaluar a los proveedores de consumibles y servicios que afectan la calidad de los ensayos y calibraciones. Conservar registros de la evaluación de proveedores.

4.3 Control de documentos

Especificar la clase de documentos que deben ser controlados. · Elaborar una lista maestra u otro documento para evitar el uso de documentos obsoletos o invalidados. Los documentos deben identificarse con elementos específicos. · Procedimientos para explicar cómo se hacen y controlan los cambios en documentos conservados en sistemas computarizados.

4.4 Servicio al cliente.

Cooperar con los clientes para aclarar sus solicitudes. · Permitir al cliente un adecuado seguimiento del desempeño de laboratorio durante la realización de los servicios.

4.5 Quejas

Política y procedimientos para atención de quejas. Conservar registros

4.6 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos.

Contar con procedimientos para revisión de solicitudes, ofertas y contratos. Resolver cualquier diferencia entre la solicitud y el contrato antes de inicial trabajo. Conservar registros de las revisiones, incluyendo cualquier tipo de cambio. El proceso de revisión de contrato se repite cuando éste hay modificaciones después de haber iniciado los trabajos.

4. 7 Control del trabajo de ensayo y o calibración no conforme.

Política y procedimientos para implantar cuando existen no conformidades con procedimientos o requisitos del cliente. Hacer una evaluación de la importancia del trabajo no conforme. Llevar a cabo procedimientos de acción correctiva al detectar posible recurrencia de no conformidades.

4.8 Subcontratación de ensayos / calibraciones

Contar con las consideraciones para llevar a cabo subcontratación de servicios con laboratorios competentes. El laboratorio no es responsable ante el cliente cuando éste o una autoridad regulatoria especifican qué contratista debe ser utilizado. Conservar un registro de todo lo subcontratistas utilizados.

4.9 Acción correctiva.

Política, procedimiento y designación de responsabilidades para implantar acciones correctivas. Investigación para determinar las causas. Acciones correctivas adecuadas a la magnitud del problema. Aplicar auditorías adicionales.

4.10 Adquisición de servicios y suministros.

Identificar las fuentes potenciales de no conformidades técnicas o administrativas.
Procedimientos con aplicación de controles para asegurar la efectividad.

4.11 Acción preventiva.

Personal calificado con base en la educación apropiada, capacitación y destreza, según sea necesario. Política y procedimiento para identificar las necesidades de capacitación. Autorizar personal específico para tipos especiales de actividades.

4.12 Control de registros

Procedimiento para identificación, acceso y mantenimiento de registros técnicos y administrativos.

Procedimiento para respaldo de registros almacenados electrónicamente.
Requisitos específicos para control de registros técnicos. · Requisitos específicos para corregir errores durante registro.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales no deben afectar adversamente la calidad de los servicios. Detener las actividades de laboratorio cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados. Mantenimiento adecuado, el cual puede incluir procedimientos especiales.

4.13 Auditorías internas.

Procedimiento para realizar auditorías periódicas. Dirigidas a todos los elementos del sistema de calidad, incluyendo actividades de ensayo y o calibración. · Siempre que sea posible, realizadas por personal independiente de la actividad a ser auditadas.

Registro y verificación de las acciones correctivas aplicadas como seguimiento de la auditoría.

5.4 Métodos de ensayo y calibración

Actividades que deben incluir los procedimientos de ensayo y o calibración. · Instrucciones para uso y operación de equipo cuando sea necesario. · Satisfacer las necesidades del cliente utilizando métodos basados preferentemente en normas. Aplicar métodos publicados en normas, textos o publicaciones científicas (según especificaciones de los fabricantes). Acuerdo con el cliente cuando se requieren métodos no considerados por un método normalizado.

Validar métodos no normalizados, desarrollados por el laboratorio, o fuera de su alcance propuesto. · Los parámetros obtenidos de la validación, deben ser relevantes con las necesidades del cliente.

Cualquier laboratorio que realice calibraciones propias, debe tener un procedimiento para cálculo de incertidumbre. Los laboratorios de ensayo deben calcular la incertidumbre. · Requisitos explícitos cuando se utilizan computadoras para procesamiento de información.

5) Requisitos técnicos.

5.1 Generalidades

Factores que determinan el desarrollo de las actividades de laboratorio.

Tomar en cuenta los factores para desarrollar métodos y procedimientos relacionados con la competencia de laboratorio.

5.5 Equipo

Antes de ser puesto en servicio, el equipo utilizado debe ser calibrado o verificado. Requisitos específicos para el registro de cada equipo y su software (si lo requiere). Para equipos que presentan resultados dudosos, examinar el efecto de las desviaciones e iniciar la aplicación del procedimiento para control de trabajo no conforme.

Proteger el equipo de ajustes que puedan invalidar los resultados.

5.6 Trazabilidad de la medición.

Calibrar todo el equipo usado, incluyendo el usado para mediciones auxiliares (condiciones ambientales) si tienen un efecto significativo.

Laboratorios de calibración con trazabilidad a las unidades de medición del sistema internacional de unidades (SI). Requisitos específicos cuando las calibraciones no pueden ser hechas con magnitudes del (SI). Materiales de referencia con trazabilidad a unidades del (SI) o materiales certificados. · Materiales internos debe ser verificados de una forma técnica y económicamente factible.

Todos los patrones utilizados deben ser verificados (no calibrados), para conservar la confianza en el estado de calibración.

5.10 Informe de resultados.

Se establece el caso de "clientes internos". Elementos mínimos que debe contener un informe de ensayo o calibración. Elementos adicionales específicos para informes de ensayo.

Elementos adicionales que específicos para informes de calibración. · Se debe tomar en cuenta la incertidumbre de la medición, para hacer cualquier declaración de conformidad.

Se permiten opiniones e interpretaciones, siempre que se documenten las bases y fundamentos. Cualquier modificación o enmienda a un informe emitido, sólo puede hacerse con un documento adicional.

5.7 Muestreo.

Siempre que sea razonable, utilizar planes de muestreo basados en métodos estadísticos apropiados. Registrar cualquier desviación que el cliente solicite. ·
Requisitos específicos para los registros durante el muestreo.

5.8 Manejo y transporte de los elementos de ensayo y calibración. ·

Procedimientos para el manejo y transporte de los elementos de ensayo y calibración durante todo el proceso. Debe existir un sistema para identificar los elementos. Registrar la discusión con el cliente cuando se en presentan desviaciones a las condiciones normales especificadas.

5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración. ·

Procedimientos para supervisar la validez de los ensayos y calibraciones.

(OBP), 2005)

5.10.6 Resultados de prueba y calibración obtenidos de subcontratistas

Cuando el informe de la prueba contiene resultados de pruebas realizadas por subcontratistas, estos resultados deben ser claramente identificado .El subcontratista deberá informar los resultados por escrito o electrónicamente. Cuando se ha subcontratado una calibración, el laboratorio que realiza el trabajo emitirá la calibración certificado al laboratorio de contratación.

5.10.7 Transmisión electrónica de resultados

En el caso de transmisión de resultados de prueba o calibración por teléfono, télex, facsímil u otro medio electrónico o medios electromagnéticos, se cumplirán los requisitos de esta Norma Internacional (ver también 5.4.7).

5.10.8 Formato de informes y certificados

El formato debe diseñarse para acomodar cada tipo de prueba o calibración realizada y minimizar el

Posibilidad de malentendido o mal uso.

NOTA 1 Se debe prestar atención a la disposición del informe de prueba o certificado de calibración, especialmente con respecto a la presentación de los datos de prueba o calibración y facilidad de asimilación por parte del lector.

NOTA 2 Los encabezados deberían estandarizarse lo más posible.

5.10.9 Enmiendas a los informes de prueba y certificados de calibración

Las enmiendas materiales a un informe de prueba o certificado de calibración después de la publicación se harán solo en forma de documento adicional, o transferencia de datos, que incluye la declaración:

"Suplemento al informe de prueba [o Certificado de calibración], número de serie... [O según se identifique de otra manera]", o una forma equivalente de redacción.

Dichas modificaciones deberán cumplir con todos los requisitos de esta Norma Internacional.

Cuando sea necesario emitir un nuevo informe de prueba o certificado de calibración, esto deberá ser exclusivo identificado y deberá contener una referencia al original que reemplaza.

(ISO/IEC17025, GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCE OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES, 2005/05/15)

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO DE ESTADÍA

4.1 Recopilación y organización de la información

Para la recaudación de información fue necesario identificar primeramente el tipo de información a concentrar, por consiguiente se estableció información tipo cuantitativa y cualitativa puesto que se programó la recolección de datos técnicos de los equipos.

Posteriormente el método utilizado para la recopilación fue la revisión de registros la cual tuvo lugar en la planta embotelladora donde se extrajo información de manuales y documentos que contenían datos sobre los equipos del área de laboratorio. Cabe destacar que el medio de evaluación por el método de observación también fue aplicado el cual consistió en los historiales que se tenían donde no fue necesario la participación del usuario y se prosiguió a documentar la información colectada.

Finalmente mencionada información se plasmó en un inventario general con el fin de llevar un control óptimo, el cual se dividió en campos específicos como la ubicación, capacidad, marca, modelo, serie, ID, etc.

4.2 Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el software Microsoft Office Excel, para la elaboración del inventario, primeramente se acudió a planta para ubicar los equipos, posteriormente con formatos para el llenado de datos técnicos, el cual fue verificado por el usuario del área firmando el documento de validación, continuando con la elaboración se hizo una supervisión del área como inspección de que no quedara ningún equipo fuera del listado, finalmente se prosiguió a vaciar los datos en el documento de Excel para la evaluación estadística de los periodos de calibración así como es status de los equipos respecto sus rango de operación y respetando el correcto funcionamiento.

Cabe hacer mención que toda esta información es clasificada y respaldada por ambas compañías, esto con la finalidad de evitar problemas legales y cumplir con el objetivo de la acreditación de la planta embotelladora.

