




CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE

Instructivo: IN-DRD-008


Versión: 01

SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN DE REDES – DIRECCIÓN DE REDES DE OBSERVACIÓN Y DATOS

Elaborado por: <p>Augusto Pedro Vargas Valencia Especialista de Laboratorio Subdirección de Gestión de Redes de Observación</p> <p>Jorge Enrique Yerrén Suárez Subdirector de Gestión de Redes Subdirección de Gestión de Redes de Observación</p>	Firma:
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	2 de 15

Revisado por: <p style="text-align: center;">Sonia del Carmen Huamán Lozano Directora Unidad de Modernización y Gestión de la Calidad</p>	Firma:
Aprobado por: <p style="text-align: center;">Juan Fernando Arboleda Orozco Director Dirección de Redes de Observación y Datos</p>	Firma:

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	3 de 15

1. OBJETO

El presente instructivo tiene por finalidad estandarizar las acciones a realizar para la calibración de medidores de temperatura y humedad en aire empleando un medio isoterma controlado.

2. ALCANCE

Este instructivo es aplicable a los medidores de temperatura y humedad de aire, con alcances de temperatura desde -20 °C a +40 °C y desde 20% hr a 90 % hr, con sensor de temperatura del tipo termistor o resistencia de platino y sensor de humedad del tipo capacitivo, el valor mínimo de temperatura de calibración dependerá del instrumento en prueba.

3. DESARROLLO

3.1 DOCUMENTO DE REFERENCIA

- Procedimiento TH-007e para la calibración por comparación de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire, del Centro Español de Metrología, edición digital 1.
- Procedimiento PC-026: 2019, Procedimiento para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales.

3.2 RESPONSABILIDAD

3.2.1 Personal del laboratorio de calibración SENAMHI

Realizar las calibraciones de los medidores de temperatura y humedad del aire en el laboratorio de calibración del SENAMHI.

3.3 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

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


3.3.2 Incertidumbre: Parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

3.3.3 Estabilidad de un instrumento de medida: Propiedad de un instrumento de medida por la que éste conserva constantes sus características meteorológicas a lo largo del tiempo.

Nota: la estabilidad puede expresarse cuantitativamente de varias formas.

3.3.4 Estabilidad de Temperatura/humedad: Fluctuaciones temporales de la temperatura/humedad. Pueden ser diferentes en distintas zonas del recinto y en general serán menores que la uniformidad.

3.3.5 Uniformidad de Temperatura/humedad: Dentro de la zona útil, algunas zonas permanecen más calientes o frías que el valor deseado, debido a gradientes de temperatura/humedad.

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	4 de 15

3.3.6 Uniformidad Vertical (Gradientes verticales o axiales): Razón entre la variación del valor de una magnitud en dos puntos próximos verticales y la distancia que los separa.

3.3.7 Uniformidad horizontal (Gradientes horizontales o radiales): Razón entre la variación del valor de una magnitud en dos puntos próximos horizontales y la distancia que los separa.

3.3.8 Deriva instrumental (Cambio secular): Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.

3.3.9 Error de medición: Valor medido de una magnitud menos un valor de referencia.

3.3.10 Termohigrómetro digital: Instrumento que mide temperatura y humedad relativa del aire, contiene una o dos sondas y un indicador digital.

3.3.11 Cámara climática: equipo o instalación diseñada para reproducir, con cierta uniformidad y estabilidad, condiciones controladas de temperatura y humedad en su interior.

3.4 MATERIALES REQUERIDOS

- Guantes, lentes y máscaras contra vapores
- Soportes universales, pinzas metálicas y nueces
- Termohigrómetro para el registro de las condiciones ambientales
- Medio isoterma generador de temperatura y humedad controlada con funcionamiento en el rango de calibración del instrumento.
- 02 higrómetros digitales patrón
- 02 termómetros digitales patrón


3.5 CONDICIONES DE CALIBRACIÓN


Temperatura ambiente : $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$


Humedad relativa del aire: $55\text{ \%hr} \pm 25\text{ \%hr}$

3.6 OPERACIONES PREVIAS

Nº	Actividad
01	Identificación del termohigrómetro digital - Debe ser identificado con la marca, modelo y número de serie, si no lo tuviera se procederá a la asignación de un número identificativo por el laboratorio.
02	Estabilización preliminar del termohigrómetro digital - El termohigrómetro debe permanecer al menos durante 1 día (24 h) en temperatura ambiente del laboratorio, antes de realizar la calibración.
03	Evaluación de los termohigrómetros patrón y cámara climática - El higrómetro patrón debe cumplir por lo menos con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Sensor externo de tipo capacitivo o resistivo. • Tiempo de respuesta menor o igual a 1 minuto. • Intervalo de mediciones: de 10 %hr a 95 %hr. • Resolución: 0,1 %hr. • Error máximo permitido: $\pm 2,0\text{ \%hr}$. • Máxima incertidumbre expandida de calibración: 2,0 %hr (al 95 % de nivel de confianza).

