1. OBJETIVO.

Definir los conceptos básicos y el procedimiento de calibración y estimación de incertidumbre de los instrumentos que miden y controlan la variable temperatura bajo los requerimientos establecidos por los métodos normalizados.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la calibración de todos los instrumentos manejan la variable de temperatura tales como termómetros de vidrio, bimetálico, RTD, termocupla y transmisor de temperatura. En un rango de temperatura de 0 hasta 1000 °C.

3. RESPONSABILIDADES

- **Metrólogo:** Responsable de la ejecución y seguimiento del presente procedimiento.

- **Jefe de Laboratorio**: responsable del cumplimiento, actualización, revisión y entrenamiento de este procedimiento.

4. DEFINICIONES

Calibración: El conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre valores indicados mediante un instrumento de medición o mediante un sistema de medición, o valores representados por una medida de material o un material de referencia y tos valores correspondientes de una cantidad realizados mediante un patrón de referencia.

Error del indicador: Igual a la indicación real menos la indicación teórica.

Termómetro: Elemento que contiene un líquido, gas, vapor que, al incrementar la temperatura, se dilata o asciende o haga mover un mecanismo.

Kelvin: Unidad de medida de temperatura de acuerdo al sistema internacional de Unidades.

Termómetro de Líquido: Dispositivo para medición de temperatura que funciona bajo el principio de expansión y contracción de una determinada cantidad de acuerdo a los cambios de temperatura, también se les llama termómetros de líquido en cristal.

Cámara de Sobrecarga: Cámara que viene sostenida generalmente por el tubo capilar y sirve para almacenar el exceso de líquido, que, si no la tuviera, existiría el peligro de que explotase el tubo si la temperatura continúa subiendo después de haberse llenado el tubo.

Termómetro de inmersión parcial: Termómetro cuya profundidad de inmersión viene marcada.

Termómetro de inmersión total: Termómetro cuya profundidad de inmersión se debe realizar hasta la última lectura de la escala.

Columna: Parte principal del termómetro por donde se desplaza el líquido termométrico.

Liquido termométrico: Líquido que utiliza el termómetro para dilatarse. (Ej.: Mercurio).

Punto Crioscópico: Es el punto en escala de 0.01 °C.

Termómetros de Columna: Termómetro que mide la temperatura de la columna emergente de un termómetro de inmersión total o parcial.

Bulbo: Parte final del termómetro donde se deposita el líquido termométrico.

Tubo Capilar: cilindro delgado por donde se desplaza el líquido termométrico cuando hay cambios de temperatura.

Menisco: Superficie curva, que se presenta en la parte superior de una columna de líquido termométrico.

Termopar (Termocupla): Medidor eléctrico de temperatura que está formado por dos alambres de metales diferentes trenzados o soldados entre sí, que forman una junta y cuando se somete ésta junta a una temperatura, se genera un voltaje que es proporcional al cambio de la temperatura.

Termómetro de Resistencia (RTD): Elemento de medición de temperatura, constituido por una resistencia generalmente en platino, cobre o níquel y protegida por una funda de cerámica o vidrio, que, al estar expuesto a una determinada temperatura, genera una resistencia eléctrica en ohmios, proporcional a la variación de la temperatura.

Pt 100: Elemento de medición de temperatura que genera un valor de resistencia eléctrica.

Termistor: Elemento de medición de temperatura que, al estar sometido a una temperatura, genera una resistencia eléctrica en ohmios proporcional a la temperatura.

Son construidos en materiales semiconductores, es decir, que conducen la electricidad mejor que un aislante y en menor proporción que un conductor.

Termómetro de Sistema de Relleno: Dispositivo para medir temperatura que, a través de un capilar lleno de líquido, gas o vapor, ejerce una señal mecánica de presión sobre un sistema de Bourdon, fuelle o diafragma, para leerla en un termómetro análogo.

Termómetro Bimetálico: Funciona bajo el principio, donde 2 metales juntos y distintos, se contraen o dilatan por variaciones de temperatura, haciendo que se curven, dando una indicación de la temperatura en forma análoga.

Control: Dependiendo del proceso nos garantiza estabilidad en un valor predeterminado de temperatura.

Voltaje de Entrada: Voltaje necesario para operación del instrumento.

Voltaje de Salida: Voltaje que saca el control de temperatura de acuerdo al acercamiento al punto de control.

Configuración: Variación de algunos parámetros por tener acceso a la programación del control.