LEVANTAMIENTO DE DATOS

En esta parte se explica el procedimiento para recolección de datos, primeramente se identificó el equipo en el área y sus datos técnicos.



Ilustración 19 AUTOCLAVE

En la ilustración 19 se observa la identificación del equipo en este caso de una cámara termica denominada Autoclave ubicada dentro del departamento de microbiología, este equipo se caracteriza por que combina la presión de trabajo respecto a la temperatura y es ocupada para esterilizar muestras de fermentación entre otros cultivos.

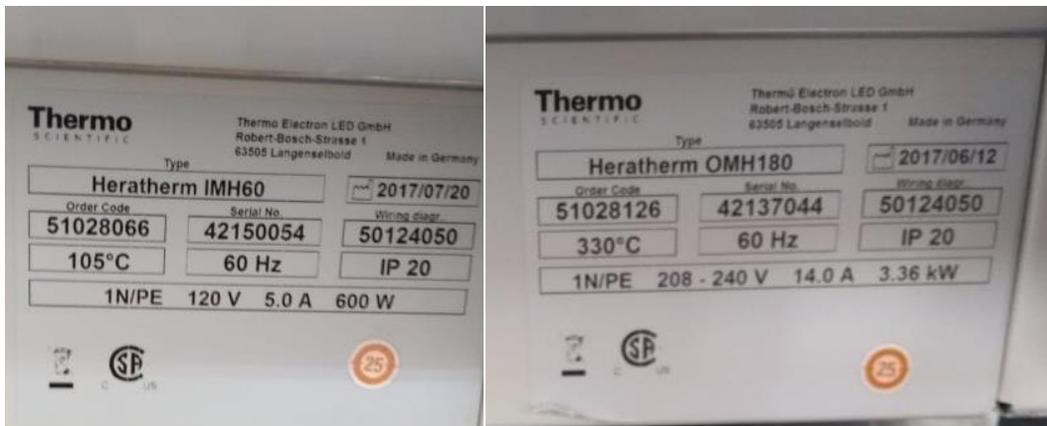


Ilustración 20 Fichas técnicas de incubadoras

En la ilustración anterior se muestra el ejemplo de la recolección de datos técnicos, haciendo mención a la ficha técnica, datos relevante que fueron fundamentales para establecer intervalos de medición en este caso los datos ilustrados son de dos incubadoras.



Ilustración 21 Datos técnicos

PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez recolectada la información se procedió realizar el registro en el formato de la empresa ETALONS donde se describe el instrumento, la marca, modelo etc.

ETALONS
SERVICIOS DE CALIBRACION

Reporte de Servicio en Planta

Empresa: Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma Sa de CV Fecha: 26/01/2018
 Dirección: Sur 10 poniente 9 km Col Centro
Orizaba Ver. 94300

Temperatura: 22.5°C Orden de venta: 18EM1743 H.R. Inicial: 50.50%
24.5°C H.R. Final: 49.50%

No. De Informe Asignado	Instrumento	Marca	Modelo	Serie	No. De Cert.	Control (+/-)	No. Semanal	Di
1	18EM1743T09	Baño de temperatura	Elbanton	0°C Baño de te	201011984	AC-CA-013-02	✓	12
2	18EM1743T10	Baño de temperatura	Elbanton	50°C Baño de	201011985	AC-CA-013-03	✓	12
3	18EM1743T12	Baño de temperatura	Thermo Scient	2837 112970-3480		AC-CA-013-06	✓	12
4	18EM1743T19	Refrigerador	Imbera	VR17	135120602283	AC-CA-018-07	✓	12
5	18EM1743T20	Refrigerador	Imbera	VR17	1351320602244	AC-CA-018-08	✓	12
6	18EM1743T21	Refrigerador	Imbera	VR17	135120803960	AC-CA-018-09	✓	12
7	18EM1743T24	Refrigerador	Imbera	VR17CBMAD	135120803951	AC-CB-006-05	✓	12
8	18EM1743T36	Estufa	Thermocenter	TC40S	314130105	AC-CA-024-01	✓	12
9	18EM1743T37	Estufa	Heraeus	S/M	50302019	AC-CA-024-02	✓	12
10	18EM1743T11	Baño de temperatura	THERMO SCIE	2854 113033-1455		AC-CA-013-04	✓	12
11	18EM1743T14	Baño de temperatura	Labnet	D1100	SE1730119	AC-CB-017-01	✓	12
12	18EM1759T01	Baño de temperatura	THERMO SCIE	TSCCR19	300174842	AC-CA-013-13	✓	12
13	18EM1759T02	Incubadora	THERMO SCIE	IMH60	42146530	AC-CB-004-06	✓	12
14	18EM1759T03	Incubadora	THERMO SCIE	IMH61	42150054	AC-RF004-02	✓	12
15	18EM1743T15	Baño de temperatura	lab companoin	RW-1025G	VS079330	AC-CA-013-05	✓	12
16	18EM1743T83	Autoclave	Market-Forge	STM-E	164558	AC-CB-003-01	✓	12
17	18EM1743T84	Autoclave	Market-Forge	STM-EL	206771	AC-CB-003-02	✓	12

Nota: Por favor anotar al reverso los detalles que se detecten de cada instrumento, es decir, sólo en caso de que aplique por:
 Daño, mal funcionamiento, equipo fuera de orden de servicio, equipo no encontrado, etc.

Realizado por: Cecilia Ramirez Sedelino Recibido por: CLAUDIA BEATRIZ ALVAREZ 23210
 Nombre y firma Nombre, firma y teléfono

Ilustración 22 Formato de registro

En la ilustración anterior podemos observar el formato de registro para su posterior llenado en digital en el inventario, cabe destacar que el usuario encargado del área debe firmar el registro como validación fidedigna de la información colectada.

Inventario de información Colectada.

En este apartado se estableció el inventario general con la información recolectada de los equipos, cabe mencionar que esto solo fue el registro con el cual se dio inicio al establecimiento del desarrollo concreto del proyecto.

Este inventario fue de vital importancia ya que los puntos establecidos como la frecuencia de calibración e intervalos de medición fueron proporcionados por el cliente, pero para el desarrollo de la confirmación metrológica fue necesario apegarse a la norma IEC/17025 para establecer correctamente tanto la frecuencia de calibración como los intervalos ideales para el equipo, ya que intervienen diferentes factores de errores denominados incertidumbre la cual es el parámetro asociado a un mensurando en la cual se dispersara en la amplitud de la medición.



Inventario General

4.3 Propuesta de solución

La propuesta de solución al problema de este proyecto es desarrollar el control de las calibraciones de los equipos mediante la implementación de un histograma de calidad donde se representa a largo plazo (12 meses), el comportamiento del error máximo adquirido durante la calibración, respecto a la frecuencia en este caso anual.

Por otra parte también se estableció que la frecuencia se realizara cada 12 meses por petición del cliente, así como recomendación del fabricante, todo esto en base a conocimientos previos por parte del usuario.

Cabe mencionar que este monitoreo se debe realizar por norma establecida hasta dos años para determinar el intervalo preciso de calibración. Por lo que se pretende identificar mediante el procedimiento establecido en la norma IEC 17025 siguiendo la metodología establecida con la finalidad de validar y respaldar la frecuencia de calibración proporcionada.

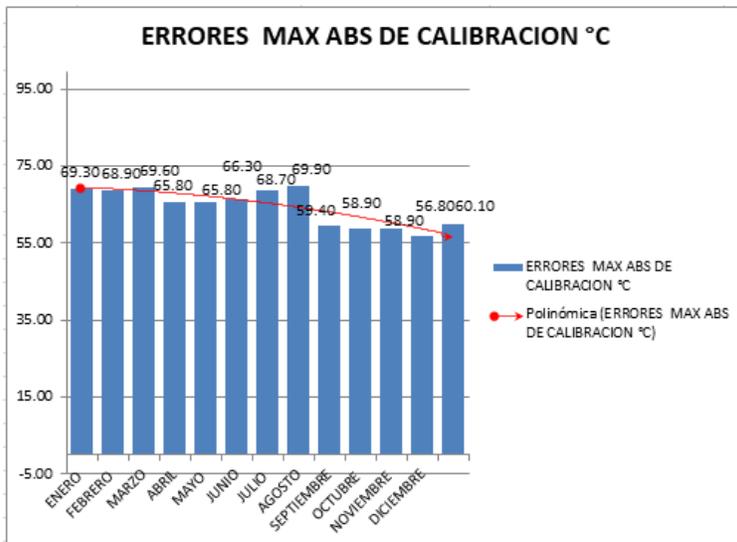


Ilustración 23 Histograma de calibración

En la ilustración 23 se observa el histograma realizado, el desarrollo se explicara posteriormente en el apartado de evaluación estadística de la información colectada, donde se detalla el procedimiento para el desarrollo del mismo.

Finalmente para la propuesta de solución al problema también se estableció un conjunto de operaciones para eliminar los posibles errores, mediante la elaboración de un procedimiento de calibración enfocado a cámaras térmicas implementando las pruebas (SAT = System Accuracy Test) y la homogeneidad de la temperatura del horno (TUS = Temperatura Uniformity Survey). Establecidas en la norma AMS 2750.

De igual forma se estableció el cálculo de la incertidumbre para hacer fidedigna la calibración, por otra parte también se desarrolló el análisis de funcionamiento de las cámaras térmicas, entre otras actividades cabe destacar la determinación de intervalos de calibración.

Finalmente como aplicación de conocimientos adquiridos se llevó acabo el análisis de mantenimiento preventivo para establecer un programa el cual tiene como objetivo optimizar el tiempo de disponibilidad y realizar inspecciones periódicamente para evitar daños al equipo y mantener en óptimas condiciones.

4.4 Desarrollo del proyecto

DETERMINACIÓN DE INTERVALOS DE CALIBRACIÓN

En este apartado lo que se desarrolló fueron los intervalos ideales (frecuencia de calibración) para los equipos, cabe mencionar que de igual manera se basó en la recomendación del cliente.