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	5 de 15


Nº	Actividad
	<ul style="list-style-type: none"> - El termómetro patrón debe cumplir por lo menos con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Termómetro digital con sensor externo. • Tiempo de respuesta menor o igual a 1 minuto. • Intervalo de mediciones: de -20 °C a 40°C. • Resolución: 0,1 °C. • Error máximo permitido: $\pm 0,1$ °C. • Máxima incertidumbre expandida de calibración: 0,2 °C (al 95 % de nivel de confianza). - La cámara climática debe considerar lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización vigente con datos de uniformidad y estabilidad del medio isoterma, tanto en temperatura como en humedad.
04	Inspección visual del termohigrómetro digital <ul style="list-style-type: none"> - Se realizará la inspección de los termohigrómetros considerando: <ul style="list-style-type: none"> • El buen estado de funcionamiento. • El buen estado de la sonda de temperatura y humedad de aire y sus cables de conexión. • El buen estado del display de ser el caso. • Baterías con nivel adecuado de energía de ser el caso. - De detectar alguna muestra de defectos mecánico, contaminación, o de otra índole, se anotará en la hoja de datos, a juicio del responsable técnico, se determinará si el defecto detectado puede comprometer la validez de la calibración. - Si el instrumento tiene una indicación configurable y ésta afecta los resultados de la calibración, se anotarán los valores de los parámetros utilizados; estos parámetros pueden ser por ejemplo un polinomio de conversión, la resolución o una corrección de calibración.
05	Preparar la Cámara climática <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una inspección visual del interior del medio generador asegurando que se encuentra en buen estado y sin evidencias de contaminación, de lo contrario se procederá a la limpieza de las paredes con alcohol y posteriormente con agua pura. - Con el fin de evitar posibles daños por condensación, no se abrirá el acceso a la cámara del medio isoterma, salvo que se haya estabilizado previamente en un punto de consigna cercano a 23 °C y el 50% de humedad relativa.
06	Actividades antes de la calibración <ul style="list-style-type: none"> - Ubicar los sensores a calibrar y los patrones en el medio isoterma, las sondas de prueba y los patrones estarán juntos uno de otro, evitando tocarse entre ellos, de tal modo que los patrones se ubiquen a los extremos y los instrumentos en prueba en el medio formando una fila dentro del volumen de caracterizado. <div data-bbox="359 1529 718 2000" data-label="Image">  </div> <p>Figura N° 01 Distribución de los sensores de temperatura y humedad dentro de la cámara climática</p>


	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	6 de 15


Nº	Actividad
	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar el cerrado hermético del pasamuro donde se ingresan las sondas de los instrumentos a calibrar. - Encender el medio isoterma considerando las recomendaciones del manual de usuario, de acuerdo a la siguiente secuencia: <ul style="list-style-type: none"> • Encendido del estabilizador trifásico • Encendido del medio isoterma • Esperar el tiempo de estabilización de inicio - Antes de iniciar la calibración se someterá el sensor a un periodo de secado, consistente en mantener durante un intervalo de tiempo a una humedad inferior a la asignada como primer punto de calibración, por lo que se secará a 10 %hr, a una temperatura de 23 °C en un periodo mínimo tres horas, la temperatura podrá adaptarse de acuerdo a la curva de funcionamiento del medio isoterma para humedades bajas. - En el caso de emplear instrumentos con registro programable, se configurará aplicando el software correspondiente para obtener un intervalo entre lecturas de 30 segundos como mínimo.

3.7 PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOHIGROMETRO


Nº	Actividad				
01	<ul style="list-style-type: none"> - Las pruebas de temperatura y humedad se realizarán por separado, de tal modo que mientras se varía una magnitud física, la otra se mantiene constante, salvo para las pruebas de temperaturas inferiores o bajo cero, donde se trabaja en modo temperatura, sin programar la humedad. - Calibración de temperatura y humedad se realizará con puntos crecientes del valor inferior al superior. En ningún momento se deberá exceder la temperatura o humedad máxima de uso del instrumento; los puntos definidos para realizar las calibraciones son: <table border="1" data-bbox="322 1321 1331 1585"> <thead> <tr> <th>Puntos de calibración de temperatura</th><th>Puntos de calibración de humedad</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • -20 °C • -10 °C • 0 °C • 10 °C • 20 °C • 30 °C • 40 °C </td><td> <ul style="list-style-type: none"> • 20 %hr • 40%hr • 60%hr • 80%hr • 90%hr o 95%hr (de acuerdo a la estabilidad del medio isoterma en la zona de saturación) </td></tr> </tbody> </table> - Las lecturas se realizarán una vez que el medio isoterma se ha estabilizado en el punto consignado, al menos luego de 20 minutos de haber alcanzado su estabilización. - Los procesos de lectura de temperatura y humedad se repetirán para cada punto de calibración de acuerdo una de las siguientes rutinas: <ul style="list-style-type: none"> • Lectura secuencial <ol style="list-style-type: none"> a) Lectura del primer patrón corregida de acuerdo a su certificado de calibración t_{11} y h_{11}. b) Lectura del instrumento a calibrar, t_{x1} y h_{x1}. c) Lectura del segundo patrón corregida de acuerdo a su certificado de calibración t_2 y h_2. d) Lectura del instrumento a calibrar, t_{x2} y h_{x2}. e) Lectura del primer patrón corregida de acuerdo a su certificado de calibración t_{12} y h_{12}. <p>En el caso de calibrar simultáneamente varios instrumentos, en el punto d) se leerán éstos en orden inverso al punto b).</p>	Puntos de calibración de temperatura	Puntos de calibración de humedad	<ul style="list-style-type: none"> • -20 °C • -10 °C • 0 °C • 10 °C • 20 °C • 30 °C • 40 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 %hr • 40%hr • 60%hr • 80%hr • 90%hr o 95%hr (de acuerdo a la estabilidad del medio isoterma en la zona de saturación)
Puntos de calibración de temperatura	Puntos de calibración de humedad				
<ul style="list-style-type: none"> • -20 °C • -10 °C • 0 °C • 10 °C • 20 °C • 30 °C • 40 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 %hr • 40%hr • 60%hr • 80%hr • 90%hr o 95%hr (de acuerdo a la estabilidad del medio isoterma en la zona de saturación) 				

