



Instituto Nacional de Metrología de Colombia

Subdirección de METROLOGÍA FÍSICA

GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN

TRADUCCIÓN DIRECTRIZ DKD-R 5-7 CALIBRACIÓN DE CÁMARAS CLIMÁTICAS INM/GTM-T/03

Bogotá - 2019



www.inm.gov.co



INMdeColombia



Traducción directriz DKD-R 5-7 calibración de cámaras climáticas /

Documento actual válido en alemán:

Richtlinie DKD-R 5-7, Kalibrierung von Klimaschränken, Ausgabe 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.

45 páginas.

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN e-Book: 978-958-53642-2-6

DOI: <https://doi.org/10.7795/550.20180828AH>

1. Disposición de las ubicaciones de medición 2. Determinación de la inhomogeneidad espacial 3. Determinación de la inestabilidad temporal 4. Determinación del efecto de radiación 5. Determinación del efecto de carga 6. Calibración en humedad relativa 7. Contribuciones a la incertidumbre de medición 8. Resultados de calibración

U.A.E. Instituto Nacional De Metrología (978-958-53642)

Instituto Nacional de Metrología - INM.

Av. Carrera 50 No 26 - 55 Int. 2, Bogotá.

Código Postal: 111321 - Colombia.

Esta guía es el resultado del trabajo conjunto entre el Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, miembros de la Red Colombiana de Metrología - RCM (Grupos Técnicos Temáticos o Grupos Técnicos por Magnitud) y el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC con el fin armonizar métodos de calibración y propender por la uniformidad y coherencia en criterios técnicos mínimos a emplear por los laboratorios de calibración y usuarios de estos métodos. Esta guía presenta metodologías reconocidas internacionalmente y se ha elaborado recogiendo el conocimiento y la experiencia de los miembros del equipo de trabajo, de tal forma que pueda ser usada como base para la elaboración de procedimientos e instructivos prácticos por parte de los laboratorios de calibración y ensayo.

En este sentido lo consignado en esta guía se constituye en un referente para:

a. El Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC. b. Los laboratorios de calibración y ensayo que involucren los métodos o criterios técnicos consignados en esta guía. c. Los laboratorios internos de las organizaciones o fabricantes que requieran el uso de estos métodos de calibración o criterios técnicos.

Fecha de recepción: 5 de diciembre de 2019.

Fecha de evaluación: 18 de noviembre de 2021.

Fecha de aceptación: 10 de diciembre de 2021.

Preparación editorial

U.A.E. Instituto Nacional De Metrología
(978-958-53642)

Edición:

Instituto Nacional de Metrología - INM. Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC. Laboratorios de calibración.

Corrección de estilo:

Instituto Nacional de Metrología - INM. Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC. Laboratorios de calibración.

Diagramación:

Instituto Nacional de Metrología - INM. Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC.

Línea de atención al cliente: +57 (601) 254 2222.

Línea Nacional: 01 8000112542.

contacto@inm.gov.co

www.inm.gov.co

Citación sugerida:

Directriz DKD-R 5-7, Calibración de cámaras climáticas, Edición 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig y Berlin.

Esta obra, incluyendo cada una de sus partes, está protegida por derechos del autor y está sujeta a la licencia de usuario Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). En este contexto, la expresión "no comercial" (NC) significa que la obra no debe ser distribuida o puesta a disposición del público con el fin de generar ingresos. La explotación de los contenidos para el uso comercial en laboratorios de calibración está expresamente permitida.



Publicado en Bogotá, Colombia, julio de 2022.

EQUIPO DE TRABAJO

Deutscher Kalibrierdienst (DKD) - Servicio Alemán de Calibración

Publicado por el Servicio de Calibración Alemán (Deutscher Kalibrierdienst, DKD) en cooperación Con su Comité Técnico “Temperatura y Humedad relativa”.

Copyright © 2004 por DKD. Traducción al inglés 02/2009.

El documento y todas sus partes están protegidos por derechos de autor. Cualquier uso no autorizado fuera de los límites estrechos establecidos por la Ley de Derecho de Autor son inadmisibles y susceptibles de enjuiciamiento. Esto aplica en particular a copias, traducciones, microfilmación y almacenamiento y procesamiento en sistemas electrónicos.

Constituido en 1977, el DKD reúne a laboratorios de calibración de empresas industriales, de institutos de investigación, de autoridades técnicas, así como de instituciones de inspección y ensayo. El 3 mayo de 2011, se realizó la constitución del nuevo DKD como Organismo Técnico del PTB y de los laboratorios acreditados.

Este organismo técnico, o sea gremio, se denomina Deutscher Kalibrierdienst (DKD – Servicio Alemán de Calibración) y está bajo la dirección del PTB. Las directrices y guías elaboradas por el DKD representan el estado de la técnica en los respectivos campos técnicos y están a la disposición del organismo de acreditación alemán (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS)) para la acreditación de laboratorios de calibración.

Los laboratorios de calibración acreditados son acreditados y supervisados por la DAkkS como sucesora legal del organismo de acreditación del DKD. Realizan calibraciones de dispositivos de medición y de medidas materializadas para las magnitudes y rangos de medida establecidos durante la acreditación. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios sirven como prueba de la trazabilidad a los patrones nacionales, tal como lo exige la familia de normas DIN EN ISO 9000 y la norma DIN EN ISO/IEC 17025.

Contacto:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
Oficina del DKD
Bundesallee 100 38116 Braunschweig
Apartado de correos 33 45, 38023 Braunschweig Alemania
Teléfono Oficina DKD: 0049-531-592 8021
Internet: www.dkd.eu

Sugerencia para citar la fuente:

Directriz DKD-R 5-7, Calibración de cámaras climáticas, Edición 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig y Berlin.

Documento actual válido en alemán:

Richtlinie DKD-R 5-7, Kalibrierung von Klimaschränken, Ausgabe 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.

DOI: <https://doi.org/10.7795/550.20180828AH>

Esta obra, incluyendo cada una de sus partes, está protegida por derechos del autor y está sujeta a la licencia de usuario Creative Commons CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). En este contexto, la expresión “no comercial” (NC) significa que la obra no debe ser distribuida o puesta a disposición del público con el fin de generar ingresos. La explotación de los contenidos para el uso comercial en laboratorios de calibración está expresamente permitida.



Autores:

Miembros del Comité Técnico *Temperatura y Humedad* del DKD entre 1999 y 2009.

Publicado por el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) para el Servicio Alemán de Calibración (DKD) como resultado de la colaboración del PTB con el Comité Técnico *Temperatura y Humedad* del DKD.

Esta es una traducción oficial al idioma español de la versión en inglés de la DKD-R 5-7:2009, realizada de manera colaborativa en el espacio del Grupo Técnico por Magnitud de Termometría de la Red Colombiana de Metrología. Para el desarrollo del documento se contó con la participación del Instituto Nacional de Metrología de Colombia – INM: Andrés Jhovanny Bohórquez Garzón, Sergio Andrés Carvajal Perdomo y Ciro Alberto Sánchez Morales, el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC y los laboratorios de calibración que han desarrollado la magnitud relacionada y que han participado en las reuniones del grupo técnico.

REVISIÓN

Mesa de Trabajo Técnico Científico de la Subdirección de Metrología Física. Este documento es una traducción fiel del documento original y por tanto se respeta la estructura original y no se aplica el formato M6-01-F-01 (V1) del INM.

CONTENIDO

Deutscher Kalibrierdienst (DKD) - Servicio Alemán de Calibración	3
Prefacio.....	8
1. Alcance	8
2. Símbolos y abreviaturas	9
3. Definiciones.....	10
4. Objetivos de calibración	12
5. Requisitos para la cámara climática (aptitud para la calibración).....	13
6. Métodos de calibración	14
7. Procedimientos de calibración.....	15
7.1. Disposición de las ubicaciones de medición	15
7.1.1 Calibración para el volumen útil por el método (A) o (B)	15
7.1.2 Calibración para las ubicaciones de medición por el método (C)	16
7.2. Determinación de la inhomogeneidad espacial.....	17
7.2.1 Inhomogeneidad de temperatura	17
7.2.2 Inhomogeneidad de humedad relativa	17
7.3. Determinación de la inestabilidad temporal	17
7.4. Determinación del efecto de radiación	18
7.5. Determinación del efecto de carga	20
7.5.1 Carga activa con disipación de potencia.....	21
7.6. Calibración en humedad relativa.....	21
8. Contribuciones a la incertidumbre de medición	22
8.1. Inhomogeneidad espacial δT_{inhom} ; δh_{inhom}	22
8.2. Inestabilidad temporal $\delta T_{inestab}$; $\delta h_{inestab}$	23
8.3. Efecto de radiación $\delta T_{radiación}$	24
8.4. Efecto de carga δT_{carga} , δh_{carga}	25
8.5. Influencia de condiciones ambientales δT_{amb} ; δh_{amb}	26
8.6. Resolución de los indicadores δT_{res} ; δh_{res}	26
8.7. Error de medición de los patrones de medición δT_{pat} ; δh_{pat}	26

9. Resultado de calibración	26
10. Referencias bibliográficas	28
Anexo A – Presupuesto de incertidumbre de medición (ejemplo)	29
Anexo B – Formatos para el informe de los resultados de calibración de una cámara climática por el método (A) o (B).....	38
Anexo C – Formatos para el informe de los resultados de calibración de una ubicación de medición en la cámara climática por el método (C)	41
Anexo D – Suplemento del certificado de calibración para cámaras climáticas.....	43

Prefacio

Las Directrices del DKD son documentos de aplicación en conformidad con los requisitos de la norma DIN EN ISO/IEC 17025. Las Directrices describen procesos y necesidades técnicos y organizativos que sirven a los laboratorios de calibración acreditados como modelo para el establecimiento de procedimientos y reglamentos internos. Las Directrices del DKD pueden formar parte de los manuales de gestión de la calidad de los laboratorios de calibración. La implementación de las directrices garantiza que los dispositivos que han de ser calibrados se traten de forma igual en los distintos laboratorios de calibración. Además, las directrices ayudan a mejorar la continuidad y la verificabilidad del trabajo de los laboratorios de calibración.

Las Directrices del DKD no deben impedir el desarrollo continuo de los métodos y procesos de calibración. Desviaciones de las Directrices, así como nuevos procedimientos son admisibles en la medida en que lo permita el organismo de acreditación y si existen motivos técnicos que lo justifiquen.