Por otro lado también fue necesario basarnos en recomendaciones del fabricante, como referencia. Por consiguiente apegándonos a la norma ISO /17025 se utilizó el método “tiempo calendario” y “tiempo en uso” descrito en la recomendación de OIML D 10.

Para estimar el intervalo de calibración fue necesario determinar la tolerancia y deriva de los equipos en un punto de calibración con la mayor desviación dentro del alcance de medición. Para ello se describe el siguiente ejemplo de un baño de temperatura de 0°C utilizando la siguiente formula:

$$\text{intervalo de calibración(meses)} = \pm \text{tolerancia} \div \text{deriva}$$

Dónde tolerancia = $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Establecida por el fabricante para este equipo)

Deriva= Error de un instrumento al paso del tiempo.

$$\text{Deriva} = \text{Desviación (Error)} \div \text{Tiempo en uso de calibración.}$$

Posteriormente para establecer dicho paradigma se calibro el equipo tomando en cuenta un periodo de 24 hr., debido a que el equipo está en operación todo el día por otro lado con el objetivo de monitorear su comportamiento y establecer las desviaciones arrojadas de la calibración con el fin de obtener la deriva del instrumento:

Entonces:

Error máximo identificado: 0.30°C

Error mínimo identificado: 0.10°C

Desviación=Error máx.+ Error min.

Desviación = 0.40°C

$$\text{Deriva} = 0.40^{\circ}\text{C} \div 24 \text{ HRS}$$

$$\text{Deriva} = 0.016^{\circ}\text{C para 24 hrs}$$

$$\text{intervalo de calibración} = \pm 2^{\circ}\text{C} / 0.016$$

intervalo de calibración= 12.5 meses.

Finalmente asociamos este valor a la recomendación del fabricante donde nos cercioramos que establece su calibración a doce meses.

Instrumento	Intervalo Calibración Inicial (meses)	Fuente
Cinta de 28 m	60	NIST
Cinta de 7 m	60	NIST
Regla de acero 45 cm	120	NIST
Regla rígida de acero 1 - 3 m	24	Nordtest
Banco de longitud	24	Labs
Balanza para pesar (requiere verificaciones intermedias)	12	Nordtest
Pesas 1 kg (no aplicaciones comerciales)	48 60	NIST Nordtest
Pesas 2 kg - 30 kg	12	Labs
Pesas 1 mg - 500 g	6	Labs
Pesas 1 mg - 25 kg	12	Labs
Transductor de fuerza	24	DIN
Transductor de fuerza	12	Nordtest
Multímetro	12	Nordtest
Calibrador eléctrico	12	Nordtest
RTD 25,5 ohm	36	NIST
Termómetro L	24 a 36	Nordtest
Termómetro LIV patrón	6	Labs
Termopar o resistencia	6 a 24	Nordtest
Termistor patrón	12	Labs
RTD 100 ohm	12	Labs
Barómetro	12	NIST
Higrómetro	24	NIST
Termómetro	12	Labs
Balanza Presión > 0,06	12	SNC
Manómetro Bourdón	6	SNC
Transductor presión	6	SNC

Tabla 1 Ejemplos de intervalos de calibración

Ilustración 24 Ejemplo de intervalos de calibración

En la ilustración se muestra en base a distintos laboratorios las frecuencias de calibración establecidas para los instrumentos de medición.

Evaluación estadística de información colectada

Para el desarrollo de este apartado lo que se procedió fue a basarnos en el historial de calibraciones que se desarrollaron anteriormente, en base a ellos se obtuvieron sus errores máximos y mínimos, posteriormente se promediaron ambos estableciendo así como el límite Superior (error máx.), límite inferior (error min), y como el límite central se estableció el promedio, esto se graficó respecto a los intervalos de medición quedando de la siguiente manera:

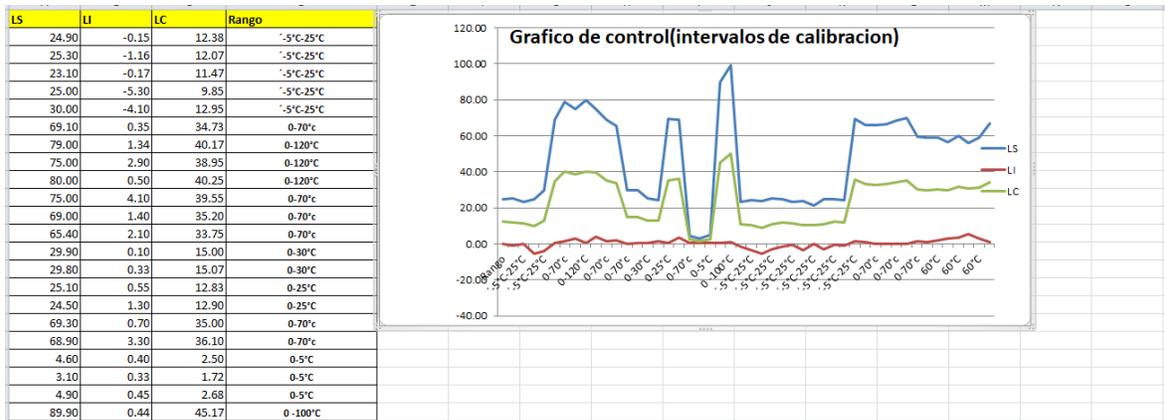


Ilustración 25 Grafico de control

En la ilustración 25 podemos observar el comportamiento de los errores de calibración respecto a los intervalos, por lo cual se deduce el monitoreo de las diferencias sistemáticas en los instrumentos de medición los cuales se ven afectados mediante una incertidumbre la cual puede ser los cambios periódicos en el ambiente, la humedad relativa etc.

Posteriormente se implementó el histograma con la finalidad de observar la línea de tendencia comparando los errores de calibración respecto a la frecuencia de la misma en este caso calculada a 12 meses, sus eventos de calibración fueron representados de la siguiente manera:

EVENTOS DE CALIBRACION															
ERRORES MAX ABS DE CALIBRACION °C	ERROR MINIMO °C	Intervalos de calibración	CUENCIA DE CALIBRACION/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
24.90	-0.15	-5°C-25°C	12	X											
25.30	-1.16	-5°C-25°C	12		X										
23.10	-0.17	-5°C-25°C	12			X									
25.00	-5.30	-5°C-25°C	12				X	X	X				X	X	
30.00	-4.10	-5°C-25°C	12							X					
69.10	0.35	0-70°C	12												X
79.00	1.34	0-120°C	12	X											
75.00	2.90	0-120°C	12		X										
80.00	0.50	0-120°C	12				X								
75.00	4.10	0-70°C	12					X							
69.00	1.40	0-70°C	12						X						
65.40	2.10	0-70°C	12					X	X						
29.90	0.10	0-30°C	12							X					
29.80	0.33	0-30°C	12												
25.10	0.55	0-25°C	12												
24.50	1.30	0-25°C	12												
69.30	0.70	0-70°C	12					X		X					X
68.90	3.30	0-70°C	12					X		X	X				
4.60	0.40	0-5°C	12								X			X	X
3.10	0.33	0-5°C	12										X	X	
4.90	0.45	0-5°C	12								X				
89.90	0.44	0-100°C	12			X				X			X		
99.40	1.13	0-100°C	12	X	X		X			X					
23.50	-1.50	-5°C-25°C	12	X						X					
24.50	-3.40	-5°C-25°C	12			X	X	X	X						
23.60	-5.50	-5°C-25°C	12		X	X	X	X	X	X					
25.40	-3.10	-5°C-25°C	12	X	X						X		X		

Ilustración 26 Datos estadísticos de las calibraciones

Posteriormente se graficaron estos resultados de la siguiente forma:



Ilustración 27 Histograma

En la ilustración anterior podemos observar el desarrollo del histograma para lo cual primero se estableció que los datos se desarrollaron en 12 clases, la que tiene mayor frecuencia como podemos observar es el intervalo de agosto, cabe hacer mención en la disminución del error después de la calibración teniendo una frecuencia de 75 °C máxima como error.

Por otra parte podemos observar el comportamiento a doce meses, donde podemos definir así la frecuencia ideal, esto debido a que en doce meses el error se mantuvo uniforme respecto al tiempo, esto también nos da como interpretación que el error decrece si se calibra bajo la frecuencia absoluta calculada y por consecuencia si la frecuencia no es calculada el error aumenta.

TRAZABILIDAD DE MEDICIONES

En esta parte se hace mención a la confirmación metrológica en el aparatado de trazabilidad, donde se estipula la medición del patrón de calibración para cámaras térmicas el cual es un sistema de adquisición de datos (DAQ) con canales de entrada donde se conectan termopares tipo T, K y J regularmente esto con la finalidad de distribuirlos como se menciona anteriormente en el procedimiento de manera uniformemente distribuidos. Cabe hacer mención que debemos recordar que la trazabilidad es la cadena ininterrumpida de comparaciones. Esto deber ser de la siguiente manera representada gráficamente:



Ilustración 28 Pirámide de Trazabilidad

Carta de trazabilidad

En esta parte observaremos la carta de trazabilidad de nuestro patrón para calibrar cámaras térmicas el cual es un conjunto de comparaciones entre patrones con mayor exactitud ante un laboratorio de referencia, que a su vez sus patrones deben ser calibrados ante un laboratorio con patrones aún más exactos y precisos con su respectiva trazabilidad ante el CENAM.

Por otra parte cabe hacer mención que nuestro sistema de adquisición de datos utilizado como patrón a su vez es calibrado por patrones internos que a su vez desglosan la trazabilidad, esto es de suma importancia para la elaboración de informes de calibración ya que el final de la pirámide de la trazabilidad son los instrumentos de medición.

Finalmente se expresa que el informe de calibración debe tener el patrón de referencia con el que se calibro el equipo así como su vigencia actual del patrón para validar dicha calibración ya que si un patrón esta vencido el informe no tiene validez.

Estimación de incertidumbre del proceso de medición

Desarrollo matemático

El presente desarrollo se basa en la norma JCGM 100:2008,2012.