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	7 de 15


Nº	Actividad
	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • Lectura simultanea Registrar, simultáneamente, las lecturas de los instrumentos patrón y de los instrumentos en prueba (grabando en sus registradores, o con foto a sus displays juntos). - Para la rutina de lectura simultánea, los valores de medición de temperatura y humedad asignados a cada punto de calibración será la media de las obtenidas con los patrones. El promedio de las dos mediciones del primer patrón, se promedian con la medición del segundo patrón. Para determinar el valor del primer patrón se promedian sus dos valores medidos al inicio y final de cada secuencia de medición: $t_1 = \frac{(t_{11} + t_{12})}{2} \quad \text{Ec. 01}$ $h_1 = \frac{(h_{11} + h_{12})}{2} \quad \text{Ec. 02}$ El promedio de las mediciones del primer patrón y del segundo patrón determinan el valor nominalmente verdadero. $t_p = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad \text{Ec. 03}$ $h_p = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad \text{Ec. 04}$ El promedio de las mediciones del instrumento a calibrar se obtiene de las dos lecturas: $t_x = \frac{t_{x1} + t_{x2}}{2} \quad \text{Ec. 05}$ $h_x = \frac{h_{x1} + h_{x2}}{2} \quad \text{Ec. 06}$ - En el proceso de calibración se consideran criterios de aceptación y rechazo de las medidas. <ul style="list-style-type: none"> a) Si la diferencia entre el valor medio de la temperatura o humedad del primer patrón (media de t_{11} y t_{12} ó media de h_{11} y h_{12}) y del segundo (t_2 o h_2) es mayor que la combinación cuadrática de la uniformidad y estabilidad asignada al generador, se repetirá la medida por falta de uniformidad o estabilidad. b) Si se observan diferencias mayores que la estabilidad asignada al generador, entre las dos lecturas del primer patrón (t_{11} y t_{12} ó h_{11} y h_{12}), por falta de estabilidad. <ul style="list-style-type: none"> • Si la diferencia persiste se tomarán las medidas correspondientes según la sistemática aplicable para la detección de equipos no conformes. Estas pueden