La presente Directriz ya fue elaborada en 2004 por el Comité Técnico Temperatura y Humedad en cooperación con el PTB y varios laboratorios de calibración acreditados.

Esta nueva edición modificada solamente contiene un pie de imprenta actualizado.

Su contenido es idéntico al de la DAkKS-DKD-R 5-7 (Edición 2010). La DAkKS retirará la Directriz DAkKS-DKD-R 5-7 a más tardar el 01.01.2021.

Edición: 07/2004, publicado por el DKD.

1. Nueva edición: 2010, por la DAkks
2. Nueva edición: 2018, por el DKD, idéntico en contenido a la 1ª reedición.

1. Alcance

Esta Directriz establece los requisitos mínimos para el procedimiento de calibración y para la determinación de la incertidumbre de medición de medida en la calibración de cámaras climáticas.

Es aplicable a la calibración de cámaras climáticas para temperatura del aire y humedad relativa del aire o solo para la temperatura del aire.

También se aplica a la calibración de ubicaciones de medición individuales en cámaras climáticas; en este caso, la cámara climática *completa* se considera *no* calibrada.

2. Símbolos y abreviaturas

Unidad / abreviatura / símbolo	Descripción / explicación
u	Incertidumbre de medición estándar
U	Incertidumbre de medición expandida
K	kelvin
$^{\circ}C$	Grado Celsius
T_d / T_f	Temperatura del punto de rocío / temperatura del punto de escarcha
T_L	Temperatura del aire medida por el sensor de temperatura del objeto de calibración.
h	Humedad relativa
δT_{inhom}	Inhomogeneidad espacial de la temperatura
δh_{inhom}	Inhomogeneidad espacial de la humedad relativa.
$T_{ref} / T_{ref, carga}$	Temperatura de la ubicación de referencia (sin carga / con carga)
$h_{ref} / h_{ref, carga}$	Humedad relativa de la ubicación de referencia (sin carga / con carga)
$\delta T_{inestab}$	Inestabilidad temporal de la temperatura
$\delta h_{inestab}$	Inestabilidad temporal de la humedad relativa.
\bar{T}	Temperatura media temporal
\bar{h}	Humedad relativa media temporal
$\delta T_{radiación}$	Efecto de la radiación sobre la temperatura
T_{be}	Temperatura de un cuerpo con baja emisividad.
T_{ae}	Temperatura de un cuerpo con alta emisividad.
T_{pared}	Temperatura de la pared
δT_{carga}	Efecto de la carga sobre la temperatura
δh_{carga}	Efecto de la carga en la humedad relativa
δT_{amb}	Efectos ambientales sobre la temperatura
δh_{amb}	Efectos ambientales sobre la temperatura
$\delta T_{res, pat} / \delta T_{res}$	Resolución del termómetro patrón / del indicador de temperatura de la cámara climática.

Unidad / abreviatura / símbolo	Descripción / explicación
$\delta h_{res, pat} / \delta h_{res}$	Resolución de higrómetro patrón / indicador de humedad relativa de la cámara climática.
$\delta T_{i, pat}$	Desviación de la medición del termómetro patrón en la ubicación de medición i ($i = 1 \dots N$)
$\delta h_{i, pat}$	Desviación de medición del higrómetro patrón en la ubicación de medición i ($i = 1 \dots N$)
δT_{cal}	Desviación de medida del termómetro patrón según calibración.
δh_{cal}	Desviación de medida del higrómetro patrón según calibración.
δT_{der}	Deriva del termómetro patrón
δh_{der}	Deriva del higrómetro patrón
$\delta T_{autocal}$	Desviación de la medida del termómetro patrón debido al autocalentamiento
$T_{ind, pat}$	Indicación del termómetro patrón
$h_{ind, pat}$	Indicación de higrómetro patrón
$\Delta T_{cámara}$	Corrección de temperatura para cámara climática
$\Delta h_{cámara}$	Corrección de humedad relativa para cámara climática
T_{ind}	Indicación de la temperatura de la cámara climática.
h_{ind}	Indicación de la humedad relativa de la cámara climática.
T_i	Valor medido de la temperatura de la cámara climática para la ubicación i
h_i	Valor medido de la humedad relativa de la cámara climática para la ubicación i
$PRT Pt100$	Sensor de temperatura: termómetro de resistencia de platino que tiene una resistencia de 100Ω a $0^\circ C$

3. Definiciones

Cámara climática

En el sentido de esta Directriz, una instalación técnica que permite realizar valores de temperatura del aire y / o humedad relativa especificados de forma selectiva en un volumen cerrado en un rango de trabajo se denomina cámara climática. Se utilizan medios técnicos (aislamiento térmico, circulación de aire, pantallas de radiación, etc.) para minimizar la inhomogeneidad temporal y espacial de la temperatura del aire y la humedad relativa del aire, así como las desviaciones de las temperaturas y humedades relativas del aire que prevalecen en el volumen útil de los valores nominales o, respectivamente, los valores medidos por los sistemas de medición asociados. Las cámaras climáticas dentro del alcance de esta Directriz tienen un volumen útil abarcado por las ubicaciones de medición, la proporción entre el tamaño mayor y el más pequeño de este volumen útil es menor que 5. Pueden ser móviles o estacionarias. Sin embargo, las paredes que sirven para el aislamiento térmico del ambiente no deben ser partes directas de edificios o vehículos, sino que debe ser posible asignarlas claramente a la cámara climática. La calibración dentro del alcance de esta Directriz puede llevarse a cabo con respecto a la temperatura del aire y la humedad relativa o solo con respecto a la temperatura del aire (cámara de temperatura). La designación del fabricante para una cámara climática según esta Directriz puede ser diferente; Lo que es esencial para la clasificación como cámara climática es el cumplimiento de los requisitos de acuerdo con el capítulo 5.

Ubicación de medición

Una ubicación de medición es la posición espacial en la que se dispone un sensor de temperatura o humedad relativa en el volumen útil para la calibración. Por lo tanto, una ubicación de medición es un pequeño volumen que se define por las dimensiones de los elementos sensores y su posicionamiento (es decir, aproximadamente 5 cm como máximo en cada dimensión). Si las mediciones se llevan a cabo solo en una ubicación, el resultado de la calibración es válido solo para esta ubicación. No es admisible la extrapolación a un volumen mayor.

Volumen útil

El volumen útil de una cámara climática es el volumen parcial de la cámara climática abarcada por las ubicaciones de medición de los sensores utilizados para la calibración. Según la disposición de los lugares de medición, el volumen útil puede diferir considerablemente del volumen total de la cámara. La calibración de la cámara es básicamente válida solo para este volumen útil. Deben cumplirse los requisitos mínimos para la posición de la ubicación de medición según esta Directriz (consulte el capítulo 5 y la cláusula 7.1).

Si la calibración se realiza solo en lugares de medición aislados individuales que no abarcan un volumen, solo se consideran calibrados las ubicaciones, pero no la cámara y su volumen útil (consulte el método de calibración (C)).

Ubicación de medición de referencia

La ubicación de medición de referencia es la posición en el volumen útil para el cual se establece la diferencia entre la temperatura del aire y la humedad relativa del aire y los valores indicados. En la mayoría de los casos, el centro geométrico del volumen útil se selecciona como ubicación de referencia. A petición del cliente, también son posibles otras definiciones para la ubicación de medición de referencia. La posición de la ubicación de medición de referencia debe indicarse en el certificado de calibración.

4. Objetivos de calibración

La calibración de una cámara climática sirve para determinar la desviación de las características climatológicas de la temperatura del aire y la humedad relativa en aquellas partes del volumen de la cámara que se proporcionan para uso o en puntos individuales del volumen de la cámara de los valores mostrados por los indicadores de la cámara. cámara¹. Además de estas desviaciones, con frecuencia se determinan propiedades adicionales tales como inhomogeneidades, estabildades, etc. para caracterizar la cámara y los efectos potenciales sobre el material de prueba colocado en la cámara. Estos resultados, por una parte, son de gran interés para el usuario de la cámara, ya que describen sus propiedades durante el uso y, por otra parte, son necesarios para determinar la incertidumbre de medición de la medición de los resultados de calibración.

Así, los objetivos de calibración son los siguientes:

- Calibración de la indicación de temperatura y humedad relativa en comparación con los valores de temperaturas y humedades relativas del aire medidos en el espacio útil utilizando patrones (declaración de las desviaciones o correcciones).
- Determinación de la incertidumbre de medición de la temperatura y la humedad relativa en la calibración, y determinación de la incertidumbre de medición para el uso en condiciones definidas.
- A pedido del cliente, la calibración puede incluir una prueba de conformidad con las tolerancias del usuario en condiciones definidas y / o especificaciones técnicas.
- A petición del cliente, la calibración se puede realizar solo en lugares de medición individuales. En este caso, sin embargo, algunos componentes de incertidumbre de medición no se determinarán y no se tomarán en cuenta. El resultado solo será válido para estas ubicaciones, pero no para la cámara completa (método de calibración C).

La calibración no proporciona información completa sobre las magnitudes climatológicas (temperatura y humedad relativa) en la superficie o incluso en el volumen de la carga colocada en la cámara climática para ensayo. La determinación de la temperatura interna de la carga a

¹ Como alternativa a la diferencia entre la indicación y el valor de referencia (patrón), también es posible establecer la corrección necesaria para la indicación.

ser probada, requiere el uso de termómetros calibrados en la carga. La determinación del contenido de humedad en materiales sólidos está fuera del alcance de esta Directriz.