Temperatura: Propiedad de tos cuerpos que determina los intercambios de calor entre los mismos y constituye una medida de la energía cinética media de las moléculas de los cuerpos.

Multi-calibrador: Son dispositivos que están provistos de unas entradas y salidas eléctricas configurabas, tales como los codificados como UI-13007, UM3011, UI-13013.

Multímetro: Dispositivo electrónico para medir diversas señales eléctricas tales como resistencia, corriente, voltaje etc.

Baños Líquidos: Dispositivo provisto de elementos de calefacción y/o refrigeración, capaz de reproducir y mantener un valor de temperatura de prueba deseado sobre un medio líquido.

Baño Seco: Dispositivo provisto de elementos de calefacción y/o refrigeración, capaz de reproducir y mantener un valor de temperatura de prueba deseado sobre un medio sólido en ausencia líquido.

TRP: Termómetro de resistencia de platino.

RTD: Detector resistivo de temperatura.

EIT-90: Escala Internacional de temperatura 1990.

PTA: Punto triple del agua (0.01 °C).

t: temperatura de prueba.

W: función que representa el comportamiento normalizado de un termo resistor de Platino a lo largo de un intervalo de operación. W=Rt/Ro.

Pt : valor de resistencia del termo resistor sometido a una temperatura t.

R o: Valor de resistencia del termo resistor sometido a O °C.

ASTM denominación E1137-95: especificación Standard para termómetros industriales de resistencia de platino

5. REGISTRO

Se registra la información del equipo a calibrar en el MET-F-44 FORMATO RECEPCIÓN Y ENTREGA DE EQUIPOS PARA CALIBRACIÓN con el objetivo de identificar el estado en el que llega el instrumento, posteriormente se debe generar la orden de servicio interna en el formato MET-F-42 FORMATO PARA GENERACION DE OS para proceder con la calibración de temperatura.

6. INFORMACION GENERAL

Condiciones Generales

Las condiciones ambientales para realizar los procesos de Calibración en esta variable no son críticos, sin embargo, se recomienda:

- Temperatura 25 ºC ± 10 ºC.
- Humedad Relativa entre 40%HR y 85%HR.
- El sitio debe estar libre de ruido, vibraciones, polvo y debe poseer una buena iluminación.
- Debe estar situado lo más alejado posible de: Vías de transporte pesado, conductos de vapor y gases corrosivos.

Reproducción del Punto Crioscópico

Para la representación del Punto Crioscópico se Introduce hielo finamente molido o hielo raspado, fabricado con agua purificada, en un recipiente Dewar o en otro recipiente de características adiabáticas.

El hielo se humedece con agua pura y se va preservando para que no haya aire ni agua sobrante entre los trozos de hielo o por debajo del hielo. El agua sobrante se debe succionar hasta que la superficie del agua esté 1 o 2 centímetros por debajo de la superficie del hielo.

Reproducción de Puntos de Prueba Inferiores a la Temperatura Ambiente.

Se dispone de un baño líquido y uno solido de reproducción de temperaturas, en el caso del baño liquido se usa como medio tecno métrico, agua destilada o una mezcla de agua y alcohol no mayor al 60% de alcohol.

Reproducción de puntos de prueba superiores a la temperatura ambiente.

Generalidades y teoría de termómetros de líquido en tubo de vidrio y del tipo elemento a presión por la dilatación.

Conservación de Termómetros de vidrio.

Los termómetros se deben conservar en posición vertical, en lo posible para evitar separaciones de la columna. Para ello existen bastidores donde los termómetros se encuentran apoyados sobre la base introducidos en orificios cuyo fondo está recubierto con espuma, filtro, algodón u otro material semejante, para preservar de posibles daños.

Los termómetros con líquido termométrico o con un valor final de la escala inferior a 50 ºC deben protegerse, en lo posible de los rayos directos del sol.

Termómetro de vidrio lleno de Mercurio: Si se trata de un termómetro de vidrio lleno de mercurio y se constata que hay separación de la columna se recomienda hacer uso del siguiente método.

Método de Enfriamiento: Con el termómetro en una posición vertical, sumerja gradualmente su bulbo en una solución de CO2 (hielo seco) y alcohol, de tal manera que la columna de mercurio se retraiga lentamente en él.

Tenga cuidado de no enfriar el tubo o la columna de mercurio, retracte el bulbo varias veces si necesita detener la acción; continúe hasta que la porción principal lo mismo que la columna separada, se retraiga dentro del bulbo. Remueva y sacuda el termómetro en un arco corto, haciendo que todo el mercurio quede dentro del bulbo.