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	8 de 15


Nº	Actividad
	<p>incluir: incrementar la incertidumbre de calibración utilizando los nuevos valores de uniformidad y estabilidad observados o el rechazo de las medidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se considera que la diferencia entre las lecturas de los dos patrones puede ser debida a la falta de estabilidad y uniformidad del generador. Se permite que dicha diferencia esté dentro de los límites de estabilidad y uniformidad del generador utilizado, para asegurarse de que las medidas se han tomado con el generador suficientemente estable y uniforme (sistema bajo control estadístico). Se considera que la diferencia entre la primera y segunda lectura del patrón puede ser debida a la falta de estabilidad del medio isoterma. Se permite que dicha diferencia esté dentro de los límites de estabilidad del generador utilizado, para asegurarse de que las medidas se han tomado con el generador suficientemente estable (sistema bajo control estadístico). <p>- Las mediciones en cada punto de calibración considera una secuencia de diez (10) rutinas de medición, de tal modo que el valor resultante sea el promedio.</p> $t_{NOM} = \frac{t_{p(1)} + t_{p(2)} + t_{p(3)} + t_{p(4)} + t_{p(5)} + t_{p(6)} + t_{p(7)} + t_{p(8)} + t_{p(9)} + t_{p(10)}}{10} \quad \text{Ec. 07}$ $\bar{t}_x = \frac{t_{x(1)} + t_{x(2)} + t_{x(3)} + t_{x(4)} + t_{x(5)} + t_{x(6)} + t_{x(7)} + t_{x(8)} + t_{x(9)} + t_{x(10)}}{10} \quad \text{Ec. 08}$ $h_{NOM} = \frac{h_{p(1)} + h_{p(2)} + h_{p(3)} + h_{p(4)} + h_{p(5)} + h_{p(6)} + h_{p(7)} + h_{p(8)} + h_{p(9)} + h_{p(10)}}{10} \quad \text{Ec. 09}$ $\bar{h}_x = \frac{h_{x(1)} + h_{x(2)} + h_{x(3)} + h_{x(4)} + h_{x(5)} + h_{x(6)} + h_{x(7)} + h_{x(8)} + h_{x(9)} + h_{x(10)}}{10} \quad \text{Ec. 10}$ <p>- Una vez realizadas las mediciones se debe obtener la corrección de cada punto de medición:</p> $C_t = t_p - t_x \quad \text{Ec. 11}$ $C_h = h_p - h_x \quad \text{Ec. 12}$
02	<p>Calculo de incertidumbre del sistema de calibración</p> <p>- Calcular la incertidumbre del sistema de calibración aplicando la siguiente ecuación, proveniente de aplicar la ley de propagación de incertidumbres:</p> $u^2(t_{ref}) = c_1^2 * u^2(t_1) + c_2^2 * u^2(\delta t c_1) + c_3^2 * u^2(\delta t d_1) + c_4^2 * u^2(\delta t_1, res) + c_5^2 * u^2(\delta t_1, int) + c_6^2 * u^2(t_2) + c_7^2 * u^2(\delta t c_2) + c_8^2 * u^2(\delta t d_2) + c_9^2 * u^2(\delta t_2, res) + c_{10}^2 * u^2(\delta t_2, int) + u^2(\delta t u) + u^2(\delta t e) \quad \text{Ec. 13}$ $u^2(h_{ref}) = c_1^2 * u^2(h_1) + c_2^2 * u^2(\delta h c_1) + c_3^2 * u^2(\delta h d_1) + c_4^2 * u^2(\delta h_1, res) + c_5^2 * u^2(\delta h_1, int) + c_6^2 * u^2(h_2) + c_7^2 * u^2(\delta h c_2) + c_8^2 * u^2(\delta h d_2) + c_9^2 * u^2(\delta h_2, res) + c_{10}^2 * u^2(\delta h_2, int) + u^2(\delta h u) + u^2(\delta h e) \quad \text{Ec. 14}$ <ul style="list-style-type: none"> Donde $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = C_8 = C_9 = C_{10} = \frac{1}{2} \quad \text{Ec. 15}$

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	9 de 15

Nº	Actividad
	<ul style="list-style-type: none"> $u(t_1)$, $u(t_2)$, $u(h_1)$ $u(h_2)$: Incertidumbres de lectura del primer y segundo patrón, se determina como la desviación estándar del promedio: $u(t_p) = \sqrt{\frac{1}{10 * (10 - 1)} \sum_{i=1}^{10} (t_{pi} - t_{NOM})^2}$ Ec. 16 $u(h_p) = \sqrt{\frac{1}{10 * (10 - 1)} \sum_{i=1}^{10} (h_{pi} - h_{NOM})^2}$ Ec. 17 $u(\delta t_{ci})$, $u(\delta h_{ci})$: Incertidumbre de los patrones La incertidumbre de los patrones se obtiene de los certificados, donde k es el factor de cobertura asociado a U, se determina como el cociente del mayor valor de las incertidumbres expandidas de los dos valores más próximos al punto de calibración. $u(\delta t_{ci}) = U_i / k$ Ec. 18 $u(\delta h_{ci}) = U_i / k$ Ec. 19 $u(\delta t_{di})$, $u(\delta h_{di})$: Incertidumbre de deriva máxima de patrones La incertidumbre de la deriva máxima de los patrones en el periodo de calibración elegido, se obtiene de la diferencia entre los errores de los certificados de calibración anteriores, al considerarse una distribución estadística rectangular se divide entre raíz de 3; para el primer año se considera la exactitud del instrumento según su manual. $u(\delta t_{di}) = \delta t_{di} / \sqrt{3}$ Ec. 20 $u(\delta h_{di}) = \delta h_{di} / \sqrt{3}$ Ec. 21 $u(\delta t_{i,res})$, $u(\delta h_{i,res})$: Incertidumbre de resolución de patrones La resolución se obtiene de los datos generales de los patrones, se considera que tiene una distribución rectangular por lo que se divide entre raíz de 3, además de dividir entre 2 por considerar una influencia simétrica \pm resolución/2. $u(\delta t_{i,res}) = \delta t_{i,res} / \sqrt{12}$ Ec. 22 $u(\delta h_{i,res}) = \delta h_{i,res} / \sqrt{12}$ Ec. 23 $u(\delta t_{i,int})$, $u(\delta h_{i,int})$: Incertidumbre por interpolación de patrones La incertidumbre debida al error de interpolación, se calcula como el cociente de la máxima desviación de las correcciones respecto de su curva de interpolación $\max(\Delta \delta_{cert-inter})$ entre $\sqrt{3}$. $u(\delta t_{i,int}) = \max(\Delta \delta_{cert-inter}) / \sqrt{3}$ Ec. 24 $u(\delta h_{i,int}) = \max(\Delta \delta_{cert-inter}) / \sqrt{3}$ Ec. 25 $u(\delta t_u)$, $u(\delta h_u)$: Incertidumbre de uniformidad de la cámara climática. Valor que se obtiene de la caracterización de la cámara climática, y se considera una distribución estadística rectangular por lo que se divide entre raíz de 3. $u(\delta t_u) = \delta t_u / \sqrt{3}$ Ec. 26 $u(\delta h_u) = \delta h_u / \sqrt{3}$ Ec. 27