5. Requisitos para la cámara climática (aptitud para la calibración)

En el sentido de esta Directriz, las cámaras climáticas solo pueden calibrarse si cumplen los siguientes requisitos:

- ✓ Disponibilidad de sensores para la temperatura / humedad relativa del aire con los indicadores asociados como componentes de la cámara climática.
- ✓ Disponibilidad de sistemas de control para las cantidades a calibrar como componentes de la cámara climática.
- ✓ Disponibilidad de las especificaciones técnicas del fabricante.
- ✓ Disponibilidad de documentos técnicos en la categoría de sensores; Es deseable obtener más información sobre, por ejemplo, la posición y las especificaciones de los sensores, las características del aislamiento y el tipo de estabilización de la temperatura y humidificación.
- ✓ Presión atmosférica en el espacio útil (es decir, se garantiza la equalización de la presión con el medio ambiente).
- ✓ Para el funcionamiento en un rango de temperatura o humedad relativa, la calibración debe realizarse al menos tres temperaturas o humedades relativas, respectivamente, del rango de uso en cuestión. La calibración para un solo punto de temperatura o humedad relativa (valor nominal) del rango de trabajo de la cámara es admisible, pero limita el resultado de calibración a este punto de trabajo (esto se debe indicar en el certificado de calibración).
- ✓ Si se producen pérdidas de disipación en el volumen útil (es decir, si la carga conduce a la entrada de calor o se disipa permanentemente en el aire), esta influencia debe determinarse dentro del alcance de la contribución de incertidumbre de medición del efecto de carga (para más detalles, consulte la cláusula 7.5).

En cuanto a los rangos máximos de trabajo y calibración, esta Directriz hace una distinción entre cámaras climáticas con y sin circulación de aire activa (convección forzada) en el espacio útil. En ambos casos, la cámara climática debe tener un calentamiento y / o enfriamiento activo.

a) Cámaras climáticas con sistemas de circulación de aire:

- ✓ El intervalo de medición de temperatura del aire se extiende desde - 90 °C a 500 °C. Las calibraciones para la humedad relativa son posibles y razonables solo en rangos parciales adecuados.
- ✓ Para el número espacial de ubicaciones de medición para la calibración del volumen útil, los siguientes requisitos son válidos (las desviaciones son posibles para la calibración de ubicaciones de medición individuales (consulte el capítulo 6, método (C) y la cláusula 7.1.2).): Para volúmenes útiles < 2000 l, se deben seleccionar al menos nueve ubicaciones de medición según los requisitos de la norma DIN EN 60068-3-5: 2002, es decir, las ubicaciones de medición forman los

- puntos de las esquinas y el centro espacial de Un cuboide que abarca el volumen útil.
- ✓ Para volúmenes útiles ≥ 2000 l, las ubicaciones de medición deben abarcar una red cúbica con una constante de red de máx. 1 m (es decir, el mayor espaciado de los lugares de medición vecinos es 1 m).
 - ✓ El caudal de aire debe garantizar que todo el volumen de aire circule una vez dentro de los 30 s. Para la evidencia será suficiente la especificación del fabricante.

b) Cámaras climáticas sin sistemas de circulación de aire:

- ✓ El intervalo de medición de temperatura del aire se extiende desde - 90 °C a 350 °C.
- ✓ El volumen máximo útil está limitado a 2000 l.
- ✓ Sin circulación de aire, la ecualización de la temperatura se ve obstaculizada considerablemente. Los tiempos de estabilización prolongados resultantes deben tenerse en cuenta. Las mediciones se pueden llevar a cabo solo después de que las temperaturas en todas las ubicaciones de medición ya no muestren variaciones sistemáticas durante al menos 30 min. Las variaciones temporales restantes no deben exceder la inestabilidad temporal indicada y tomadas en cuenta en la incertidumbre de medición.
- ✓ El número de ubicaciones de medición en el espacio para la calibración del volumen útil cumple con los requisitos de la norma DIN EN 60068-3-5: 2002, es decir, las mediciones deben realizarse en al menos nueve ubicaciones.
- ✓ El efecto de la carga en la homogeneidad espacial debe determinarse mediante mediciones en el estado descargado y en la carga en al menos una ubicación de medición utilizando una carga típica del usuario o utilizando cuerpos de prueba. La carga debe simular el deterioro máximo de la ecualización espacial de la temperatura y se debe describir en el certificado de calibración. A menos que el cliente requiera lo contrario, la carga corresponde al menos al 40 % del volumen útil.
- ✓ La calibración de la humedad relativa no es admisible.
- ✓ La carga activa con disipación de calor o entrada de calor no es admisible.

6. Métodos de calibración

Para la calibración de los indicadores de una cámara climática, se pueden utilizar los tres métodos siguientes, esencialmente diferentes (las mediciones siempre se refieren a la temperatura y a la humedad relativa del aire):

- (A)** La calibración se relaciona con el volumen útil abarcado por las ubicaciones de medición en la cámara climática sin carga. En cuanto al número y la posición de las ubicaciones de medición, los requisitos mínimos son válidos (consulte el capítulo 5). La calibración por lo tanto cubre:

- la determinación de la corrección a la indicación o de la desviación entre la medición en la ubicación de referencia y la indicación,
 - la determinación de la inhomogeneidad espacial en el volumen útil vacío,
 - la determinación de la inestabilidad temporal en el volumen útil vacío,
 - la determinación del efecto de la radiación (solo para la medición de la temperatura del aire),
 - la determinación del efecto de carga en la ubicación de medición en comparación con el volumen útil cargado y vacío, a petición del cliente.
- (B) La calibración se relaciona con el volumen útil abarcado por las ubicaciones de medición en la cámara climática con carga. La carga se puede realizar de acuerdo con la aplicación típica del usuario o llenando al menos el 40 % del volumen útil con cuerpos de prueba. Para las investigaciones individuales y los componentes de incertidumbre de medición, las regulaciones para el método (A) son válidas. La influencia de la carga en sí está determinada por una medición adicional en una ubicación de medición central en el estado vacío. La calibración por lo tanto cubre:
- la determinación de la corrección a la indicación o de la diferencia entre la medición en la ubicación de referencia y la indicación, en el estado cargado,
 - la determinación de la inhomogeneidad espacial en el volumen útil cargado,
 - la determinación de la inestabilidad temporal en el volumen útil cargado,
 - la determinación del efecto de la radiación,
 - la determinación de la influencia de carga para la ubicación de medición de referencia mediante la comparación del volumen útil cargado y vacío.
- (C) La calibración se relaciona con las ubicaciones de medición individuales en la cámara climática que **no** abarcan un volumen útil. Por lo tanto, la calibración cubre:
- la determinación de la corrección a la indicación o de la diferencia entre la medición en la ubicación de referencia y la indicación,
 - la determinación de la inestabilidad temporal en el lugar de medición,
 - la determinación del efecto de la radiación en el lugar de medición,
 - la determinación de la influencia de la carga en la ubicación de medición comparando el volumen útil cargado y vacío, a petición del cliente.

7. Procedimientos de calibración

7.1. Disposición de las ubicaciones de medición

7.1.1 Calibración para el volumen útil por el método (A) o (B)

Como regla general, las calibraciones se deben realizar a través de mediciones en varios lugares en el volumen útil (métodos (A) y (B)). Hasta un volumen de cámara de 2000, los requisitos para el número y la posición espacial de los puntos de medición deben establecerse de forma análoga

a DIN EN 60068 parte 3-5, es decir, las ubicaciones de medición forman los puntos de esquina y el centro espacial del cuboide, que abarca el volumen útil. Para mayores volúmenes útiles, las ubicaciones de medición se deben organizar en el volumen útil en forma de una red cúbica con una constante de red máxima de 1 m (es decir, la separación máxima de las ubicaciones de medición adyacentes es de 1 m). A petición de los clientes, también son posibles otras posiciones, pero se debe garantizar que el volumen útil esté incluido en el volumen abarcado por los puntos de medición, que el espaciado máximo de las ubicaciones de medición adyacentes no exceda de 1 m y que se determinen los valores espaciales extremos de las magnitudes climatológicas para el volumen útil. La elección de ubicaciones de medición alternativas, por ejemplo, de manera análoga a DIN 12880 parte 2, es posible si se describen en el certificado de calibración y las condiciones establecidas se cumplen como requisitos mínimos.

El resultado de la calibración solo es válido para el volumen que abarcan los puntos de medición. La interpolación espacial de los valores de medición solo es admisible por el volumen útil encerrado por los puntos de medición. La incertidumbre de medición declarada se compone de los valores máximos de las contribuciones individuales. Es válido para el volumen útil total. La interpolación de las aportaciones de incertidumbre de medición no es admisible. Las extrapolaciones de los resultados de medición más allá del volumen abarcado por las ubicaciones de medición no son admisibles.

Las dimensiones del volumen total de la cámara y la posición seleccionada de los puntos de medición se deben proporcionar en el certificado de calibración en un croquis.

7.1.2 Calibración para las ubicaciones de medición por el método (C)

Las calibraciones en ubicaciones individuales solo en el volumen útil (método (C)) son admisibles solo a solicitud del cliente. En este caso, el resultado de la calibración es válido solo para las ubicaciones de medición investigadas y esto se debe indicar en el certificado de calibración. Como elemento de calibración **“la (s) ubicación (es) de medición en la cámara climática”** se debe indicar. La contribución de la inhomogeneidad espacial local en las ubicaciones de medición debe determinarse para cada ubicación de medición utilizando dos termómetros dispuestos con un espaciado de aproximadamente 2 cm a 5 cm (debe seleccionarse al menos un espacio de acuerdo con la longitud del sensor activo). Uno de estos termómetros está dispuesto en la posición definida para la declaración del resultado de la calibración (ubicación de medición) y el otro a la distancia necesaria (el resultado de la medición de este termómetro solo sirve para determinar la inhomogeneidad espacial local y no es explícitamente entrar en el resultado de la calibración). Si la emisividad de los dos termómetros es significativamente diferente, esta medida también puede servir para determinar el efecto de la radiación. Sin embargo, la diferencia de las temperaturas medidas con los dos termómetros se utiliza en su totalidad para la inhomogeneidad local, por lo que en esta contribución se incluyen efectos de radiación adicionales. Para eliminar la influencia de la radiación en la determinación de la inhomogeneidad local en la ubicación de medición, se utilizan dos

termómetros idénticos con baja emisividad separados entre sí de 2 cm a 5 cm, así como un tercer termómetro con alta emisividad ².

En la calibración para más de una ubicación de medición según el método (C) (sin que se abarque un volumen útil), se puede prescindir del uso de dos termómetros en una ubicación de medición si a partir de la diferencia de las indicaciones de los termómetros para las ubicaciones de medición individuales se estima adecuadamente la contribución a la incertidumbre de medición debida a la inhomogeneidad local y la exactitud para una ubicación particular. El procedimiento debe ser descrito en el certificado de calibración. Las dimensiones del volumen total de la cámara y la posición seleccionada para las ubicaciones de medición deben indicarse en el certificado de calibración en un dibujo.