Para el desarrollo de la misma primeramente se establecieron las Fuentes de incertidumbres relacionadas al mensurando.

Matemáticamente representado:

$$f(x) = \{x_1, x_2, x_3 \dots x_n\}$$

F(x)= Cualquier magnitud física atribuida al mensurando

X= hace referencia a las causas de la incertidumbre también se puede representar como $x_i = \text{isesima fuente de incertidumbre}$

Posteriormente se debe cuantificar La incertidumbre de una magnitud de entrada x_i obtenida a partir de observaciones repetidas bajo condiciones de repetibilidad, se estima con base en la dispersión de los resultados individuales.

Se cuantifica en dos tipos, comenzando entonces tenemos:

Incetidumbre tipo A

Si X_i se determina por n mediciones independientes, resultando en valores q_1, q_2, \dots, q_n , el mejor estimado x_i para el valor de x_i es la media de los resultados individuales:

$$x_i = q \sim = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j$$

$q \sim =$ Media aritmética del mensurando

$n =$ puede tomar cualquier valor (1,2,...n mediciones)

$j=1$ cuando n tiende a 0.

Entonces se procedió a establecer el conjunto de datos (muestras) de los mensurados respecto al patrón de calibración en un intervalo de 300 °c.

N1=299.85°C

N2=285.30°C

N3=301.24°C

N4=303.34°C

N5=300.01°C

Posteriormente identificando como fuente de incertidumbre el componente de respetabilidad se procedió a desarrollar la siguiente ecuación:

$$xi = q \sim = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n qj$$

$$q \sim = \frac{299.85+285.30+301.24+303.34+300.01}{5}$$

$q \sim = 297.948^\circ\text{C}$

Promedio de una serie de datos:

En la mayor parte de los casos, la mejor estimación disponible de la esperanza, matemática (Uq) de una magnitud (q) que varía al azar es decir una variable aleatoria, de la que se han obtenido n observaciones independientes (qk) en las mismas condiciones de medida, es la media aritmética (q~) de las n observaciones.

Posteriormente se procedió a calcular la varianza experimental del mensurando:

$$s^2 = (qk) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (qj - q \sim)^2$$

Los valores obtenidos de las observaciones individuales qk difieren en razón de las variaciones aleatorias de las magnitudes de influencia o de efectos aleatorios. La varianza experimental de las observaciones, que se estima la varianza de la distribución de probabilidad de (q), viene dada por la ecuación anterior.

Por consiguiente tenemos que:

$$s^2 = (299.85 - 297.948)^2 + (285.30 - 297.948)^2 + (301.24 - 297.948)^2 + (303.34 - 297.948)^2 + (300.01 - 297.948)^2$$

$$n-1 = (5-1)=4$$

$$s^2 = 7.20^\circ\text{C}$$

La dispersión de los resultados de la medición q_1, q_2, \dots, q_n para la magnitud de entrada X_i se expresa por su desviación estándar experimental:

$$s(q) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}$$

La incertidumbre estándar $u(x_i)$ de X_i se obtiene finalmente mediante el cálculo de la desviación estándar experimental de la media:

$$u(x_i) = s(\bar{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}}$$

Posteriormente se obtuvo derivada de ello la desviación estándar experimental recordando que la operación inversa de s^2 (varianza) es la raíz cuadrada ($\sqrt{\quad}$) del resultado. $S = \sqrt{\text{varianza}}$. Luego entonces:

$$S = \sqrt{7.20} = 2.68454^\circ\text{C}$$

Finalmente tenemos que la incertidumbre: $ua = \frac{s}{\sqrt{n}}$

Luego entonces el resultado final sustituyendo datos:

$$ua = \frac{2.68454}{\sqrt{5}}$$

$$ua = \frac{2.68454}{2.23606}$$

$$ua = 1.20056707^\circ\text{C}$$

Como conclusión de desarrollo establecido se puede interpretar que con el patrón de calibración tendremos un error de 1.20056707°C por lo que es de vital importancia mencionarlo en el certificado de calibración haciendo referencia a que esto se estipuló en base a un factor de cobertura $K=2$ con un nivel de confianza del 95% con la incertidumbre expandida (Incertidumbre tipo b).

INCERTIDUMBRE TIPO B

La evaluación tipo B de la incertidumbre típica se utiliza cuando la estimación x_i de una magnitud de entrada X_i no ha sido obtenida a partir de observaciones repetidas. La varianza estimada asociada $u^2(x_i)$, o la incertidumbre típica $u(x_i)$, se obtiene entonces mediante decisión científica basada en la información disponible acerca de la variabilidad posible de X_i . El conjunto de la información

puede comprender: - resultados de medidas anteriores; - la experiencia o el conocimiento general del comportamiento y propiedades de los materiales y los instrumentos utilizados; - las especificaciones del fabricante; - los datos suministrados por certificados de calibración u otros certificados; - la incertidumbre asignada a valores de referencia procedentes de libros y manuales. Según la fuente de la que se obtiene esa incertidumbre tipo B, ésta se estimará de distinta manera. Algunos ejemplos de evaluación tipo B son:

Incertidumbre debida al patrón o instrumento calibrado

La incertidumbre típica se obtiene dividiendo la incertidumbre expandida dada en el certificado de calibración del patrón por el factor de cobertura indicado:

$$u(p) = \frac{U(p)}{k}$$

Incertidumbre debida a la resolución

Una de las fuentes de incertidumbre de un instrumento es la resolución de su dispositivo indicador, si se trata de un instrumento digital, o la incertidumbre debida a la resolución de lectura, si se trata de un instrumento analógico. En el caso del instrumento analógico la resolución depende del operador o de los medios que éste emplee en la lectura (amplificación óptica, p. ej.).

Si la resolución del dispositivo indicador es δx , el valor de señal de entrada que produce una indicación dada X puede situarse con igual probabilidad en cualquier punto dentro del intervalo que va de $(X - \delta x/2)$ a $(X + \delta x/2)$. La señal de entrada puede describirse entonces por medio de una distribución rectangular de rango δx y varianza $u^2 = (\delta x)^2 / 12$, lo que supone una incertidumbre típica para cualquier indicación de:

$$u(d) = \frac{\delta x}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre debida a la deriva del patrón

La deriva de un patrón no es fácil de determinar en muchos casos, y es un parámetro independiente y característico de cada patrón. Su valor depende, entre otros factores, de las condiciones de uso y mantenimiento, de la frecuencia de utilización, de la exactitud del instrumento, del periodo entre calibraciones, etc. Para su cálculo, se puede partir del histórico de calibraciones sucesivas del patrón y estimar una variación del valor certificado δp . Para la evaluación de la incertidumbre podremos aplicar un tipo de distribución rectangular o triangular según los conocimientos que tengamos del histórico del patrón. Se darán más ejemplos calculados al final del texto.

1. DISTRIBUCION NORMAL



Ilustración 29 Distribución normal

La tabla de la distribución normal presenta los valores de probabilidad para una variable estándar Z , con media igual a 0 y varianza igual a 1.

Para usar la tabla, siempre debemos estandarizar la variable por medio de la expresión:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Siendo x el valor de interés; μ la media de nuestra variable y σ su desviación estándar. Recordemos que μ y σ corresponden a parámetros, o sea valores en el universo, que generalmente no conocemos, por lo que debemos calcular Z usando los datos de nuestra muestra.

En general, el valor de Z se interpreta como el número de desviaciones estándar que están comprendidas entre el promedio y un cierto valor de variable x . En otras palabras, se puede decir que es la diferencia entre un valor de la variable y el promedio, expresada esta diferencia en cantidad de desviaciones estándar.

$$Z = X - \frac{M}{\sigma}$$

$$Z = X - \sim \frac{x}{\sigma}$$

Luego entonces en la incertidumbre A tenemos que la varianza =

$$s^2 = 7.20^\circ\text{C}$$

Y una desviación estándar de = 2.68454°C

Posteriormente calcularemos la probabilidad de que las mediciones excedan los 2.68454°C a partir de la media.

$$Z = X - \frac{\tilde{x}}{\sigma}$$

De tal manera que para obtener la desviación estándar muestral haciendo alusión a la variable experimental.

$$\sigma_{n-1} = s = \sqrt{2.68454^{\circ}\text{C}} \\ = 1.6384^{\circ}\text{C}$$

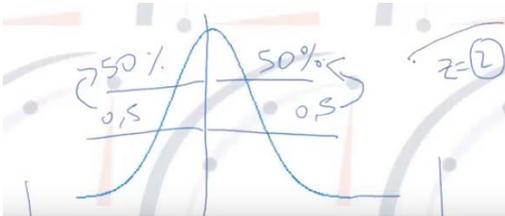
Luego:

$$Z = X - \frac{\tilde{x}}{\sigma}$$

$$= 7.20 - 2.68454 / 1.6384^{\circ}\text{C}$$

$$z = 2.75 \%$$

Posteriormente en tablas normalizadas cuando Z vale 2= 0.4772, trabajando con el 0.5 que representa la mitad de la campana de distribución:



Se tiene que $0.5 - 0.4772 = 0.0228$

Lo que es igual a un 2.28% de probabilidad de que rebase nuestra incertidumbre exceda la tolerancia establecida.

Distribución rectangular o uniforme

En teoría de probabilidad y estadística, la distribución uniforme continua es una familia de distribuciones de probabilidad para variables aleatorias continuas, tales que para cada miembro de la familia, todos los intervalos de igual longitud en la distribución en su rango son igualmente probables. El dominio está definido por dos parámetros, a y b , que son sus valores mínimo y máximo. La distribución es a menudo escrita en forma abreviada como $U(a,b)$.