Deje que el bulbo quede a la temperatura ambiente manteniendo el instrumento en una posición vertical de modo que el gas se mantenga en la parte superior de la columna de mercurio.

Precaución: No toque el bulbo hasta que se haya calentado suficientemente para que el mercurio emerja del bulbo hasta el capilar.

Nunca sujete el tubo o la columna de mercurio en la solución CO2 pues puede congelar el mercurio en el capilar y hacer que el bulbo se refracte o se quiebre.

Determinación de errores y ajustes sobre la indicación.

Termómetros de vidrio:

Error = indicación instrumento - temperatura real

El error máximo permitido considerado es más o menos (±2) dos veces la división de escala. (Error Máximo Permitido=± 2 divisiones de escala).

Para termómetros de vidrio se maneja el concepto de corrección a la Indicación, cuyo valor irá indicado al respaldo de la respectiva etiqueta de calibración en caso de que el error hallado supere una división de escala.

La Corrección a la indicación es igual a menos el error (C = - E)

Termómetros de capilar y termómetro Bimetálicos.

Error = indicación ins1rumento - temperatura real

El error máximo permitido se determina a través de la siguiente fórmula:

Emax. * 100

CLASE· ------- Rango

Conociendo la clase del instrumento, si el error máximo es superado, éste debe corregirse ya sea por el método de aguja o a través de un tornillo dispuesto para tal caso en los laterales si lo posee.

7. SEGURIDAD INDUSTRIAL

- ✓ Haga uso de herramientas en buenas condiciones.
- ✓ Verifique que no haya suministro de energía eléctrica en el momento de retirar y montar el Instrumento.
- ✓ Verifique la conexión correspondiente al sensor seleccionado según configuración.
- ✓ En termómetros de vidrio:

Envió: Lo mejor para enviar los termómetros de vidrio con líquido es envolverlos en papel de seda o introducirlos en una vaina de cartón o madera, las dos partes de la vaina, cuyos fondos están acolchonados con tapones de algodón o un material similar, deben encajar sólidamente y en caso de ser necesario deben asegurarse contra el aflojamiento fijándolos en parte con cinta adhesiva de modo que el termómetro no pueda desplazarse dentro de la vaina ni si quiera en el caso de golpes o sacudidas fuertes.

Como embalaje externo resultan adecuadas las cajas estables de cartón o madera en los que los termómetros se encuentran rodeados por todos los lados con capas de un material amortiguador de golpes de unos 10 centímetros de espesor, además es aconsejable adherir sobre el embalaje externo etiquetas rojas que lleven por ejemplo la inscripción "cuidado, vidrio'.

8. PROCEDIMIENTO

7.1. Calibración Termómetros de Vidrio:

7.1.1. Determine si instrumento es de Inmersión Parcial o Total, si es el primero verifique su profundidad de inmersión que viene prescrita o señalada en el instrumento.

7.1.2. Verifique la marca del termómetro y su modelo.

7.1.3. Determine los puntos de calibración de acuerdo at modelo del termómetro.

7.1.4. Determine el Patrón adecuado a utilizar.

7.1.5. Programe la temperatura del baño para cada punto de calibración.

7.1.6. Espere a que la temperatura del baño se estabilice.

7.1.7. Tome fa lectura del patrón y después la del instrumento(s) de prueba.

7.1.8. Determine la temperatura corregida (valor verdadero) del patrón ó patrones utilizados para cada uno de los puntos de calibración.

7.1.9. Valore los resultados con respecto a los errores máximos tolerados.

7.1.10. Registre los resultados en el formato FMPC-02 y el instrumento se acepta o rechaza colocando la respectiva etiqueta de calibración.

7.1.11. Si el error hallado es mayor que el error permitido, o se encontró alguna anomalía meritoria, genere un reporte de discrepancias, formato FMTS584-2.

7.1.12. En el caso de que el instrumento sea rechazado adicionalmente a la discrepancia, notificar al supervisor del área la situación para que se tomen las acciones correctivas correspondientes.

7.2. Calibración de Termómetros de capilar y termómetros Bimetálicos

7.2.1. Limpie muy bien el termómetro a calibrar con el fin de no contaminar el líquido contenido en el baño.

7.2.2. Monte el termómetro patrón y el termómetro(s) de prueba en el baño usando los soportes adecuados para cada caso.

7.2.3. Determine los puntos de calibración o prueba. Las mediciones tendrán que cubrir preferiblemente todo el rango de medición del instrumento, en su defecto el rango de operación usado en proceso.