7.2. Determinación de la inhomogeneidad espacial

7.2.1 Inhomogeneidad de temperatura

La inhomogeneidad espacial se determina como la desviación máxima de la temperatura de una ubicación de medición de esquina o pared según DIN EN 60068-3-5 o DIN 50011-12, respectivamente, de la ubicación de referencia (en la mayoría de los casos, en el centro del volumen útil). Se debe determinar para todas las temperaturas de calibración. La inhomogeneidad espacial se investiga solo en calibraciones para un volumen útil por el método (A) o (B) (véase la cláusula 7.1.1). En las calibraciones de acuerdo con el método (C), solo se determina la inhomogeneidad para estimar la contribución de incertidumbre de medición debida a la inhomogeneidad (véase la cláusula 7.1.2).

7.2.2 Inhomogeneidad de humedad relativa

La inhomogeneidad espacial se determina como la desviación máxima de la humedad relativa de una ubicación de medición de esquina o pared según DIN EN 60068-3-5 o DIN 50011-12, respectivamente, de la humedad relativa de la ubicación de medición de referencia (en la mayoría de los casos en el centro del volumen útil). Se determinará para todas las humedades relativas de calibración. Para cámaras climáticas vacías, debido a la fuerte circulación de aire, se puede asumir que la humedad relativa absoluta en el volumen útil es homogénea. La inhomogeneidad espacial de la humedad relativa se puede calcular a partir de la inhomogeneidad de la temperatura del aire. Esto no se aplicará si hay fuentes de vapor de agua o sumideros en el volumen útil, si no se garantiza una mezcla efectiva del volumen útil o si las fugas provocan el intercambio de aire con el medio ambiente. La inhomogeneidad espacial se investiga solo en calibraciones para un volumen útil utilizando un método (A) o (B), respectivamente.

7.3. Determinación de la inestabilidad temporal

² Si la medición se realiza con solo dos termómetros, la contribución de incertidumbre se vuelve potencialmente mayor pero el costo es menor que para el procedimiento que usa tres termómetros para compensar.

La inestabilidad temporal de la temperatura del aire y de la humedad relativa del aire se determina a partir del registro de la variación temporal de la temperatura o la humedad relativa, respectivamente, durante un período de al menos 30 minutos después de que se hayan alcanzado las condiciones de estado estable. Se considera que las condiciones de estado estacionario se alcanzan cuando ya no se miden las variaciones sistemáticas de la temperatura o la humedad relativa. Para cámaras climáticas sin circulación de aire, las mediciones se pueden realizar solo después de 30 minutos después de alcanzar la estabilidad.

Para la medición de la inestabilidad temporal, se deben registrar al menos 30 valores de medición en 30 minutos a intervalos de tiempo más o menos constantes. La medición debe realizarse al menos para el centro del volumen útil o para la ubicación de medición de referencia, respectivamente, y para cada temperatura de calibración y humedad relativa de calibración. La inestabilidad temporal debe investigarse para todos los métodos de calibración.

7.4. Determinación del efecto de radiación

A temperaturas del aire en la cámara climática que difieren de la temperatura ambiente, la pared interior de la cámara siempre tiene una temperatura que se desvía de la temperatura del aire. En estas condiciones, sin embargo, los cuerpos en el volumen útil no alcanzan la temperatura del aire debido al intercambio de calor por radiación. Esto es válido tanto para las cargas del usuario como para los termómetros utilizados para la calibración. La diferencia entre la temperatura del aire a determinar y la temperatura de un termómetro depende de la emisividad de la superficie del termómetro, la dimensión (diámetro ≥ 4 mm) y la posición del sensor, la velocidad del aire en el sensor y la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura de la pared. El efecto de la radiación aumenta al aumentar la diferencia. Además, esta influencia aumenta más que proporcionalmente a la temperatura absoluta.

A petición del cliente, la influencia de la radiación en la desviación de la temperatura de un objeto con respecto a la temperatura del aire; también se puede determinar utilizando un objeto de prueba típico del cliente, un termómetro con baja emisividad o con un escudo de radiación que se utiliza para medir la temperatura del aire y un termómetro introducido en el objeto típico del cliente que sirve para medir la temperatura de ese objeto. Este método reemplaza la determinación del efecto de radiación. Debe estar descrito en el certificado y restringe el resultado a estas condiciones. También es más adecuado para clientes que siempre almacenan objetos similares en el volumen útil.

La radiación se puede estimar mediante uno de los cuatro procedimientos siguientes:

1. La determinación del efecto de la radiación se puede realizar midiendo la temperatura en el centro del volumen útil usando un termómetro con una emisividad alta (es decir, $\epsilon > 0.6$) y un termómetro con una emisividad baja (es decir, $\epsilon < 0.15$) como sea posible. Una disposición recomendable es el uso de un termómetro con una superficie de níquel pulido (baja emisividad), así como de un termómetro con una superficie de teflón (alta emisividad); son posibles otras realizaciones de los pares de termómetros con emisividad significativamente diferente, como los recubrimientos

reflectantes con oro o superficies ennegrecidas. La emisividad de ambas superficies del termómetro debe ser conocida con suficiente exactitud. Especialmente para la realización de la baja emisividad, debe evitarse la oxidación o rugosidad de la superficie. El termómetro con baja emisividad indica aproximadamente la temperatura del aire en la cámara. La temperatura del aire se obtiene por extrapolación a la emisividad $\epsilon = 0$. La diferencia establecida entre los dos termómetros es una medida del efecto de radiación si la temperatura de la pared y la temperatura del aire no son idénticas.

2. La temperatura del aire también se puede medir con un termómetro protegido de la influencia de la pared usando un escudo de radiación. Este escudo de radiación debe ser ventilado o, por su disposición y diseño, permitir que el termómetro quede expuesto adecuadamente al aire circulado. Con el escudo de radiación montado, el termómetro mide aproximadamente la temperatura del aire y, después de quitar el escudo de radiación, la "temperatura de radiación", es decir, la temperatura bajo la influencia de la radiación. La diferencia comprobada entre las dos mediciones es una medida del efecto de la radiación si la temperatura de la pared se desvía de la temperatura del aire.
3. Una medición de la temperatura de la pared y una medición aproximada de la temperatura del aire con un termómetro de baja emisividad (ver 1.) o un termómetro con pantalla de radiación (ver 2.) permite estimar el efecto máximo de radiación.
4. Para temperaturas de 0 °C a 50 °C, el efecto de la radiación no necesita ser determinado metrológicamente y se puede suponer que hace una contribución máxima de 0.3 K a la incertidumbre de medición. Si la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del aire (en la cámara climática) durante la calibración supera los 30 K, el efecto de la radiación debe determinarse en cualquier caso de acuerdo con 1 a 3.³

Los procedimientos 1 y 2 tienen como objetivo la medida más segura posible de la temperatura real del aire. No sirven para estimar el efecto de la radiación sobre la temperatura de un cuerpo en el volumen útil.

El procedimiento 3 permite, sin embargo, además de la determinación de la temperatura del aire, una estimación del peor caso de la desviación de la temperatura de un cuerpo en el volumen útil de la temperatura del aire. Sin embargo, la temperatura real de una carga de prueba colocada en el volumen útil puede determinarse con la menor incertidumbre de medición posible utilizando un termómetro calibrado en la prueba de carga.

³ Nota: El procedimiento 4 se basa únicamente en una estimación del efecto de la radiación como contribución a la incertidumbre de la medición, sin embargo, es admisible solo si se cumplen las condiciones establecidas. A cambio de una contribución de incertidumbre de medición asociada estimada mayor, el costo se reduce.

Bajo las condiciones establecidas, el procedimiento 4 proporciona una estimación del efecto de la radiación en la incertidumbre de medición.

En los métodos de calibración (A) a (C), se debe tener en cuenta el efecto de la radiación.

Las mediciones con la emisividad más pequeña ($\varepsilon < 0.15$) se indican como resultado. No se realiza una corrección de los resultados de la medición del efecto de la radiación a $\varepsilon = 0$, pero es posible si lo solicita el cliente (debe anotarse en el certificado de calibración).

7.5. Determinación del efecto de carga

Las cámaras climáticas normalmente se calibran en el estado vacío (método (A)). Sin embargo, a petición del cliente, pueden cargarse para la calibración (método (B)). La carga se debe describir en el certificado de calibración, y el resultado de la calibración es válido solo para estas condiciones particulares. Este procedimiento será aconsejable en particular si el cliente siempre opera el elemento de prueba con carga similar y si esta disposición difiere significativamente de una cámara vacía.

Especialmente para cámaras climáticas sin circulación de aire forzada, la distribución espacial de la temperatura puede verse fuertemente influenciada por la carga. En este caso, el efecto de carga debe ser investigado para todas las temperaturas de calibración para la ubicación de medición de referencia. En el caso de la calibración por el método (B), el resultado de la calibración se relaciona con el estado cargado. Se tiene en cuenta la contribución de la carga a la incertidumbre de medición de medida. (Se realiza una calibración al menos para la ubicación de medición de referencia con y sin carga, y la diferencia máxima se toma como el ancho medio de una contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente).

En el caso de la calibración por el método (A) o (C), el resultado de la calibración siempre se relaciona con el estado descargado. Si el efecto de carga se investiga a petición del cliente, la contribución obtenida se permite en la incertidumbre de medición de la medición. Sin embargo, si el efecto de carga no se investiga, se debe indicar en el certificado de calibración que la influencia de la carga no está contenida en la incertidumbre de medición de la medición. Esta declaración debe resaltarse, por ejemplo, imprimiéndola en negrita. Solo se puede omitir si se realiza una calibración al menos para la ubicación de medición de referencia con y sin carga y la diferencia máxima se califica como la mitad del ancho de una contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente.

La investigación del efecto de carga se puede realizar con una carga específica del cliente o utilizando una carga de prueba, el volumen de este último asciende al menos al 40 % del volumen útil. La carga seleccionada debe ser descrita en el certificado de calibración.

Incluyendo la medición de la carga, se deben realizar las siguientes mediciones. En este caso, es un requisito previo que la ubicación de medición de referencia esté situada en el centro del volumen útil (estándar).