La función de densidad de probabilidad de la distribución uniforme continua es:

Los valores en los dos extremos a y b no son por lo general importantes porque no afectan el valor de las integrales de $f(x) dx$ sobre el intervalo, ni de $x f(x) dx$ o expresiones similares. A veces se elige que sean cero, y a veces se los elige con el valor $1/(b - a)$. Este último resulta apropiado en el contexto de estimación por el método de máxima verosimilitud. En el contexto del análisis de Fourier, se puede elegir que el valor de $f(a)$ o $f(b)$ sean $1/(2(b - a))$, para que entonces la transformada inversa de muchas transformadas integrales de esta función uniforme resulten en la función inicial, de otra forma la función que se obtiene sería igual "en casi todo punto", o sea excepto en un conjunto de puntos con medida nula. También, de esta forma resulta consistente con la función signo que no posee dicha ambigüedad.

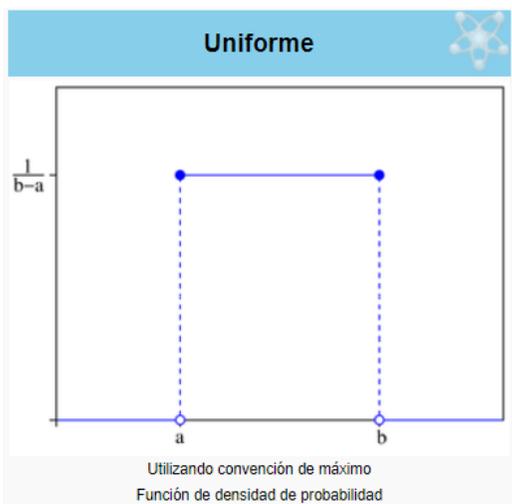


Ilustración 30 distribución rectangular

Posteriormente se procedió a calcular la distribución rectangular la cual hace alusión a la resolución.

Aplicando el modelo de densidad uniforme se tiene la incógnita $\frac{1}{b-a}$, tomando como intervalos a y b a dos números en este caso de 2 a 5°C, esto debido a la tolerancia del instrumento:

Se planteó la siguiente hipótesis haciendo referencia a la probabilidad de la distribución normal, $x=2.5$, puede tomar cualquier valor entre 2.25 y 4.75.

Posteriormente:

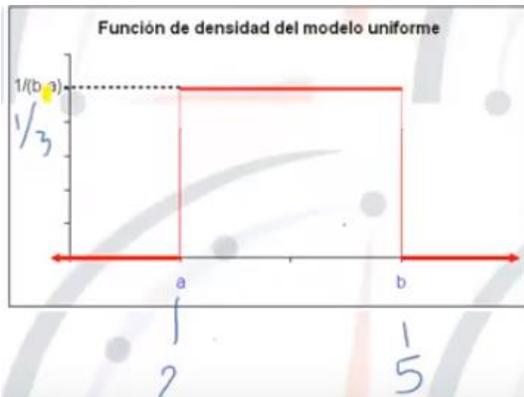


Ilustración 31 Distribución Rectangular

En esta parte se procedió a calcular el área bajo la curva teniendo en cuenta que

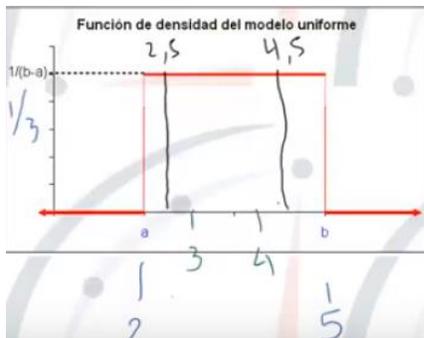


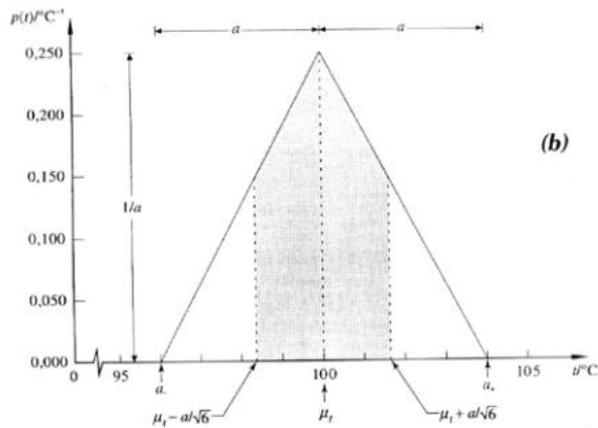
Ilustración 32 Probabilidad

$$P(2.5 < X < 4.25)$$

$$\text{Área} = (4.25 - 2.25)(1/3) = 1.75/3$$

$$= 0.5833 = 58.33 \% \text{ de probabilidad}$$

Distribución Triangular



Para un nivel de confianza p se calcula la integral de la función de densidad:

$$\int_{y-up}^{y+up} f(y) = dy = \frac{2}{a^2} x (1 - (2(a - Up))) (a - Up) = p$$

$$1 - \frac{(a - Up)^2}{a^2} = p$$

Como la desviación típica es:

$$\sigma = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

$$K_p = \sqrt{6}(1 - \sqrt{1-p})$$

Operando se obtiene:

Nivel de confianza p (%)	Factor de cobertura k_p
98,32	1,4
95	1,9
99	2,2
100	2,4

Elaboración de mantenimiento preventivo

En este apartado de destaca la elaboración del formato de mantenimiento, resumiendo así el plan de mantenimiento para las cámaras térmicas.

Cabe destacar que el presente documento solo aplica a cámaras térmicas de -50°C a 300°C , y es responsabilidad del técnico realizar pasos cronológicamente establecidos, también podemos decir que con este plan de mantenimiento se complementa el plan de calibración esto debido a que los equipos están sometidos a una cierta degradación por el ambiente, etc.

Posteriormente con el plan de mantenimiento preventivo se pretende que alargue la perdurabilidad de los instrumentos con la finalidad de mantener sus condiciones específicas y sus condiciones óptimas de usos.

Por otra parte es de vital importancia mencionar que este plan de mantenimiento se debe realizar cada 6 meses basándonos en las especificaciones del fabricante, obteniendo así también que los equipos deben ser inspeccionado periódicamente con el fin de preservar de manera óptima también el plan de calibración.

Al realizar el mantenimiento preventivo de manera correcta evitamos averías al equipo y por consecuencia paros no programados, es aquí la cuestión donde podemos afirmar que si se tiene un correcto plan de mantenimiento los equipos tenderán a representar una línea de tendencia de error significativa o proporcional a la frecuencia, sin embargo si no se prevé la estimación de la frecuencia de calibración esto radicara en errores del instrumento o equipo fuera de tolerancias.

Para ejecutar el plan de mantenimiento, primeramente se establecieron una serie de actividades estandarizadas, esto debido a que las cámaras térmicas cambian respecto a sus dimensiones y capacidades según el modelo y equipo.

Por lo consiguiente, decimos que no todas las actividades plasmadas deben ser ejecutadas al mismo tiempo o en la misma forma ya que hay diversos equipos con distintos sistemas de temperatura y de monitoreo.

A continuación se presenta un ejemplo del formato establecido para la ejecución de mantenimiento, donde se verifico una incubadora del área de microbiología de la planta embotelladora.

Document Checklist Plan de Mantenimiento Preventivo a camaras termicas

Table 1 check list

FS.001	ETALONS SA DE CV	FECHA	HORA
	CHECK LIST DE ACTIVIDADES	24/03/2018	02:24
ID	1.0 Inspeccion	Realizado	N/R
1.1	Verificar corte de alimentación	√	
1.2	Verificación de temperatura ambiente	√	
1.3	Revisión de sellos hermeticos (tapas,paredes,juntas)	√	
1.4	Inspección Visual de la camara termica	√	
1.5	revisión de correderas (charolas)	√	
1.6	revisar el estado de la base del equipo	√	
1.7	verificar display de temperature	√	
1.8	revisión de bisagras de puerta o tapa	√	
1.9	Verificar termopar de control	√	
1.10	Inspeccionar que el area este despejada de elementos flamables	√	
1.11	Verificar extintor de seguridad en el area	√	
1.12	revison de clavija de alimentacion	√	
1.13	Revisar tierra fisica en buen estado	√	
1.14	Revisar elementos de sujecion del equipo	√	
1.15	Verificar la posición donde se encuentra instalado el condensador	√	
ID	2.0 Ajuste	Realizado	N/R
2.1	Desmontar termostato	√	
2.2	Drenar liquido refrigerante	√	
2.3	Ajustar tuvo capilar	√	
2.4	Desarmar Valvula de expansion	√	
2.5	Quitar compresor	√	
2.6	Desmontar elemento calefactory	√	
2.7	Quitar evaporador	√	
2.8	Lubricacion de compresor y elementos de sujecion	√	
2.9	Retirar la rejilla de protección y el filtro de protección del condensador	√	
3.0	Insertar una tira de papel de unos 5 cm de ancho, entre el empaque de la puerta y el reborde del cuerpo del refrigerador donde se aloja el empaque.	√	

3.1	Halar suavemente el papel desde el exterior.	√	
3.2	El papel debe presentar una resistencia a ser desplazado hacia afuera.	√	
3.3	Efectuar este procedimiento cada 10 cm alrededor de todo el perímetro sobre el cual actúa el empaque.	√	

ID	Limpieza	Realizado	N/R
4.0	Retirar la suciedad y el polvo depositados sobre la superficie del condensador.	√	
4.1	Recorrer toda la superficie del condensador para retirar la suciedad o el polvo acumulado	√	
4.5	Limpiar superficie exterior e interior de la cámara	√	
4.6	Limpieza de compresor	√	
4.7	Limpieza de evaporador	√	
4.8	Limpieza de la válvula de expansión	√	
4.9	Limpieza de sello hermético	√	

4.10	Retirar el agua a medida que esta se acumula en los compartimientos.	√	
4.11	Utilizar una esponja o una pieza de tela absorbente.	√	
4.12	Instalar elementos desmontados	√	
ID	5.0 Medicion	Realizado	N/R
5.1	Medir elemento calefactory	√	
5.2	Verificar que el espesor de la escarcha sea superior a 8 mm.	√	
5.3	Medir aislamiento(Ω)	√	
5.4	Al conectar medir Voltaje	√	
ID	6.0 Prueba	Realizado	N/R

6.1	Encender equipo	√	
6.2	Verificar el display	√	
6.3	Dejar abierto durante 1 hra	√	
6.4	Medir temperatura y humedad relativa	√	
6.5	Cerrar puerta	√	
6.6	Colocar termopar de control con indicador	√	
6.7	Esperar estabilizacion termica(10 min)	√	
6.8	Verificar el display y termopar	√	
Elaboró	Tec. Cesar Ramirez Celestino		

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 Resultados

Obteniendo resultados positivos del proyecto desarrollado podemos establecer que se cumple con el objetivo mencionado anteriormente, por medio del análisis y el monitoreo de nuestro indicador a largo plazo, cabe mencionar que nuestros indicadores de calidad son el histograma así como el grafico de control obtenido a través de las mediciones realizadas donde obtuvimos la frecuencia de calibración, dando así lugar a una evaluación certera del plan de calibración.