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	10 de 15

Nº	Actividad																																																																																																																																												
	<div><div><div>• $u(\delta t_e)$, $u(\delta h_e)$: incertidumbre de estabilidad de la cámara climática. Valor que se obtiene de la caracterización de la cámara climática, y se considera una distribución estadística rectangular por lo que se divide entre raíz de 3. $u(\delta t_e) = \delta t_e / \sqrt{3}$ Ec. 28 $u(\delta h_e) = \delta h_e / \sqrt{3}$ Ec. 29</div><div>- Completar el cuadro resumen del cálculo de incertidumbre del sistema de calibración $u(t_{ref})$, para cada punto de calibración: -20 °C, -10 °C, 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C y 40 °C.</div></div><table><tr><th>Magnitud Xi</th><th>Estimación de la magnitud xi</th><th>Incertidumbre estándar $u(x_i)$</th><th>Coefficiente de sensibilidad C_i</th><th>Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$</th></tr><tr><td>t_1</td><td>$(t_{11}+t_{12})/2$</td><td>$u(t_1)$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(t_1)/2$</td></tr><tr><td>t_2</td><td>t_2</td><td>$u(t_2)$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(t_2)/2$</td></tr><tr><td>δt_{c1}</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{c1})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{c1})/2$</td></tr><tr><td>δt_{c2}</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{c2})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{c2})/2$</td></tr><tr><td>δt_{d1}</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{d1})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{d1})/2$</td></tr><tr><td>δt_{d2}</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{d2})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{d2})/2$</td></tr><tr><td>$\delta t_{1,res}$</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{1,res})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{1,res})/2$</td></tr><tr><td>$\delta t_{2,res}$</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{2,res})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{2,res})/2$</td></tr><tr><td>$\delta t_{1,int}$</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{1,int})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{1,int})/2$</td></tr><tr><td>$\delta t_{2,int}$</td><td>0</td><td>$u(\delta t_{2,int})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta t_{2,int})/2$</td></tr><tr><td>δt_e</td><td>0</td><td>$u(\delta t_e)$</td><td>1</td><td>$u(\delta t_e)$</td></tr><tr><td>δt_u</td><td>0</td><td>$u(\delta t_u)$</td><td>1</td><td>$u(\delta t_u)$</td></tr><tr><td>t_{ref}</td><td>$(t_1+t_2)/2$</td><td></td><td></td><td>$u(t_{ref})$</td></tr></table><div><div>- Completar el cuadro resumen del cálculo de incertidumbre del sistema de calibración $u(h_{ref})$, para cada punto de calibración: 20 %hr, 40 %hr, 60 %hr, 80 %hr y 90 %hr.</div><table><tr><th>Magnitud Xi</th><th>Estimación de la magnitud xi</th><th>Incertidumbre estándar $u(x_i)$</th><th>Coefficiente de sensibilidad C_i</th><th>Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$</th></tr><tr><td>h_1</td><td>$(t_{11}+t_{12})/2$</td><td>$u(h_1)$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(h_1)/2$</td></tr><tr><td>h_2</td><td>t_2</td><td>$u(h_2)$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(h_2)/2$</td></tr><tr><td>δh_{c1}</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{c1})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{c1})/2$</td></tr><tr><td>δh_{c2}</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{c2})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{c2})/2$</td></tr><tr><td>δh_{d1}</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{d1})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{d1})/2$</td></tr><tr><td>δh_{d2}</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{d2})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{d2})/2$</td></tr><tr><td>$\delta h_{1,res}$</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{1,res})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{1,res})/2$</td></tr><tr><td>$\delta h_{2,res}$</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{2,res})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{2,res})/2$</td></tr><tr><td>$\delta h_{1,int}$</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{1,int})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{1,int})/2$</td></tr><tr><td>$\delta h_{2,int}$</td><td>0</td><td>$u(\delta h_{2,int})$</td><td>$\frac{1}{2}$</td><td>$u(\delta h_{2,int})/2$</td></tr><tr><td>δh_e</td><td>0</td><td>$u(\delta h_e)$</td><td>1</td><td>$u(\delta h_e)$</td></tr><tr><td>δh_u</td><td>0</td><td>$u(\delta h_u)$</td><td>1</td><td>$u(\delta h_u)$</td></tr><tr><td>h_{ref}</td><td>$(h_1+h_2)/2$</td><td></td><td></td><td>$u(h_{ref})$</td></tr></table></div></div>	Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad C_i	Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$	t_1	$(t_{11}+t_{12})/2$	$u(t_1)$	$\frac{1}{2}$	$u(t_1)/2$	t_2	t_2	$u(t_2)$	$\frac{1}{2}$	$u(t_2)/2$	δt_{c1}	0	$u(\delta t_{c1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{c1})/2$	δt_{c2}	0	$u(\delta t_{c2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{c2})/2$	δt_{d1}	0	$u(\delta t_{d1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{d1})/2$	δt_{d2}	0	$u(\delta t_{d2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{d2})/2$	$\delta t_{1,res}$	0	$u(\delta t_{1,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{1,res})/2$	$\delta t_{2,res}$	0	$u(\delta t_{2,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{2,res})/2$	$\delta t_{1,int}$	0	$u(\delta t_{1,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{1,int})/2$	$\delta t_{2,int}$	0	$u(\delta t_{2,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{2,int})/2$	δt_e	0	$u(\delta t_e)$	1	$u(\delta t_e)$	δt_u	0	$u(\delta t_u)$	1	$u(\delta t_u)$	t_{ref}	$(t_1+t_2)/2$			$u(t_{ref})$	Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad C_i	Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$	h_1	$(t_{11}+t_{12})/2$	$u(h_1)$	$\frac{1}{2}$	$u(h_1)/2$	h_2	t_2	$u(h_2)$	$\frac{1}{2}$	$u(h_2)/2$	δh_{c1}	0	$u(\delta h_{c1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{c1})/2$	δh_{c2}	0	$u(\delta h_{c2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{c2})/2$	δh_{d1}	0	$u(\delta h_{d1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{d1})/2$	δh_{d2}	0	$u(\delta h_{d2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{d2})/2$	$\delta h_{1,res}$	0	$u(\delta h_{1,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{1,res})/2$	$\delta h_{2,res}$	0	$u(\delta h_{2,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{2,res})/2$	$\delta h_{1,int}$	0	$u(\delta h_{1,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{1,int})/2$	$\delta h_{2,int}$	0	$u(\delta h_{2,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{2,int})/2$	δh_e	0	$u(\delta h_e)$	1	$u(\delta h_e)$	δh_u	0	$u(\delta h_u)$	1	$u(\delta h_u)$	h_{ref}	$(h_1+h_2)/2$			$u(h_{ref})$
Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad C_i	Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$																																																																																																																																									
t_1	$(t_{11}+t_{12})/2$	$u(t_1)$	$\frac{1}{2}$	$u(t_1)/2$																																																																																																																																									
t_2	t_2	$u(t_2)$	$\frac{1}{2}$	$u(t_2)/2$																																																																																																																																									
δt_{c1}	0	$u(\delta t_{c1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{c1})/2$																																																																																																																																									
δt_{c2}	0	$u(\delta t_{c2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{c2})/2$																																																																																																																																									
δt_{d1}	0	$u(\delta t_{d1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{d1})/2$																																																																																																																																									
δt_{d2}	0	$u(\delta t_{d2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{d2})/2$																																																																																																																																									
$\delta t_{1,res}$	0	$u(\delta t_{1,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{1,res})/2$																																																																																																																																									
$\delta t_{2,res}$	0	$u(\delta t_{2,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{2,res})/2$																																																																																																																																									
$\delta t_{1,int}$	0	$u(\delta t_{1,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{1,int})/2$																																																																																																																																									
$\delta t_{2,int}$	0	$u(\delta t_{2,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta t_{2,int})/2$																																																																																																																																									
δt_e	0	$u(\delta t_e)$	1	$u(\delta t_e)$																																																																																																																																									
δt_u	0	$u(\delta t_u)$	1	$u(\delta t_u)$																																																																																																																																									
t_{ref}	$(t_1+t_2)/2$			$u(t_{ref})$																																																																																																																																									
Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad C_i	Contribución a incertidumbre estándar $u_i(y)$																																																																																																																																									
h_1	$(t_{11}+t_{12})/2$	$u(h_1)$	$\frac{1}{2}$	$u(h_1)/2$																																																																																																																																									
h_2	t_2	$u(h_2)$	$\frac{1}{2}$	$u(h_2)/2$																																																																																																																																									
δh_{c1}	0	$u(\delta h_{c1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{c1})/2$																																																																																																																																									
δh_{c2}	0	$u(\delta h_{c2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{c2})/2$																																																																																																																																									
δh_{d1}	0	$u(\delta h_{d1})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{d1})/2$																																																																																																																																									
δh_{d2}	0	$u(\delta h_{d2})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{d2})/2$																																																																																																																																									
$\delta h_{1,res}$	0	$u(\delta h_{1,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{1,res})/2$																																																																																																																																									
$\delta h_{2,res}$	0	$u(\delta h_{2,res})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{2,res})/2$																																																																																																																																									
$\delta h_{1,int}$	0	$u(\delta h_{1,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{1,int})/2$																																																																																																																																									
$\delta h_{2,int}$	0	$u(\delta h_{2,int})$	$\frac{1}{2}$	$u(\delta h_{2,int})/2$																																																																																																																																									
δh_e	0	$u(\delta h_e)$	1	$u(\delta h_e)$																																																																																																																																									
δh_u	0	$u(\delta h_u)$	1	$u(\delta h_u)$																																																																																																																																									
h_{ref}	$(h_1+h_2)/2$			$u(h_{ref})$																																																																																																																																									