Método de calibración	Descargado		Cargado	
	Ubicación de medición	Ubicación de medición de referencia	Ubicación de medición	Ubicación de medición de referencia
A	x	<input type="checkbox"/>	-	(x)
B	-	x	x	<input type="checkbox"/>
C	-	<input type="checkbox"/>	-	(x)

- = Medición de referencia (corrección o desviación de la indicación como resultado del certificado de calibración)
- x** = Medición (para determinar las contribuciones de incertidumbre de medición e información adicional en el certificado de calibración)
- (x)** = a petición del cliente

7.5.1 Carga activa con disipación de potencia.

En el caso de la carga activa de la cámara climática con disipación de potencia, la disipación total de potencia dentro del volumen de la cámara climática no debe exceder el 10 % de la potencia necesaria para calentar o enfriar (el valor más pequeño de ambos es decisivo). El poder debe ser generado casi uniformemente sobre el volumen útil; de lo contrario, solo se admitirá una disipación de potencia proporcionalmente menor para las secciones espaciales más pequeñas (ponderación de la potencia de control de temperatura de la cámara por la relación entre el volumen de la fuente de calor y el volumen útil). La influencia de la disipación de potencia en la distribución espacial de la temperatura debe determinarse dentro del alcance de las contribuciones de incertidumbre de medición del efecto de carga. Esto se lleva a cabo mediante la determinación del efecto de carga con y sin disipación de energía (fuentes de calor activadas y desactivadas). La diferencia comprobada se agrega a la contribución de incertidumbre de medición de la carga (véase la cláusula 8.4). En las calibraciones por el método (B), la carga debe estar activa durante la calibración.

7.6. Calibración en humedad relativa

Para la calibración de la humedad relativa en una cámara climática con circulación de aire, es posible determinar la humedad relativa absoluta o el punto de rocío T_d o el punto de escarcha T_f , respectivamente, en el centro del volumen útil y calcular la distribución espacial de la humedad relativa en función de la distribución medida para la temperatura del aire. Este procedimiento debe documentarse en el certificado de calibración, y las contribuciones resultantes a la incertidumbre de medición deben calcularse (para la inhomogeneidad de la temperatura espacial, se debe tener en cuenta la incertidumbre de medición de la medición de la temperatura). Sin embargo, este procedimiento puede aplicarse solo si se cumplen los requisitos previos de acuerdo con la cláusula 7.2.2.

Como alternativa, la distribución de la humedad relativa en el volumen útil también se puede determinar mediante mediciones de la humedad relativa en los lugares de medición de manera análoga a la determinación de la distribución de la temperatura.

La estabilidad temporal debe determinarse para la humedad relativa en la ubicación de medición de referencia.

Investigaciones más detalladas no están cubiertas por esta Directriz.

8. Contribuciones a la incertidumbre de medición

La incertidumbre de medición a ser declarada se compone de la incertidumbre de medición de la medición de la temperatura y la humedad relativa utilizando los patrones de medición, las incertidumbres de medición que surgen de los indicadores de la cámara climática, las contribuciones de las distribuciones temporal y espacial en el volumen útil, así como los efectos de carga.

Como las cámaras climáticas sirven para reproducir temperaturas y humedades relativas del aire definidas, la incertidumbre de medición asignada a las temperaturas y humedad relativas del aire generadas debe indicarse en el certificado de calibración.

La temperatura de los objetos típicos usados en el volumen útil puede desviarse significativamente de la temperatura del aire. Cuando se utiliza la cámara climática, el cliente en la mayoría de los casos puede determinar la temperatura de los objetos típicos usados con incertidumbres de medición más pequeñas utilizando un termómetro calibrado. La temperatura de los objetos típicos usados y la incertidumbre de medición pueden indicarse a solicitud del cliente, especificando exactamente las condiciones de medición y los objetos usados.

Si no fuera posible determinar las influencias individuales en el resultado de la calibración y la incertidumbre de medición de este último, se debe estimar y tener en cuenta su contribución máxima posible a la incertidumbre de medición. Se debe indicar en el certificado de calibración que la influencia respectiva solo se ha estimado en la incertidumbre de medición declarada. La base / fuente de esta estimación debe ser declarada.

Las interpolaciones espaciales de las contribuciones de incertidumbre de medición no son admisibles.

En general, debe señalarse que la incertidumbre de medición depende de las condiciones de uso. Por lo tanto, las condiciones de medición para la calibración deben describirse de la manera más completa posible. A menos que las condiciones de uso del cliente varíen fuertemente, las condiciones de calibración deben acordarse antes de que la calibración se acerque lo más posible a las condiciones de uso del cliente

8.1. Inhomogeneidad espacial δT_{inhom} ; δh_{inhom}

La inhomogeneidad espacial se determina como la desviación máxima de la humedad relativa o la temperatura de una ubicación de medición de esquina o pared según DIN EN 60068-3-5 o DIN 50011-12, respectivamente, de la ubicación de medición de referencia (en la mayoría de los casos, en el centro del volumen útil). Es equivalente al semi-ancho de una contribución de distribución rectangular con el valor esperado 0.

$$|\delta T_{inhom}| \leq \text{máx} |T_{ref} - T_i|$$

$$|\delta h_{inhom}| \leq \text{máx} |h_{ref} - h_i|$$

Para las incertidumbres de medición estándar asociadas se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$u(\delta T_{inhom}) = \frac{\text{máx} |T_{ref} - T_i|}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta h_{inhom}) = \frac{\text{máx} |h_{ref} - h_i|}{\sqrt{3}}$$

La inhomogeneidad espacial debe permitirse en los métodos (A) a (C) y para todas las temperaturas y humedad relativas de calibración. En los métodos (A) y (B) es válido para cada punto del volumen útil y en el método (C) solo para las ubicaciones de medición respectivas. Los resultados para δT_{inhom} y δh_{inhom} se indican en el certificado de calibración.

8.2. Inestabilidad temporal $\delta T_{inestab}$; $\delta h_{inestab}$

La inestabilidad temporal se determina a partir de la variación temporal registrada de la temperatura o la humedad relativa, respectivamente, durante un período de tiempo de al menos 30 minutos después de que se hayan alcanzado las condiciones de estado estable. Se formula la desviación máxima en 30 min desde el valor medio temporal.

$$|\delta T_{inestab}| \leq \text{máx} |\bar{T} - T_i|$$

$$|\delta h_{inestab}| \leq \text{máx} |\bar{h} - h|$$

Para las incertidumbres de medición estándar asociadas se obtiene lo siguiente:

$$u(\delta T_{inest}) = \frac{\text{máx } |\bar{T} - T_i|}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta h_{inest}) = \frac{\text{máx } |\bar{h} - h_i|}{\sqrt{3}}$$

La inestabilidad temporal debe permitirse en los métodos de calibración (A) a (C) y en todas las temperaturas y humedad relativas de calibración, y debe indicarse en el certificado de calibración (consulte los Anexos B y C).

8.3. Efecto de radiación $\delta T_{radiación}$

Para la estimación de la contribución que hace el efecto de la radiación a la incertidumbre de medición, se admiten cuatro procedimientos (véase la cláusula 7.4). Para los procedimientos individuales se obtienen las siguientes contribuciones de incertidumbre de medición:

- En el procedimiento 1, se debe permitir el 20 % de la diferencia determinada como el semi-ancho de una distribución rectangular como contribución de incertidumbre de medición a la temperatura del aire.

$$|\delta T_{radiación}| \leq 0.2 \times \text{máx } |T_{be} - T_{ae}|$$

$$u(\delta T_{radiación}) = \frac{0.2 \times \text{máx } |T_{be} - T_{ae}|}{\sqrt{3}}$$

- En el procedimiento 2, se debe permitir el 100 % de la diferencia determinada como el semi-ancho de una distribución rectangular como contribución de incertidumbre de medición a la temperatura del aire.

$$|\delta T_{radiación}| \leq \text{máx } |T_{be} - T_{ae}|$$

$$u(\delta T_{radiación}) = \frac{\text{máx } |T_{be} - T_{ae}|}{\sqrt{3}}$$

- En el procedimiento 3, se debe permitir el 10 % de la diferencia determinada como el semi-ancho de una distribución rectangular como contribución de incertidumbre de medición de la temperatura del aire.

$$|\delta T_{radiación}| \leq 0.1 \times \text{máx } |T_{be} - T_{pared}|$$

$$u(\delta T_{radiación}) = \frac{0.1 \times \text{máx} |T_{be} - T_{pared}|}{\sqrt{3}}$$

- En el procedimiento 4, se permite 0.3 K como el semi-ancho de una distribución rectangular como contribución de incertidumbre de medición a la temperatura del aire.

$$|\delta T_{radiación}| \leq 0.3 \text{ K}$$

$$u(\delta T_{radiación}) = \frac{0.3}{\sqrt{3}}$$

En los métodos de calibración (A) a (C), el efecto de la radiación se debe tener en cuenta para todas las temperaturas. En el certificado de calibración se determinan las diferencias máximas del procedimiento respectivo para el cálculo de $\delta T_{radiación}$ - es decir, sin los anteriores factores de ponderación para cada procedimiento, de 0.2 o 0.1 respectivamente como se enunció. La evaluación de estos valores es posible al establecer el método de determinación subyacente.

8.4. Efecto de carga δT_{carga} , δh_{carga}

Como contribución de incertidumbre de medición de la carga, el 20 % de la diferencia de la temperatura de la ubicación de medición de referencia (estado cargado - volumen útil vacío) se expresa como el semi-ancho de una contribución de distribución rectangular con el valor esperado 0:

$$|\delta T_{carga}| \leq 0.2 \times \text{máx} |T_{ref} - T_{ref,carga}|$$

$$|\delta h_{carga}| \leq 0.2 \times \text{máx} |h_{ref} - h_{ref,carga}|$$

Para las incertidumbres de medición estándar asociadas se obtiene lo siguiente:

$$u(\delta T_{carga}) = \frac{0.2 \times \text{máx} |T_{ref} - T_{ref,carga}|}{\sqrt{3}}$$

$$u(\delta h_{carga}) = \frac{0.2 \times \text{máx} |h_{ref} - h_{ref,carga}|}{\sqrt{3}}$$

En el caso de carga activa con disipación de potencia, la diferencia comprobada se agrega a la contribución de incertidumbre de medición de la carga (en el estado no activo) como el semi-ancho de una distribución rectangular. En las calibraciones por el método (B), la carga debe

estar activa durante la calibración. Como efecto de carga, la diferencia de la temperatura de la ubicación de medición de referencia (estado cargado - estado vacío) (sin factor de ponderación 0,2) se indica en el certificado de calibración (consulte los Anexos B y C).