LS	LI	LC	Rango
24.90	-0.15	12.38	-5°C-25°C
25.30	-1.16	12.07	-5°C-25°C
23.10	-0.17	11.47	-5°C-25°C
25.00	-5.30	9.85	-5°C-25°C
30.00	-4.10	12.95	-5°C-25°C
69.10	0.35	34.73	0-70°C
79.00	1.34	40.17	0-120°C
75.00	2.90	38.95	0-120°C
80.00	0.50	40.25	0-120°C
75.00	4.10	39.55	0-70°C
69.00	1.40	35.20	0-70°C
65.40	2.10	33.75	0-70°C
29.90	0.10	15.00	0-30°C
29.80	0.33	15.07	0-30°C
25.10	0.55	12.83	0-25°C
24.50	1.30	12.90	0-25°C
69.30	0.70	35.00	0-70°C
68.90	3.30	36.10	0-70°C
4.60	0.40	2.50	0-5°C
3.10	0.33	1.72	0-5°C
4.90	0.45	2.68	0-5°C
89.90	0.44	45.17	0-100°C

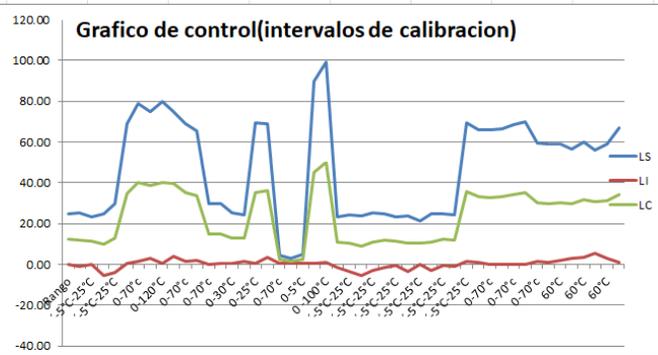
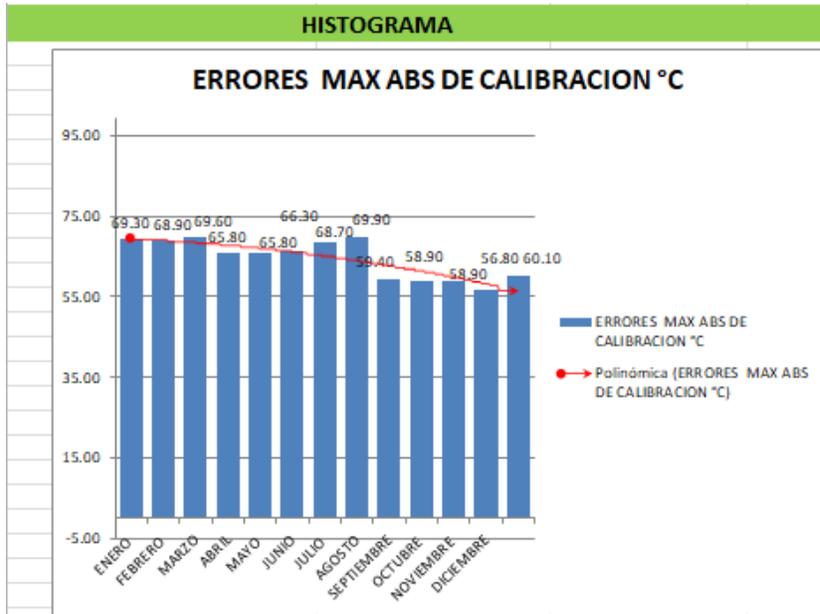


Ilustración 33 Grafico de Control

Por otra parte cabe mencionar el cálculo de la frecuencia donde obtuvimos como resultado 12 meses y cabe hacer mención que el soporte de este proyecto fueron una serie de actividades complementarias como el desarrollo de un procedimiento de calibración, el histograma de calidad implementado donde se obtuvo como resultado la línea de tendencia de las calibraciones monitoreando los errores obtenidos.

Cabe destacar que los resultados de este proyecto se representan en informes de calibración de la empresa ETALONS SA DE CV. Por confidencialidad no se plasman en el presente documento debido a normas y políticas establecidas.



intervalo de calibración = $\pm 2^{\circ}\text{C}/0.016$

intervalo de calibración = 12.5 meses.

Cabe destacar que como parte del programa de mantenimiento preventivo se desarrolló una hoja de vida con las especificaciones del equipo para hacer complemento de la confirmación metrológica. A continuación se presenta un ejemplo:

HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS



Table 2 hoja de vida

IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	
Nombre del Equipo:	Refrigerador Imbera
Ubicación del equipo:	Laboratorio de Microbiología
Marca:	Imbera
Modelo:	VR17
Serie:	135101002819
Fecha de puesta en funcionamiento:	16/03/2018
DATOS DEL PROVEEDOR	
Fabricante y Lugar de origen:	IMBERA MEXICO
Fecha de adquisición:	12/01/2018
Nombre de proveedor y Dirección:	Imbera Carretera México Tequisquiapan Km 3.2, Zona Industrial Valle de Oro, CP 76800. San Juan del Río, Querétaro.

Datos de contacto E-mail, teléfono:		+52 (55) 41 69 40 07			
Posee catálogo de manejo u operación:		Si			
Mantenimiento indicado por el fabricante:		Mantenimiento Preventivo cada mes .			
Condiciones de operación:		Volumen: 490.6 lt Peso Neto: 100.5 kg Consumo de energía : 3.291 kWh/24h Amperaje: 3.6 A.			
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO					
Medición a realizar:		Temperatura de -5 °C – 23°C			
Rango de Uso:		5°C-19°C			
Resolución:		.1 °C			
Exactitud:		± 0,5%			
Frecuencia de Calibración:		12 meses			
Frecuencia de Verificación:		6 meses			
Patrones:		Tarjeta de Adquisición de datos, Termopares tipo T,J			
Garantía: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Fecha de Inicio: Hora Neta o Fracción Fecha de Terminación: 24 hrs de Calibración			
CONTROL DE ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
FECHA	C	V	M	Descripción	Responsable
01/04/2018	√			Calibración de Equipo	Cesar Ramírez Celestino

En la tabla anterior podemos observar la hoja de vida establecida para las cámaras térmicas esto es de vital importancia para los equipos, porque en los certificados de calibración emitidos por la empresa ETALONS se plasman datos técnicos del equipo como su marca, modelo, serie, id, fecha de calibración y fecha de vencimiento, es decir que si uno de estos datos fueran erróneos por lo menos en un numero ya el certificado de calibración seria anulado esto respecto a la normatividad aplicada mencionado otro punto aluzado al tema podemos

establecer este documento como un documento de apoyo para la planta embotelladora ya que ellos manejan programas de mantenimiento interno altamente confidenciales, por ello mismo nosotros establecimos una verificación propia de los instrumentos bajo calibración.

Esta hoja de verificación nos sirvo de una manera positiva al proyecto puesto que si el personal no fuese el mismo es decir que calibre dicho instrumento otro metrologo podrá encontrar esta hoja de respaldo en los equipos como parte dela recolección de información para el desarrollo de una calibración.

Mencionada hoja de verificación consta de información vital del equipo como lo es datos técnicos de fabricación y de operación, así como los intervalos establecidos de calibración, exactitud, tolerancia, resolución etc.

INDICADORES DERIVADOS DE P-H-V-A.

Se recalca la importancia de establecer indicadores para cada una de las fases del PHVA, dado que no se puede descuidar el impacto que puede producir el hecho de no medir la gestión de cada una de ellas. Por esto se proponen indicadores de gestión para que los responsables de cada una de las etapas agreguen valor al propósito de la gestión metrológica. Esto en forma coherente con los agentes involucrados como son: La organización, los ejecutores, Organización Personal Equipo Medición Producto Cliente en proceso Producto final P H V A Liderazgo; Recursos económicos Competencia; Capacitación y entrenamiento Selección de equipos y patrones Eficacia; Trabajo en equipo Indicadores del proceso de gestión metrológica 2 ; 4 1 ; 5 2 3 ; 7 6 Satisfacción; (aliados estratégicos), los equipos y lógicamente el cliente (interno y externo).

Organización	Personal	Equipo	Medición		Cliente
			Producto en proceso	Producto final	
P	H		V		A
Liderazgo; Recursos económicos	Competencia; Capacitación y entrenamiento	Selección de equipos y patrones	Eficacia; Trabajo en equipo	Satisfacción; Mejora	
Indicadores del proceso de gestión metrológica					
2 ; 4	1 ; 5	2	3 ; 7	6	

Cuadro 1. Indicadores del proceso de gestión metrológica, enfoque PHVA.

Ilustración 34 CICLO PHVA SEGUN NORMA IEC 17025

En la ilustración anterior podemos mencionar que este ciclo está basado en la norma de acreditación el cual puede ser moldeable a las necesidades y alcances de las empresas del giro.

Cabe destacar que se enfocó a dos indicadores haciendo referencia en este caso a calibraciones como tal, a competencia del personal por lo que a continuación se explica matemáticamente como se calcula el mencionado indicador.