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	11 de 15

Nº

Actividad

03

Calculo de incertidumbre del termohigrometro a calibrar u(C)

Calcular la incertidumbre del sistema de calibración aplicando la siguiente ecuación:

$$u^2(C_i) = u^2(t_{ref}) + u^2(t_x) + u^2(\delta t_{x,res})$$

Ec. 30

$$u^2(C_h) = u^2(h_{ref}) + u^2(h_x) + u^2(\delta h_{x,res}) + u^2(\delta h_{x,rep})$$

Ec. 31

Donde:

• $u(t_{ref}), u(h_{ref})$: incertidumbre de la lectura del instrumento patrón.

• $u(t_x), u(h_x)$: incertidumbre de lecturas del instrumento a calibrar (no se considera esta contribución, debido a que no se hacen medidas estadísticamente significativas en cada punto de calibración).

$$u(t_x) = \sqrt{\frac{1}{10*(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (t_{xi} - \bar{t}_x)^2}$$

Ec. 32

$$u(h_x) = \sqrt{\frac{1}{10*(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (h_{xi} - \bar{h}_x)^2}$$

Ec. 33

• $u(\delta t_{x,res}), u(\delta h_{x,res})$: Incertidumbre de resolución del instrumento, que corresponde a la resolución del equipo de lectura dividida por raíz de 12.

$$u(\delta t_{x,res}) = \text{resolución} / (2 \sqrt{3})$$

Ec. 34

$$u(\delta h_{x,res}) = \text{resolución} / (2 \sqrt{3})$$

Ec. 35

• $u(\delta t_{hx,reo})$: La incertidumbre debida a la reproducibilidad del higrómetro a calibrar se calcula como el cociente del valor absoluto de la diferencia entre la corrección inicial y final en el punto más bajo de humedad relativa entre raíz de 3.

$$u(\delta h_{x,rep}) = |\Delta C_{inicial-final}| / \sqrt{3}$$


Ec. 36

Completar el cuadro resumen del cálculo de incertidumbre de la temperatura, para cada punto de calibración (-20 °C, -10 °C, 0°C, 10 °C, 20 °C, 30 °C y 40 °C).


Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar u(xi)	Coeficiente de sensibilidad Ci	Contribución a la incertidumbre estándar ui(y)
t_x	$(t_{x1}+t_{x2})/2$	$u(t_x)$	-1	$-u(t_x)$
$\delta t_{x,res}$	0	$u(\delta t_{x,res})$	-1	$-u(\delta t_{x,res})$
t_{ref}	$(t_1+t_2)/2$	$u(t_{ref})$	1	$u(t_{ref})$
C	$t_{ref} - t_x$			$u(C)$

Completar el cuadro resumen del cálculo de incertidumbre de la humedad, para cada punto de calibración (20 %hr, 40 %hr, 60 %hr, 80 %hr y 90 % hr).

Magnitud Xi	Estimación de la magnitud xi	Incertidumbre estándar u(xi)	Coeficiente de sensibilidad Ci	Contribución a la incertidumbre estándar ui(y)
h_x	$(h_{x1}+h_{x2})/2$	$u(h_x)$	-1	$-u(h_x)$
$\delta h_{x,res}$	0	$u(\delta h_{x,res})$	-1	$-u(\delta h_{x,res})$
$\delta h_{x,rep}$	0	$u(\delta h_{x,rep})$	-1	$-u(\delta h_{x,rep})$
h_{ref}	$(h_1+h_2)/2$	$u(h_{ref})$	1	$u(h_{ref})$
C	$h_{ref} - t_x$			$u(C)$