8.5. Influencia de condiciones ambientales δT_{amb} ; δh_{amb}

Las condiciones ambientales que prevalecen durante la calibración se indican en el certificado de calibración. La influencia de las condiciones ambientales que difieren de las condiciones de calibración (se debe cumplir con el rango de variación admisible según las especificaciones del fabricante) debe estimarse, si es relevante para el uso de la cámara. Si corresponde, se deben establecer contribuciones de incertidumbre de medición adicionales para dichas condiciones de desviación.

8.6. Resolución de los indicadores δT_{res} ; δh_{res}

La resolución de los indicadores de temperatura y humedad relativa se ingresa como contribución de incertidumbre de medición de distribución rectangular. La resolución más pequeña es de 0.5 dígitos. Este es el semi-ancho de una contribución de distribución rectangular con la expectativa 0.

8.7. Error de medición de los patrones de medición δT_{pat} ; δh_{pat}

Esta contribución se obtiene del presupuesto de incertidumbre de medición parcial para los patrones de medición utilizados.

$$T_{pat} = T_{ind, pat} + \Delta T_{pat} + \delta T_{pat} \quad \text{con} \quad \delta T_{pat} = \delta T_{cal} + \delta T_{der} + \delta T_{res, pat} + \delta T_{autocal} + \dots$$

$$h_{pat} = h_{ind, pat} + \Delta h_{pat} + \delta h_{pat} \quad \text{con} \quad \delta h_{pat} = \delta h_{cal} + \delta h_{der} + \delta h_{res, pat} + \dots$$

Cuando se utiliza como patrón un termómetro de resistencia, se debe tener en cuenta el autocalentamiento del sensor, $\delta T_{autocal}$. En el aire, esto puede ser considerablemente mayor que en la calibración en baños líquidos. En el caso de incertidumbres de medición menores que 0.3 K en cámaras climáticas con circulación de aire, o menores que 0.5 K en cámaras climáticas sin circulación de aire, esta contribución surge por el uso de diferentes corrientes de medición en la medición o mediante la determinación apropiada en la calibración del termómetro digital con PRT Pt100 en aire en reposo o en movimiento. Si no es posible realizar una medición con diferentes corrientes de medición, la determinación de la contribución también se puede realizar mediante una calibración comparativa en el baño de líquido y en aire en reposo o en movimiento, respectivamente.

9. Resultado de calibración

En el certificado de calibración, la desviación de los valores de referencia medidos de los valores indicados o, como alternativa, la corrección a la indicación se establece como un resultado, los valores de referencia se relacionan con el centro del volumen útil. Se indican las condiciones de medición y las incertidumbres de medición de las desviaciones de la indicación o las correcciones a la indicación. Para los resultados de las investigaciones adicionales para la caracterización de las condiciones en el volumen útil o en la ubicación de medición, respectivamente, las diferencias respectivas se establecen según las cláusulas 7.2 a 7.5. Los métodos de medición según 7.4 o la carga asignada según 7.5 deben estar claramente descritos.

Si ciertas investigaciones no pudieron llevarse a cabo, esto se debe indicar claramente en el certificado de calibración. Los valores máximos de las contribuciones respectivas a la incertidumbre de medición deben ser estimados y tomados en cuenta.

Todas las contribuciones no contenidas en el resultado y en la incertidumbre de medición de la medición deben mencionarse en el certificado de calibración.

En el caso del método de calibración (C), se debe hacer referencia al elemento de calibración en el certificado de calibración como "ubicación (es) de medición en la cámara climática". El cumplimiento de los errores máximos permitidos establecidos por el cliente y el fabricante se verifica solo bajo la solicitud del cliente.

Un resultado de calibración completo consta de los siguientes componentes: (para ejemplos, vea los Anexos B y C).

- corrección de la indicación de la temperatura en la ubicación de medición de referencia (métodos (A) y (B)) o correcciones de la indicación para las ubicaciones de medición individuales (método (C)),
- corrección o desviación de la indicación de la humedad relativa en la ubicación de medición de referencia (métodos (A) y (B)) o correcciones de indicación para las ubicaciones de medición individuales (método (C)),
- incertidumbre de medición para la indicación de temperatura,
- incertidumbre de medición para la indicación de la humedad relativa,
- Resultados detallados de investigaciones tales como:
 - homogeneidad, estabilidad, efecto de radiación, temperatura de la pared, etc.
- conformidad para la temperatura ⁴
- conformidad para humedad relativa ⁵
- condiciones de medición

El certificado de calibración se acompaña de una hoja de información (ver Anexo D) que indica las fuentes específicas de influencia y error en la aplicación práctica. Esta hoja es parte integral del certificado de calibración y está numerada como la última página del certificado de calibración.

⁴ sólo a petición del cliente

⁵ sólo a petición del cliente

10. Referencias bibliográficas

- DIN EN 60068-1 Environmental testing – Part 1: General and guidance
- DIN EN 60068-2 (todas las partes) Environmental testing
- DIN EN 60068-3-5:2002 Environmental testing – Part 3-5: Supporting documentation and guidance, Confirmation of the performance of temperature chambers
- DIN EN 60068-3-6:2002 Environmental testing – Part 3-6: Supporting documentation and guidance, Confirmation of the performance of temperature/humidity chambers
- DIN EN 60068-3-7:2002 Environmental testing – Part 3-7: Supporting documentation and guidance; Measurements in temperature chambers for tests A and B (with load)
- DIN 50011 part 12 :1987 Artificial climates in technical applications; air-temperature as a climatological quantity in control- led-atmosphere test installations
- DIN 12880 (partes 1 y 2) Climatic Chambers

Anexo A – Presupuesto de incertidumbre de medición (ejemplo)

A1 - Presupuesto de incertidumbre de medición de temperatura (ejemplo usando un termómetro digital con PRT Pt100 como patrón).

Para la corrección $\Delta T_{\text{cámara}}$ de la desviación de la indicación de la temperatura de la cámara climática de la temperatura del aire medida con el patrón T_{pat} en la ubicación de medición de referencia, se obtiene el siguiente modelo:

$$\Delta T_{\text{cámara}} = T_{\text{pat}} - T_{\text{ind}} + \delta T_{\text{pat}} + \delta T_{\text{inhom}} + \delta T_{\text{inestab}} + \delta T_{\text{radiación}} + \delta T_{\text{carga}} + \delta T_{\text{res}} + \delta T_{\text{amb}}$$

Para los componentes individuales de la ecuación del modelo, se obtienen las siguientes contribuciones:

$T_{i, \text{pat}}, \delta T_{i, \text{pat}}$: La temperatura medida con el termómetro patrón para todas las ubicaciones de medición i ($i = 1 \dots N$) y las desviaciones en la ubicación i , respectivamente.
La contribución a la incertidumbre de medición tipo A se determina a partir de la desviación estándar del valor medio de las indicaciones de cada termómetro patrón leídas varias veces. Si el número de lecturas es pequeño ($N \leq 10$), es posible que se deba agregar un factor para la distribución t-student para permitir pocos grados de libertad (Ver DKD-3⁶). En el ejemplo, se obtienen 24 mK para la desviación estándar del valor medio.
La contribución a la incertidumbre de medición tipo B del patrón de medición se determina a partir de un presupuesto de incertidumbre de medición adicional para la medición de temperatura, (por ejemplo, con un termómetro digital con PRT Pt100).

$$T_{\text{pat}} = T_{\text{ind, pat}} + \Delta T_{\text{pat}} + \delta T_{\text{pat}} \quad \text{con} \quad \delta T_{\text{pat}} = \delta T_{\text{cal}} + \delta T_{\text{der}} + \delta T_{\text{res, pat}} + \delta T_{\text{autocal}} + \dots$$

⁶ Nota del traductor:

El documento DKD-3 corresponde al documento **DAkKS-DKD-3 Schrift Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen**, Copyright © 2010 by DAkKS.

Para esta referencia, también se puede consultar el documento **JCGM 100: 2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement**, September 2008 (Evaluación de los datos de medición – Guía para la expresión de la incertidumbre de medida”, septiembre de 2008).

El Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (**DAkKS**) es el Organismo de Acreditación de Alemania.

El Deutscher Kalibrierdienst (**DKD** – Servicio Alemán de Calibración) es parte del Physikalisch-Technische Bundesanstalt (**PTB** – Instituto Nacional de Metrología de Alemania). El 2011-05-03 se realizó la reforma del DKD como Comité Técnico del PTB.

- δT_{cal} : Desviación de medición desconocida del termómetro patrón debido a la calibración. El patrón de medición para la temperatura es un termómetro digital con PRT Pt100. Se aplican las correcciones de acuerdo al certificado de calibración. La incertidumbre de medición de la temperatura se toma del certificado de calibración ($U = 50$ mK; distribución normal, $k = 2$).
- δT_{der} : Se estima a partir de la historia del termómetro que la incertidumbre de medición de la temperatura debido a la deriva del termómetro digital con PRT Pt1000 no ha superado los 50 mK desde la última calibración (distribución rectangular).
- $\delta T_{res, pat}$: La resolución del termómetro patrón es de 10 mK. La incertidumbre de medición asociada se obtiene como una contribución de distribución rectangular con un ancho de 10 mK.
- $\delta T_{autocal}$: A partir del examen del termómetro digital con PRT Pt1000 (patrón) en la corriente de aire a diferentes corrientes de medición, se estima que la incertidumbre de medición de la temperatura debida al autocalentamiento del sensor Pt100 no excede los 50 mK (distribución rectangular).
- T_{ind} : La indicación de la temperatura de la cámara climática se obtiene a partir del valor medio de las lecturas en el período de 30 min. La incertidumbre de medición asociada está formada por la desviación estándar del valor medio de 130 mK (distribución normal, $k = 1$; para $n \leq 10$ debe permitirse un factor de la distribución t de acuerdo con los grados de libertad).
- δT_{inhom} : La inhomogeneidad de la temperatura se determina a partir de los resultados de medición para las ubicaciones de medición individuales i en relación con la ubicación de medición de referencia (véase la cláusula 8.1). La mayor diferencia de todas las temperaturas con respecto a la temperatura en la ubicación de medición de referencia (en la mayoría de los casos en el centro del volumen útil) es de 0.8 K (medio ancho de la contribución de incertidumbre de medición de distribución rectangular).
- $\delta T_{inestab}$: La inestabilidad de la temperatura se determina a partir de una serie de mediciones para la ubicación de medición de referencia. La mayor desviación dentro de los 30 minutos del valor medio durante este período es de 0.6 K (medio ancho de la contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente; véase la cláusula 8.2).