COMPETENCIA: #equipos encontrados fuera de tolerancia y ajustados / #Total de equipos bajo responsabilidad usuario X 100

competencia: 40 equipos fuera de tolerancia y ajustados / 50 equipos responsabilidad del usuario X100

$$\text{Competencia} = 0.8 \times 100 = 80\%$$

Fundamentalmente se obtuvo un resultado del 80% en competencia, derivado de que el número de equipos detectados fuera de tolerancia fue un índice de 40 equipos, cabe destacar que todos fueron ajustados. Se pretende establecer que el índice de competencia aumente respecto a la capacidad técnica para el auste de los equipos dentro de la calibración.

INDICADOR DE ORGANIZACIÓN

En esta parte se explica el desarrollo del cálculo del indicador de organización respecto a la coordinación y programación de servicio de calibración con el cliente.

$$Org. = \frac{\# \text{días adicionales al control metrologico}}{\# \text{días actuales del intervalo}} \times 100$$

$$Org. = \frac{5 \text{ días adicionales}}{361 \text{ días del intervalo}} \times 100$$

$$Org. = 0.01 \times 100 = 1.38\%$$

La meta esperada según el programa interno de la empresa ETALONS se tiene que respecto a la organización la meta esperada es del 1%.

	Indicador	Meta
1	$\frac{\# \text{ Equipos no - conformes por causas atribuibles al mal uso}}{\# \text{ Total de equipos bajo responsabilidad usuario}} \cdot 100$	%
2	$\frac{\# \text{ Equipos encontrados fuera de especificación y ajustados}}{\# \text{ Total de equipos bajo responsabilidad área}} \cdot 100$	%
3	$\frac{\text{Cantidad estimada de producto no - conforme por ajuste tardío}}{\# \text{ Total producto entregado al cliente}} \cdot 100$	%
4	$\frac{\# \text{ Días adicionales en el periodo de control metrológico}}{\# \text{ Días actuales del intervalo}} \cdot 100$	1 %

Ilustración 35 Indicadores

En la imagen anterior podemos observar parte de las formulas e indicadores del programa de PHVA de la empresa ETALONS SA DE CV.

Como interpretación de indicador podemos decir que se cumplió con la meta establecida dando un valor agregado de .38% por encima de lo establecido.

PLAN DE CALIBRACION AL 100% DE LOS EQUIPOS

En esta parte hacemos mención al programa de calibración el cual fue diseñado por un servicio externo en un portal de internet.

CONCLUSIONES

Finalmente podemos establecer como conclusión que este proyecto tuvo un alto impacto en el ámbito de la calidad de la planta embotelladora, respectivamente los procesos fueron validados ante la acreditación de la planta por lo cual la compañía ETALONS SA DE CV actualmente es el proveedor en servicios de calibraciones con los mas altos estándares de calidad.

Cabe destacar que se logró el objetivo del proyecto dentro del alcance establecido ya que en el laboratorio de microbiología actualmente los equipos de cámaras térmicas se encuentran en constante monitoreo con el plan e calibración establecido y aunado a esto el plan de mantenimiento, con el cual se complementa la calidad del funcionamiento de los equipos llevados a sus más óptimas condiciones.

Por otra parte es de vital importancia mencionar el cálculo desarrollado para la frecuencia de calibración así como también el comportamiento de los errores obtenidos ya que esto fue el soporte y la base fundamental para determinar la confirmación metrológica.

También podemos establecer como resultado la contribución al manual de calidad de la empresa ETALONS con el desarrollo del procedimiento de calibración a cámaras térmicas, esto con la finalidad de poder llevar a cabo una calibración 100% traceable y fidedigna.

Finalmente, como resultado de la complejidad del proyecto establecemos que con el desarrollo del mismo se logró obtener el control del área de la planta embotelladora con el aseguramiento metrológico ante la norma ISO/IEC 17025 la cual nos respalda como laboratorio y dicha acreditación está establecida por el organismo Perry Johnson.

ANEXOS

Table 3 Confirmación metrológica

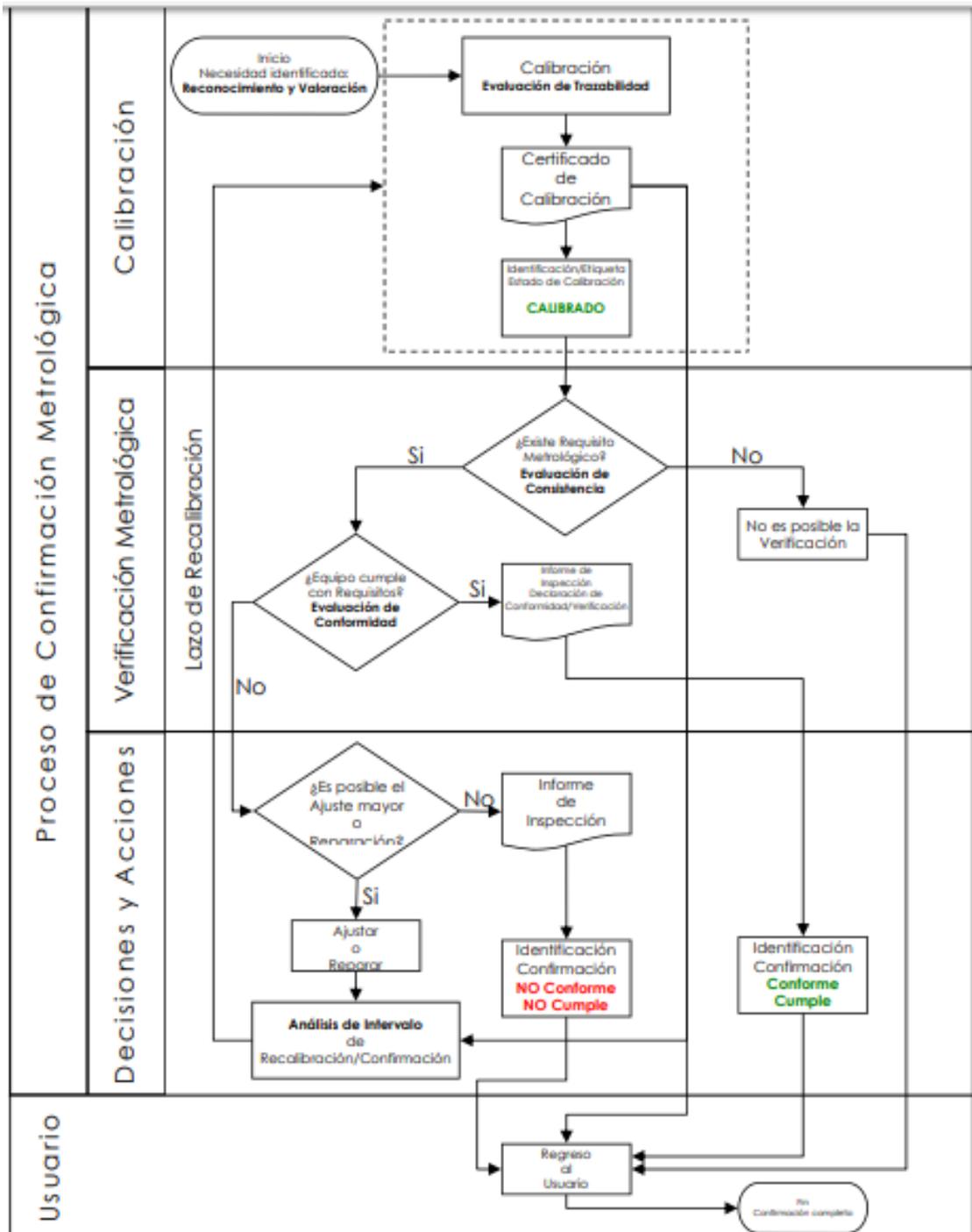


Figura 3. Proceso de confirmación metrológica.