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	12 de 15

Nº	Actividad																																																																						
04	<p>Calculo de incertidumbre expandida U(C)</p> <ul style="list-style-type: none">- Calcular la incertidumbre expandida del instrumento a calibrar aplicando el factor de cobertura k=2 a la incertidumbre combinada, considerando un nivel de confianza aproximado del 95%. <p>$U(C)= u(C) * k$Ec. 37</p>																																																																						
05	<p>Presentación de resultados</p> <ul style="list-style-type: none">- Registrar los resultados de todos los puntos de calibración de temperatura <table><thead><tr><th>Puntos teóricos (°C)</th><th>Indicación del termómetro (°C)</th><th>Temperatura convencionalmente verdadera (°C)</th><th>Corrección (°C)</th><th>Incertidumbre (°C)</th></tr></thead><tbody><tr><td>-20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>-10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <ul style="list-style-type: none">- Registrar los resultados de todos los puntos de calibración de humedad <table><thead><tr><th>Puntos teóricos (%hr)</th><th>Indicación de humedad relativa (%hr)</th><th>Humedad relativa convencionalmente verdadera (%hr)</th><th>Corrección (%hr)</th><th>Incertidumbre (%hr)</th></tr></thead><tbody><tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>80</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>90</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <ul style="list-style-type: none">- Registrar los resultados en el formato de certificado de calibración FOR-DRD-003 indicado en el anexo N° 01.- En el caso que los valores de las incertidumbres resultantes de la calibración sean superiores a la exactitud requerida para la medición, se generará un informe de calibración con el mismo formato FOR-DRD-003, considerando como título “Informe de calibración”.	Puntos teóricos (°C)	Indicación del termómetro (°C)	Temperatura convencionalmente verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)	-20					-10					0					10					20					30					40					Puntos teóricos (%hr)	Indicación de humedad relativa (%hr)	Humedad relativa convencionalmente verdadera (%hr)	Corrección (%hr)	Incertidumbre (%hr)	20					40					60					80					90				
Puntos teóricos (°C)	Indicación del termómetro (°C)	Temperatura convencionalmente verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)																																																																			
-20																																																																							
-10																																																																							
0																																																																							
10																																																																							
20																																																																							
30																																																																							
40																																																																							
Puntos teóricos (%hr)	Indicación de humedad relativa (%hr)	Humedad relativa convencionalmente verdadera (%hr)	Corrección (%hr)	Incertidumbre (%hr)																																																																			
20																																																																							
40																																																																							
60																																																																							
80																																																																							
90																																																																							

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	13 de 15

3.8 ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE CALIBRACIÓN

Elaborar el certificado de calibración del medidor de temperatura y humedad en aire de acuerdo al formato FOR-DRD-003 indicado en el anexo N° 01; en el caso que los valores de las incertidumbres resultantes sean superiores al error máximo permitido y/o exactitud requerida para la medición de temperatura, de lo contrario se elaborará un certificado de calibración con el mismo formato, pero con el título “Informe de calibración”.

Pegar una etiqueta autoadhesiva en la carcasa del medidor de temperatura y humedad del aire en prueba, donde se incluya el número de serie y fecha de calibración para los instrumentos con resultados de calibración satisfactorios.


Remitir una copia del documento generado al usuario, otra copia estará a cargo del laboratorio de calibración, y otra se adjuntará a la plataforma de metadatos.

4 TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS


Versión	Fecha	Detalle de cambios
01		Versión inicial

5 ANEXOS

Anexo N° 01: Formato Certificado de calibración de termohigrómetro digital.

	INSTRUCTIVO	Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE	Versión	01
		Página	14 de 15

ANEXO N° 01

	FORMATO	Código	FOR-DRD-003
	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE	Versión	01
		Página	1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LTH - 001 - 2021

Solicitante

DZ Cusco – SENAMHI

Dirección

Av. La Solidaridad N° 543

Instrumento de medición: Termohigrómetro digital

Marca	Vaisala	Procedencia	Finlandia
Modelo	HMP155	Resolución	0,01 °C; 0,1 %hr
Serie	J9151	Rango de medición	-40 °C a +60 °C, 0 %hr a 100 %hr

Fecha de calibración: 25 de julio 2020

Método de Calibración:

Calibración por comparación empleando medio isoterma

Procedimiento de calibración:

TH-007e Centro Español de Metrología, edición digital 1.

Lugar de Calibración:

Laboratorio de Temperatura y humedad

Av. Crnl. Edmundo Aguilar S/N, Santiago de Surco – Lima.

Condiciones Ambientales

Temperatura	23 °C ± 3 °C
Humedad Relativa	55 %hr ± 20 %hr

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Marca/Modelo/Serie	Certificado de calibración
Patrones de referencia del laboratorio de calibración DRD	Termómetro digital	Dostman/P795/79512080045	Reles LCT-148-2019; 2019-09-20
	Termómetro digital	Dostman/P795/79512080072	Reles LCT-149-2019; 2019-09-20
Patrones de referencia del laboratorio de calibración DRD	Termohigrometro digital	Vaisala/ MI70 / F3340018	TE - 1759 - 2019
	Termohigrometro digital	Delta Ohm / HD2101.2R / 20008855	CCP-0222-003-20


Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Redes y Datos.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable de la calibración

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. La impresión de este documento constituye una “COPIA NO CONTROLADA” a excepción de que se indique lo contrario.

	INSTRUCTIVO		Código	IN-DRD-008
	CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	15 de 15

	FORMATO		Código	FOR-DRD-003
	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE		Versión	01
			Página	2 de 2

Resultado de medición de temperatura

Indicación de temperatura (°C)	Temperatura conv. Verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre de medición (°C)
-20,0			
-10,0			
0,0			
10,0			
20,0			
30,0			
40,0			

Resultado de medición de humedad

Indicación del humedad relativa (%hr)	Humedad relativa conv. Verdadera (%hr)	Corrección (%hr)	Incertidumbre de medición (%hr)
20,0			
40,0			
60,0			
80,0			
90,0			

Las incertidumbres de medición expandidas reportadas en este documento son los valores de las incertidumbres combinadas, multiplicadas por un factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva del laboratorio de calibración SENAMHI, de la Subdirección de Gestión de Redes de Observación.