- $\delta T_{\text{radiación}}$: La influencia de la radiación en la medición de la temperatura se determina mediante el método 1 (véanse las cláusulas 7.4 y 8.3) utilizando dos termómetros con emisividad baja y alta, respectivamente. La diferencia comprobada entre las temperaturas de los dos termómetros es de 5 K. El 20 % de este valor se expresa como medio ancho de una contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente.
- δT_{carga} : Para la ubicación de medición de referencia, la temperatura se mide en la cámara climática vacía y con la cámara climática con carga de acuerdo con las especificaciones del cliente. La diferencia es de 0.8 K. El 20 % de este valor se expresa como medio ancho de una contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente (véase la cláusula 8.4).
- δT_{res} : La resolución de la indicación de temperatura de la cámara climática es 0.1 K. La incertidumbre de medición asociada así, se obtiene una contribución de distribución rectangular con un ancho de 100 mK.
- δT_{amb} : Desviación de la temperatura causada por diferentes condiciones ambientales durante la operación (ver cláusula 8.5). Esta contribución solo es relevante si las condiciones ambientales son diferentes para la calibración y la operación, y no se considera a continuación.

Así, se obtiene el siguiente presupuesto de incertidumbre de medición:

TRADUCCIÓN DIRECTRIZ DKD-R 5-7 CALIBRACIÓN DE CÁMARAS CLIMÁTICAS

Magnitud	Descripción	Valor estimado	Incertidumbre de medición estándar	Distribución	Coefficiente de sensibilidad	Contribución a la incertidumbre de medición
T_{pat}	Indicación del termómetro patrón	252.22 °C	24 mK	Normal	1	24 mK
δT_{cal}	Calibración del termómetro patrón	0	25 mK	Normal	1	25 mK
δT_{der}	Deriva del termómetro patrón	0	29 mK	Rectangular	1	29 mK
$\delta T_{res, pat}$	Resolución del termómetro patrón	0	3 mK	Rectangular	1	3 mK
$\delta T_{autocal}$	Autocalentamiento Pt100	0	29 mK	Rectangular	1	29 mK
T_{ind}	Indicación de la cámara climática	250.4 °C	130 mK	Normal	1	130 mK
δT_{inhom}	Inhomogeneidad de temperatura	0	462 mK	Rectangular	1	462 mK
$\delta T_{inestab}$	Inestabilidad de temperatura	0	346 mK	Rectangular	1	346 mK
$\delta T_{radiación}$	Efecto de radiación	0	577 mK	Rectangular	1	577 mK
δT_{carga}	Efecto de carga	0	92 mK	Rectangular	1	92 mK
δT_{res}	Resolución	0	29 mK	Rectangular	1	29 mK
$\Delta T_{cámara}$	Corrección a la indicación	1.8 K	834 mK			

La incertidumbre de medición expandida para la calibración de la indicación de temperatura de la cámara climática en relación con el volumen útil es $U = k \times u (\Delta T_{cámara}) = 2 \cdot 834 \text{ mK} = 1.7 \text{ K}$.

Si en este presupuesto de incertidumbre de medición una contribución de distribución rectangular, por ejemplo, la inhomogeneidad, es considerablemente mayor que todas las demás contribuciones, se usa un factor de cobertura $k \neq 2$ para una probabilidad de cobertura del 95 % de acuerdo con DKD-3 porque la incertidumbre de medición global entonces no se distribuye normalmente. Debido a los muy pocos grados de libertad efectivos para la incertidumbre de medición estándar del resultado, también es posible que obtener un factor de cobertura $k > 2$ de acuerdo con el Anexo E del DKD-3.

A2 – Presupuesto de incertidumbre de medición para la humedad relativa (ejemplo de medición de humedad relativa usando como patrón un higrómetro capacitivo).

Para la corrección $\Delta h_{\text{cámara}}$ de la desviación de la indicación temperatura de la cámara climática de la temperatura medida con el patrón de la temperatura del aire h_{pat} en la ubicación de medición de referencia, se obtiene el siguiente modelo):

$$\Delta h_{\text{cámara}} = h_{\text{pat}} - h_{\text{ind}} + \delta h_{\text{pat}} + \delta h_{\text{inhom}} + \delta h_{\text{inestab}} + \delta h_{\text{carga}} + \delta h_{\text{res}} + \delta h_{\text{amb}}$$

Para los componentes individuales de la ecuación del modelo, se obtienen las siguientes contribuciones:

$h_{\text{pat}}, \delta h_{\text{pat}}$: La humedad relativa medida con el higrómetro patrón para todas las ubicaciones de medición i ($i = 1 \dots N$) y las desviaciones en la ubicación i , respectivamente. La contribución a la incertidumbre de medición tipo A se determina a partir de la desviación estándar del valor medio de las indicaciones de cada higrómetro patrón leídas varias veces. Si el número de lecturas es pequeño ($N \leq 10$), es posible que se deba agregar un factor para la distribución t-student para permitir pocos grados de libertad (Ver DKD-3). En el ejemplo, se obtienen 0.14 %HR para la desviación estándar del valor medio. La contribución a la incertidumbre de medición tipo B del patrón de medición se determina a partir de un presupuesto de incertidumbre de medición adicional para la medición de humedad relativa, (por ejemplo, con un higrómetro con sensor capacitivo).

$$h_{\text{pat}} = h_{\text{ind, pat}} + \Delta h_{\text{pat}} + \delta h_{\text{pat}} \quad \text{con} \quad \delta h_{\text{pat}} = \delta h_{\text{cal}} + \delta h_{\text{der}} + \delta h_{\text{res, pat}} + \dots$$

δh_{cal} : desviación de medida desconocida del higrómetro patrón debida a la calibración. Para cada ubicación de medición i , el patrón para la humedad relativa es un higrómetro basado en un sensor capacitivo. La corrección del patrón ($\delta h_{\text{cal}} = -0.5$ %HR.) se determina a partir del certificado de calibración junto con la incertidumbre de medición, ($U = 0.7$ %HR; distribución normal, $k = 2$)

δh_{der} : Se estima a partir de la historia de los higrómetros que la incertidumbre de medición de la medición de la humedad relativa debida a la deriva no ha superado el 1.0 %HR desde la última calibración (distribución rectangular).

$\delta h_{\text{res, pat}}$: La resolución de la humedad relativa del higrómetro patrón es 0.1 %HR. De este modo, la incertidumbre de medición asociada se obtiene como una contribución de distribución rectangular con un ancho de 0.1 %HR.

- h_{ind} : La indicación de la humedad relativa en la cámara climática se obtiene a partir del promedio de las lecturas durante el período de 30 min. La incertidumbre de medición asociada está formada por la desviación estándar del promedio - en el ejemplo – 0.24 %HR (distribución normal, $k = 1$; en el caso de $N \leq 10$, un factor para la distribución t-student según los grados de libertad debe ser permitida).
- δh_{inhom} : La inhomogeneidad de humedad relativa se determina a partir de los resultados de medición para las ubicaciones de medición individuales i en relación con la ubicación de medición de referencia (véase la cláusula 8.1). La mayor diferencia de todas las humedades relativas de la humedad relativa en la ubicación de medición de referencia (en la mayoría de los casos, el centro del volumen útil) es del 1.8 %HR (semi-ancho de la contribución de incertidumbre de medición distribuida rectangularmente).
- $\delta h_{inestab}$: La inestabilidad de la humedad relativa se determina a partir de una serie de mediciones para la ubicación de medición de referencia. La mayor desviación dentro de los 30 minutos del valor medio durante este período es del 1.2 %HR (semi-ancho de la contribución de incertidumbre de medición de distribución rectangular, véase la cláusula 8.2).
- δh_{carga} : Para la ubicación de medición de referencia, la humedad relativa se mide con la cámara climática vacía y con carga de manera definida de acuerdo con las especificaciones del cliente (método B). La diferencia es del 2.2 %HR. El 20 % de este valor se toma como semi-ancho de una contribución de incertidumbre de medición de distribución rectangular (ver cláusula 8.4).
- δh_{res} : La resolución de la indicación de la humedad relativa de la cámara climática es del 1.0 %HR. La incertidumbre de medición asociada se obtiene como contribución de distribución rectangular con el ancho 1.0 %HR.
- δh_{amb} : Desviación de la humedad relativa causada por diferentes condiciones ambientales durante la operación (ver cláusula 8.5). Esta contribución solo es relevante si las condiciones ambientales son diferentes para la calibración y la operación, y no se considera a continuación.

Así, se obtiene el siguiente presupuesto de incertidumbre de medición:

TRADUCCIÓN DIRECTRIZ DKD-R 5-7 CALIBRACIÓN DE CÁMARAS CLIMÁTICAS

Magnitud	Descripción	Valor estimado	Incertidumbre de medición estándar	Distribución	Coefficiente de sensibilidad	Contribución a la incertidumbre de medición
h_{pat}	Indicación del higrómetro patrón	52.2 %HR	0.14 %HR	Normal	1	0.14 %HR
δh_{cal}	Calibración del higrómetro patrón	0.5 %HR	0.35 %HR	Normal	1	0.35 %HR
δh_{der}	Deriva del higrómetro patrón	0	0.58 %HR	Rectangular	1	0.58 %HR
$\delta h_{res, pat}$	Resolución del higrómetro patrón	0	0.03 %HR	Rectangular	1	0.03 %HR
h_{ind}	Indicación de la cámara climática de humedad relativa	49 %HR	0.24 %HR	Normal	1	0.24 %HR
δh_{inhom}	Inhomogeneidad de humedad relativa	0	1.05 %HR	Rectangular	1	1.05 %HR
$\delta h_{inestab}$	Inestabilidad de humedad relativa	0	0.69 %HR	Rectangular	1	0.69 %HR
δh_{carga}	Efecto de carga	0	0.26 %HR	Rectangular	1	0.26 %HR
δh_{res}	Resolución	0	0.29 %HR	Rectangular	1	0.29 %HR
$\Delta h_{cámara}$	Corrección a la indicación	3 %HR	1.51 %HR			

La incertidumbre de medición expandida para la calibración de la indicación de la humedad relativa en la cámara climática en relación con el volumen útil es $U = k \times u (\Delta h_{cámara}) = 2 \times 1.51 \%HR = 3.0 \%HR$.