Table 4 Calidad

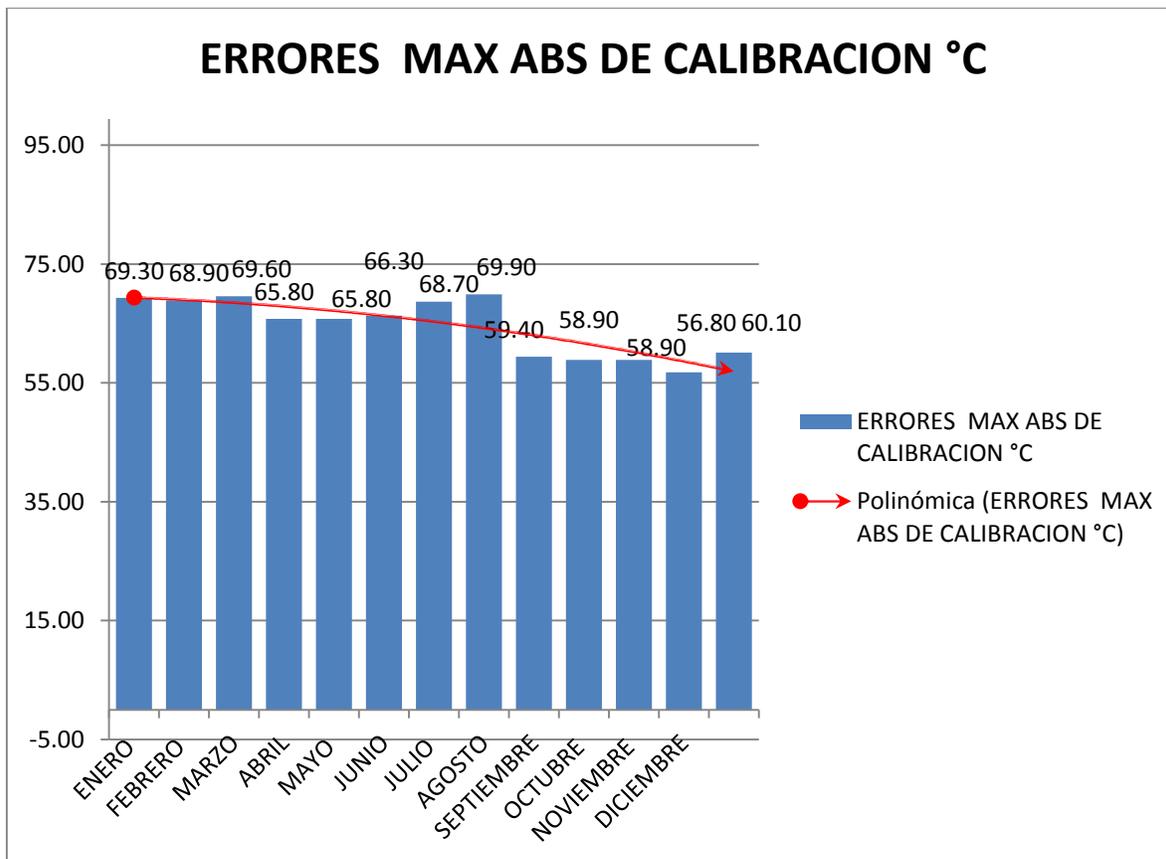
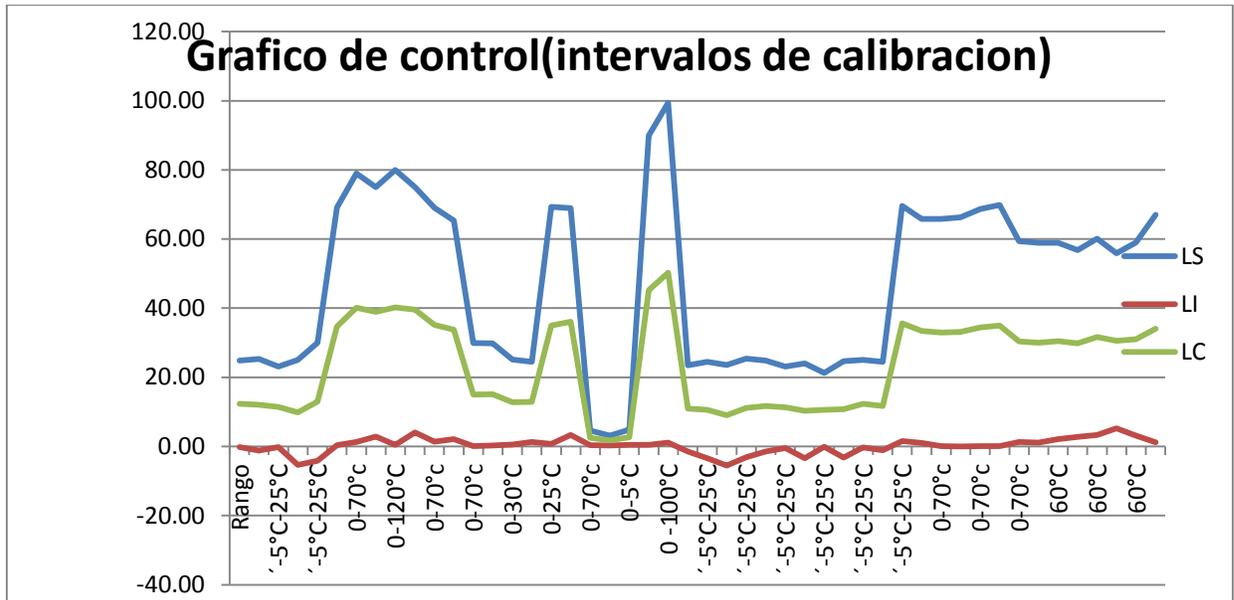


Table 5 Grafico de control



11. Diagrama para la estimación de incertidumbres de medición

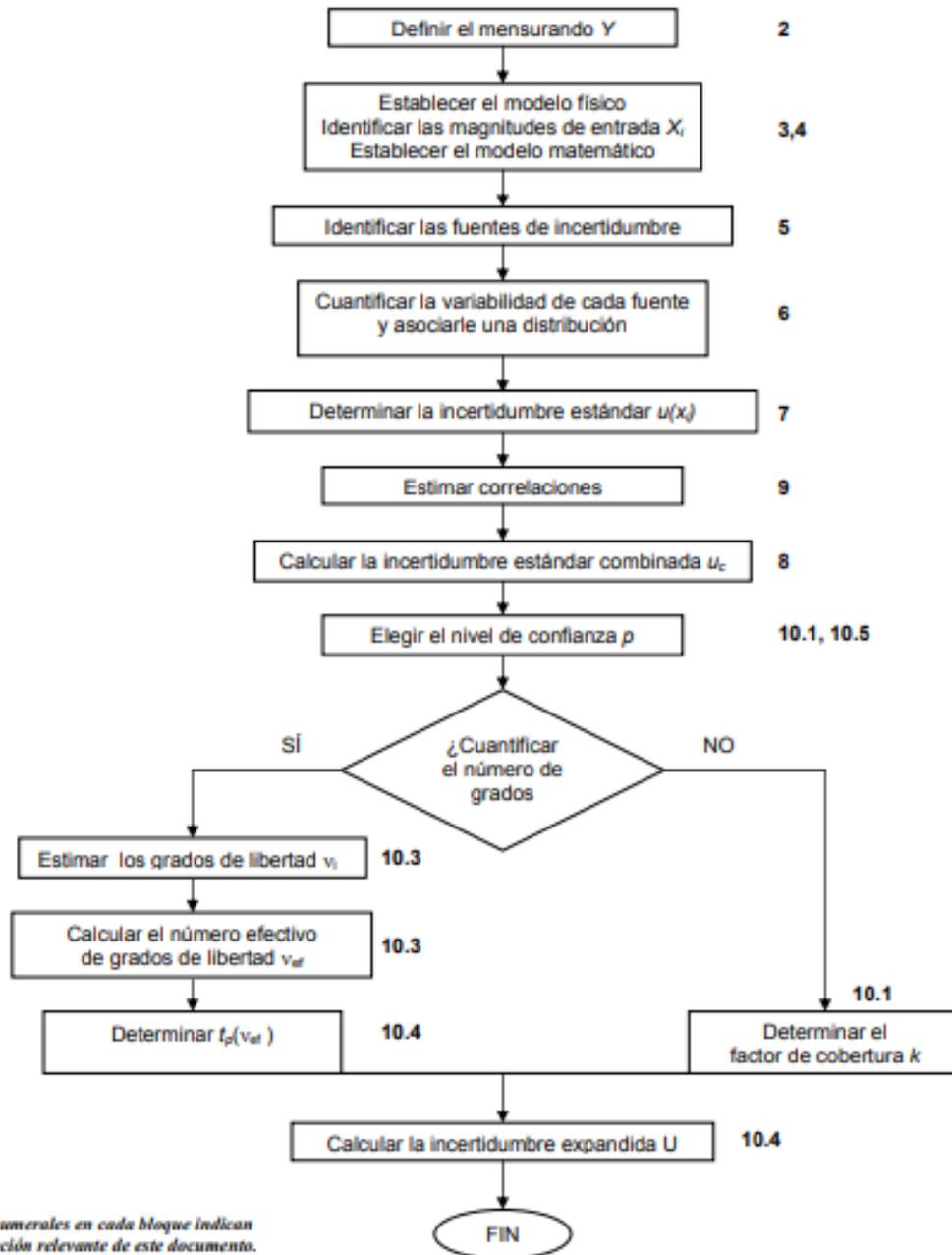


Ilustración 37 Desarrollo matemático de la incertidumbre

REFERENCIAS

Bibliografía

- (OBP), O. B. (2005). *ISO/IEC 17025:2005*.
- agricultura, I. I. (1982). *Sistema Internacional de Unidades*. San José, Costa Rica,: IICA.
- Aragonés, J. B. (s.f.). *Server*. Obtenido de http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf
- B.P.Levitt. (1979). *Quimica Fisica practica de Findlay*. España: REVERTE SA .
- C.Giancoli, D. (2006). *Fisica Principos con aplicaciones*. Mexico: DR.
- CENAM. (2009). <http://www.cenam.mx/paginas/vim.aspx>. Obtenido de Centro Nacional de Metrologia.
- Electronica, U. I. (s.f.). *Sistemas térmicos*. Obtenido de Ctedra D.S.F. : http://www.fceia.unr.edu.ar/dsf/files/sistemas_termicos.PDF
- Gaye, J. B. (1998). *Formalismo y metodos de la termodinamica* . España: revert sa .
- in►Language►HelpSearch, O. B. (2005). *Online Browsing Platform*.
- ISO/IEC17025, I. S. (2005/05/15). *GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCE OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES*. EUA: ISO/IEC17025:2005 SCE.
- ISO/IEC17025, I. S. (2005/05/15). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* . EUA: ISO/IEC 17025:2005(E).
- Metrología, C. E. (2012). *Vocabulario Internacional de Metrología*. española: ministerio de industria.
- METROLOGIA, C. N. (marzo de 2008). *CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cenam/> <http://www.cenam.mx>
- Metrologia, C. N. (2012). *Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica*. México: Noviembre.
- Piñeiro, M. M. (2000). *Metrologia, Introduccion, conceptos e instrumentos*. España: Universidad de Oviedo.
- Red Nacional de metrologia de chile. (15 de diciembre de 2017). *metrologia*. Obtenido de metrologia: <http://www.metrologia.cl/link.cgi/Metrologia/313>

Reinchenbach, H. (1998). *El sentido del tiempo* . Mexico: Universidad Autonoma de Mexico .

Reinchenbanch, H. (1988). *El sentido del tiempo* . Mexico : Universidad Autonoma de Mexico.

SEARS, F. (2002). *TERMODINAMICA TEORICA CINETICA Y TERMODINAMICA ESTATICA* . ESPAÑA: REVERSE.

Wallard. (2006). *Metrology and Fundamental Constants*. Varenna, Italia: societa italiana di fisica bolonna-italy.