7.2.4. Sí se trata de un instrumento con historial de calibración. Revise el reporte de la última calibración con el fin de realizar las pruebas en los mismos puntos de calibración y verificar la exactitud del instrumento.

7.2.5. Programe la temperatura del baño para cada punto de calibración

7.2.6. Espere a que la temperatura se estabilice.

7.2.7. Tome las lecturas del patrón y después la del instrumento(s) de prueba para cada punto.

7.2.8. Determine la temperatura corregida (valor verdadero) del patrón o patrones utilizados para cada uno de los puntos de calibración. Si el grado de exactitud en la calibración así lo requiere.

7.2.9. Diligencie el formato FMPC-02.

7.2.10. Diligencie la etiqueta de calibración correspondiente y rotule el instrumento de prueba.

7.2.11. Si el error hallado es mayor que et error permitido, o se encontró alguna anomalía meritoria, describa el hallazgo.

7.2.12. La decisión de la aceptación o rechazo quedará a criterio del propietario del Instrumento.

7.3. Calibración de sensores de temperatura RTD.

7.3.1. identifique el tipo de sensor.

7.3.2. Realice los puntos descritos en 7.2.1 hasta 7.2.5

7.3.3. Mida en cada punto la resistencia en Ohms, con el Multímetro (FLUKE 724 o FLUKE 789) o instrumento de características de exactitud similares mejores.

7.3.4. Si el instrumento usado no suministra la lectura en unidades de temperatura, calcule el equivalente en la unidad de temperatura, use las fórmulas nombradas como **FORMULA 1 y FORMULA 2** descritas en 7.5 12.

7.3.5. Siga con las instrucciones descritas desde 7.2.8 hasta 7.2.11.

7.3.6. Calcule el máximo error permitido de acuerdo a la norma ASTM E 1137-95 indicadas como sigue:

Grado A = ± E 0.13 + 0.0017 [t] ºC
Grado B = ± [0.25 + 0.0042 [t] ºC

Donde [t] = valor absoluto de la temperatura en ºC.

Los valores de tolerancia tenidos en cuenta como criterio de aceptación serán dos (2) veces los ya especificados en la anterior relación.

Los valores de temperatura, en esta especificación, se basan en la escala internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90).

Nota: La calibración de las RTD puede hacerse de forma similar a como se procede con la calibración de Termocupla, descrito a continuación.

7.4. Calibración de Termocupla

7.4.1. Identifique el tipo de Termocupla
7.4.2. Configure la entrada del Multi calibrador usado de acuerdo al tipo de sensor a calibrar.
7.4.3. Conecte el sensor al Multi calibrador.
7.4.4. Realice tos puntos descritos en 7.2.1 hasta 7.2.11

Nota: Siempre que sea posible calibre el elemento sensor en conjunto al controlador de temperatura.

7.5. Determinación del tipo de fabricación de la RTD (Norma europea o americana)

El siguiente instructivo debe seguirse cuando no se tiene identificado el tipo de RTD.

7.5.1. Reproduzca el punto Crioscópico.

7.5.2. Reproduzca 100 °C en el baño termométrico.

7.5.3. Someta el termo resistor a un ciclo térmico entre el punto Crioscópico y un punto fijo superior en este caso 100 °C.

7.5.4. Observe la estabilidad del sensor.

7.5.5. Si el termo resistor es estable proseguir con el procedimiento, si el termo resistor no es estable, este procedimiento no puede ser aplicado.

7.5.6. Someta el termo resistor a 100 °C. tomar como mínimo tres lecturas del valor de resistencia con el instrumento patrón adecuado *y* obtener la media aritmética.

7.5.7. Someta et termo resistor a temperatura de punto Crioscópico. Tomar como mínimo tres lecturas del valor de resistencia con el instrumento patrón adecuado y obtener la media aritmética.

7.5.8. Con los valores obtenidos determine el valor de las funciones W y a a partir de las relaciones W100» = R100/Ro y α = (R100–R0)/X(At* RO).

7.5.9. Con tos valores obtenidos de W y a determine la correspondencia del tipo de termo resistor (norma de construcción americana o norma de construcción europea).

7.5.10. Si WiooG a 1.3883 y a fc 0.003883 el termo resistor corresponde con la norma americana. Sí W10o < 1.3883 y a < 0.003883 el termo resistor corresponde con la norma europea.