Si en este presupuesto de incertidumbre de medición una contribución de distribución rectangular, por ejemplo, la inhomogeneidad, es considerablemente mayor que todas las demás

contribuciones, se usa un factor de cobertura $k \neq 2$ para una probabilidad de cobertura del 95 % de acuerdo con DKD-3 porque la incertidumbre de medición global entonces no se distribuye normalmente. Debido a los muy pocos grados de libertad efectivos para la incertidumbre de medición estándar del resultado, también es posible que obtener un factor de cobertura $k > 2$ de acuerdo con el Anexo E del DKD-3.

Anexo B – Formatos para el informe de los resultados de calibración de una cámara climática por el método (A) o (B)

Resultados de medición para temperatura del aire:

Set point del controlador, °C	Temperatura del patrón en el punto de referencia, °C	Indicación de temperatura del instrumento bajo calibración, °C	Corrección a la indicación, K	Incertidumbre de medición, K

Humedad relativa del aire:

Set point del controlador, %HR	Humedad relativa del patrón en el punto de referencia, %HR	Indicación de humedad relativa del instrumento bajo calibración, %HR	Corrección a la indicación, %HR	Incertidumbre de medición, %HR
%HR	%HR	%HR	%HR	%HR

Otros resultados

Distribución espacial:

Set point del controlador de temperatura	Temperatura – Termómetro patrón									Incertidumbre de medición
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 Ubicación de referencia,	
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	K

Set point del controlador de humedad	Humedad relativa del aire – Higrómetro patrón	Incertidumbre de medición

relativa										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 Ubicación de referencia,	
%HR	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR	%H	%HR	%HR

Resultados para la caracterización del volumen de la cámara climática

Temperatura				
Set point del controlador de temperatura, °C	Inhomogeneidad, K	Inestabilidad, K	Efecto de radiación, K	Efecto de carga, K

Humedad relativa			
Set point del controlador de humedad relativa, %HR	Inhomogeneidad, %HR	Inestabilidad, %HR	Efecto de carga, %HR

Los valores medidos de temperatura y humedad relativa son valores medios de mediciones repetidas. Las temperaturas del aire indicadas se determinaron utilizando un termómetro con una emisividad de ($\epsilon < 0.15$). El efecto de radiación restante no se corrigió, pero se permitió en la incertidumbre de medición declarada. Las contribuciones indicadas para la caracterización del volumen representan los rangos máximos de variación de temperatura y humedad relativa, respectivamente, bajo las condiciones de medición indicadas.

Los resultados indicados son válidos solo para el volumen útil de la cámara climática abarcada por las ubicaciones de medición. Todas las demás partes del volumen de la cámara se consideran no calibradas.

La temperatura del aire y la humedad relativa del aire se obtienen según las relaciones:

Temperatura del aire = indicación de temperatura + corrección a la indicación

Humedad relativa del aire = indicación de humedad relativa + corrección a la indicación

Consulte la información sobre el uso de cámaras climáticas en la hoja adjunta.

Incertidumbre de medición

Las incertidumbres de medición para las temperaturas y humedades relativas se determinaron a partir de las incertidumbres de medición de los patrones, de los procedimientos de medición aplicados y de las características de las cámaras climáticas investigadas.

La incertidumbre de medición indicada es la incertidumbre de medición expandida que se obtiene de la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de expansión $k = 2$, se ha determinado de acuerdo con DKD-3, con una probabilidad del 95 %. El valor del mensurando se encuentra en el intervalo de valores asignado.

Anexo C – Formatos para el informe de los resultados de calibración de una ubicación de medición en la cámara climática por el método (C)

Resultados de medición para temperatura del aire:

Set point del controlador, °C	Temperatura del patrón en la ubicación de medición, °C	Indicación de temperatura del instrumento bajo calibración, °C	Corrección a la indicación, K	Incertidumbre de medición, K

Humedad relativa del aire:

Set point del controlador, %HR	Humedad relativa del patrón en la ubicación de medición, %HR	Indicación de humedad relativa del instrumento bajo calibración, %HR	Corrección a la indicación, %HR	Incertidumbre de medición, %HR

Otros resultados para la caracterización de las condiciones en la ubicación de medición:

Temperatura				
Set point del controlador de temperatura, °C	Inhomogeneidad, K	Inestabilidad, K	Efecto de radiación, K	Efecto de carga, K

Humedad relativa			
Set point del controlador de humedad relativa, %HR	Inhomogeneidad, %HR	Inestabilidad, %HR	Efecto de carga, %HR

Los valores medidos de temperatura y humedad relativa son valores medios de mediciones repetidas. Las temperaturas del aire indicadas se determinaron utilizando un termómetro con una emisividad de ($\epsilon < 0.15$). El efecto de radiación restante no se corrigió, pero se incluyó en la

incertidumbre de medición declarada. Las contribuciones declaradas para la caracterización de las condiciones en la ubicación de medición representan los intervalos de medición máximos de variación de temperatura y humedad relativa, respectivamente, bajo las condiciones de medición declaradas.

Los resultados declarados sólo son válidos para la ubicación o el volumen de un cubo de longitud máxima de arista de 5 cm en el centro del cual está situada la ubicación de medición. Todas las demás partes del volumen de la cámara se consideran no calibradas.

La temperatura del aire y la humedad relativa del aire en el lugar de medición se obtienen de acuerdo con las relaciones:

Temperatura del aire = indicación de temperatura + corrección a la indicación

Humedad relativa del aire = indicación de humedad relativa + corrección a la indicación

Consulte la información sobre el uso de cámaras climáticas en la hoja adjunta.

Incertidumbre de medición

Las incertidumbres de medición para las temperaturas y humedades relativas se determinaron a partir de las incertidumbres de medición de los patrones, de los procedimientos de medición aplicados y de las características de las cámaras climáticas caracterizadas.

La incertidumbre de medición indicada es la incertidumbre de medición expandida que se obtiene de la incertidumbre de medición estándar mediante la multiplicación por el factor de expansión $k = 2$. Se ha determinado de acuerdo con DKD-3. Con una probabilidad del 95 %. El valor del mensurando se encuentra en el intervalo de valores asignado.

Anexo D – Suplemento del certificado de calibración para cámaras climáticas

Información sobre la calibración y el uso de cámaras climáticas

General

A menos que se indique lo contrario en el certificado de calibración, la calibración es válida solo para la temperatura del aire en el volumen útil vacío de la cámara climática.

Bajo condiciones de medición distintas a las indicadas, en parte, se pueden considerar desviaciones considerables (hasta varios kelvin) del valor de calibración.

Efectos de radiación

Cuando se utilizan cámaras climáticas en el intervalo de medición de temperatura por encima de la temperatura ambiente la temperatura de las paredes de muchos modelos es más baja que la del aire. Debido a las pérdidas de radiación, la temperatura del aire entonces es más alta que la temperatura de un termómetro u objeto de prueba en el espacio útil.

También, la temperatura del termómetro y la de un objeto (→ “Objeto en el volumen útil”) en la cámara climática puede diferir considerablemente. Especialmente si la emisividad (ϵ) del objeto difiere de la del termómetro. Hay que tener en cuenta grandes diferencias.

Según la ley de radiación. La influencia de este efecto aumenta excesivamente a temperaturas más altas. Por debajo de la temperatura ambiente. El efecto es inverso, pero el impacto es considerablemente menor y, a menudo, despreciable.

Según el modelo de la cámara climática, diferencias de varios kelvin son posibles para temperaturas mayores a 150 °C.

Objeto en el volumen útil

Los objetos en el volumen útil en general no asumirán la temperatura del aire que prevalece durante la calibración porque

- 1) Las condiciones de carga, a menos que se simulen exactamente para la calibración, influyen o cambian el campo de temperatura en el volumen útil.
- 2) Posición. El tamaño y el material del objeto no son, en general, conformes con las características del termómetro utilizado para la calibración de la cámara climática y
- 3) En términos cualitativos, pero no cuantitativos, el objeto y el termómetro están sujetos a efectos de radiación comparables.

Humedad relativa en el volumen útil

La distribución de la humedad relativa en el volumen útil puede cambiar considerablemente si hay fuentes de vapor de agua o sumideros en el volumen útil. si no se garantiza una mezcla efectiva del volumen útil o si las fugas conducen a que el aire se intercambie con el medio ambiente.

Incertidumbre de medición

La incertidumbre de medición declarada es válida solo si se cumplen las condiciones de medición documentadas en el caso específico. Es válido para la indicación de temperatura o humedad relativa

de la cámara climática en relación con la temperatura o humedad relativa del aire en la cámara climática en una posición definida o para un volumen definido.

Sólo si el estado de carga, la (s) ubicación (es) de medición y el volumen útil, respectivamente, son idénticos y si las características del termómetro son similares ($\epsilon < 0.2$), el valor de calibración se puede reproducir dentro de la incertidumbre de medición declarada.

El efecto de radiación restante del patrón usado, relacionado con la cámara climática calibrada aquí, se determinó y se incluyó en la incertidumbre de medición. A menos que se indique expresamente en el certificado de calibración, no se aplica.



**MINISTERIO DE COMERCIO,
INDUSTRIA Y TURISMO**

GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE

**TRADUCCIÓN DIRECTRIZ DKD-R 5-7
CALIBRACIÓN DE CÁMARAS CLIMÁTICAS
INM/GTM-T/03**

ISBN e-Book: 978-958-53642-2-6

**Subdirección de
METROLOGÍA FÍSICA**

Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM

Subdirección de Metrología Física
Red Colombiana de Metrología
Av. Cra 50 No 26-55 Int. 2 CAN - Bogotá, D.C. Colombia
Conmutador: (57 601) 254 22 22
E-mail: contacto@inm.gov.co
www.inm.gov.co

Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC

Av. Calle 26 # 57 – 83, Torre 8, Oficina 1001 - Bogotá, D.C. Colombia
PBX: (57 601) 742 7592
E-mail: onac@onac.org.co
www.onac.org.co