7.5.11. Los valores de W y a deben corresponder necesariamente con alguna de las dos condiciones anteriores.

7.5.12. En caso de no poderse establecer el tipo de norma de construcción este procedimiento no podrá ser aplicado. Obtenga tos valores de la relación T vs. R dada por las ecuaciones de Calender-Van Dusen, de la forma:

R (t) = Ro(1+At+Bt2 +C (t-100) t3) para temperaturas entre -200ºC y 0ºC **FORMULA 1**

R (t) = R0(1+ At + Bt2) para temperaturas entre 0ºC Y 850 °C **FORMULA 2**

RO = Resistencia para t = 0,01 °C (punto crioscópico)

R(t) = Resistencia a temperatura de prueba t

A, B, C son constantes cuyo valor depende de la norma de construcción del termo resisto.

NORMA EUROPEA
W100= 1,385
α = 0, 00385 °C-1
A= 3,9083E-03 ºC-1
B = -5.7750E-07 ºC-2
C= -4.1830E-12ºC

NORMA AMERICANA
W100 = 1,3916
α = 0,003916 ºC-1
A = 3.975E-03 ºC-1
B = -5,890E-07 °C-2
C=-4,5506-12 ºC-4

7.5.13. Diligencie el formato FMPC-02 y anéxelo a la hoja de vida.

7.6 Calibración de Controles de Temperatura

7.6.1 Verifique y tome nota de la referencia de la máquina a la cual corresponde el instrumento.

7.6.2 Verifique la referencia del instrumento a calibrar según catálogo y el tipo de sensor usado.

7.6.3 Retire el instrumento de la máquina y haga la limpieza general del mismo.

7.6.4 Verifique que el instrumento corresponda en chasis y carcaza.

7.6.5 Anote los datos de configuración para entrar al menú del instrumento, según su catálogo de instrucciones.

7.6.6 Observe hasta dónde puede ser necesario hacer ajustes de calibración con el menú o programación traída por el instrumento.

7.6.7 Genere la señal correspondiente haciendo uso de un simular electrónico, de acuerdo al tipo de sensor y exactitud requerida.

7.6.8 Tome lecturas en forma ascendente.

7.6.9 Compare los errores máximos tolerados dados por el fabricante o los determinados por consenso con tos hallados durante la calibración.

7.6.10 Diligencie el formato FMPC-02 y anéxelo a la hoja de vida.

7.7 Transmisores de Temperatura

7.7.1 Identifique el rango de operación del instrumento.

7.7.2 Configure el Multi calibrador electrónico según el tipo de sensor usado (RTD, Termocupla, entre otros.)

7.73 Conecte la señal a simular al elemento transmisor.

7.7.4 Identifique et valor de tensión del transmisor.

7.7.5 Suministre la señal de alimentación al controlador.
Generalmente los transmisores son a 2 hilos (Por la misma señal de alimentación, está presente la señal de salida de 4 a 20 mA).

7.7.6 Prepare e! Multímetro para la medición de corriente.

7.7.7 ínstate el Multímetro en serie con la señal de suministro.

7.7.8 Simule un valor de temperatura.

7.7.9 Simule a! menos 5 puntos diferentes de tal manera que cubran el rango de operación de proceso.

7.7.10 Proceda como se indica en 8.2.9 hasta 8.2.12.

Nota: La señal procedente del Multi calibrador de Temperatura es proporcional a la corriente en miliamperios. En instrumentación el 0% corresponde a 4 mA y et 100% corresponde a 20 m.

El 0% en temperatura es el valor inferior del rango del transmisor y el 100% es el valor máximo de medición.

9. REFERENCIAS

- Fundamentos de Metrología II parte.
- Reglamento de prueba del PTB termómetros de vidrio con líquido.
- Monografía: pasantía en temperatura, laboratorio de termometría, Termométrica S.A., Luis Alberto Suárez. Febrero de 1998.
- Norma técnica colombiana NTC1000, metrología, sistema internacional de unidades.

10. LISTA DE DISTRIBUCCIÓN

- Jefe de Laboratorio, Coordinador de Calidad y Metrólogos.

11. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- MPC-001 Procedimiento Maestro de Calibración.
- FMPC-02 Formato Informe de Calibración Equipos de Temperatura.

12. ANEXOS

MET-F-50 Data cruda calibración manómetros.

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Nombre	Julián D Arias	Jorge Charry	Jhon Jairo Arias
Cargo	Dir Comercial	Dir Técnico	Gerente
Fecha	2023-05-25	2023-05-25	2023-05-25

Historial de Cambios		
Versión	**Fecha**	**Descripción del Cambio**
01	2023-05-25	Creación de Documento