
Guía Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos
Quinta Edición
Revisado y Ampliado
Traducido bajo licencia de ASHRAE
1
Serie Datacom de ASHRAE

Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos

Quinta Edición

Revisado y Ampliado

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Las Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos son escritas por el Comité Técnico (TC) 9.9 de ASHRAE, Instalaciones de Misión Crítica, Centros de Datos, Espacios de Tecnología y Equipos Electrónicos. El TC 9.9 de ASHRAE está compuesto por una variada gama de representantes de la industria incluyendo, pero no limitado a, fabricantes de equipos, ingenieros consultores, operadores de centros de datos, academia, laboratorios de prueba, y oficiales del gobierno, quiénes están comprometidos en incrementar y compartir el conocimiento relacionado con los centros de datos.

Las Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos no es una Guía ASHRAE y no ha sido desarrollada según el proceso de consenso de ASHRAE.

This publication translated by permission © 2021 ASHRAE. Translation by Gerardo Alfonso, member of TC 9.9, of the ASHRAE Colombia Chapter, and of the Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE). ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners 30092, USA, www.ashrae.org.

Este documento ha sido traducido con la debida autorización de © 2021 ASHRAE. La traducción ha sido realizada por Gerardo Alfonso miembro del TC 9.9, del Capítulo Colombia de ASHRAE y de la Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE). ASHRAE no asume responsabilidad por la exactitud de la traducción. Para comprar la edición en Inglés contacte a ASHRAE, 180 Technology Parkway,Peachtree Corners 30092. USA, www.ashrae.org.

Asociación Colombiana del Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración

Para mayor información sobre la Serie Datacom de ASHRAE, visite www.ashrae.org/datacenterguidance.

Para mayor información sobre la TC 9.9 de ASHRAE, visite https://tc0909.ashraetcs.org/.

Actualizaciones y erratas para esta publicación serán divulgadas en la página web de ASHRAE en www.ashrae.org/publicationupdates.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos

Quinta Edición

Revisado y Ampliado

Serie Datacom ASHRAE
Libro 1



Peachtree Corners

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

ISBN 978-1-955516-12-9 (paperback)
ISBN 978-1-955516-13-6 (PDF)

© 2015, 2022 ASHRAE. Todos los derechos reservados.

180 Technology Parkway · Peachtree Corners, GA 30092 · www.ashrae.org
ASHRAE es una marca registrada de
American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
(La Sociedad Americana de Ingenieros de la Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, Inc.)

ASHRAE ha compilado esta publicación con cuidado, pero no la ha investigado. ASHRAE niega expresamente cualquier deber de investigar todo producto, servicio, proceso, procedimiento, diseño o similar que pueda describirse aquí. La aparición de cualquier información técnica o material editorial en esta publicación no constituye endoso o garantía por parte de ASHRAE de ningún producto, servicio, proceso, procedimiento, diseño o similar. ASHRAE no garantiza que la información en la publicación esté libre de errores y no ASHRAE no necesariamente está de acuerdo con ninguna declaración u opinión en esta publicación. El usuario asume todo el riesgo del uso de cualquier información en esta publicación.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida sin permiso escrito de ASHRAE, excepto por un crítico, quién pueda citar breves pasajes o reproducir ilustraciones en una revisión con los créditos adecuados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación, o transmitida de ninguna manera—electrónica, fotocopia, grabación u otra—sin el permiso escrito de ASHRAE. Las solicitudes pueden ser enviadas a www.ashrae.org/permissions.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Names: ASHRAE (Firm), author.
Title: Gui´as te´rmicas para ambientes de procesamiento de datos.
Other titles: Thermal guidelines for data processing environments. Spanish
Description: Quinta edicio´n, revisada y ampliada. | Peachtree Corners [Georgia] : ASHRAE, [2022] | Series: Serie datacom ASHRAE ; libro 1 | "ASHRAE TC 9.9 Carta de Referencia"--Preliminary pages. | Includes bibliographical references. | Summary: "Thermal Guidelines for Data Processing Environments provides groundbreaking, vendor-neutral information that empowers data center designers, operators, and managers to better determine the impacts of varying design and operation parameters on information technology equipment (ITE)"-- Provided by publisher.
Identifiers: LCCN 2022046925 | ISBN 9781955516129 (paperback) | ISBN 9781955516136 (PDF)
Subjects: LCSH: Data processing service centers--Cooling. | Data processing service centers--Heating and ventilation. | Buildings--Environmental engineering. | Data processing service centers--Design and construction. | Electronic data processing departments--Equipment and supplies--Protection. | Electronic apparatus and appliances--Cooling.
Classification: LCC TH7688.C64 A1718 2022 | DDC 004.068--dc23/eng/20221101

ASHRAE Staff

Special Publications	**Cindy Sheffield Michaels,** Editor
	James Madison Walker, Managing Editor of Standards
	Mary Bolton, Associate Editor
	Robyn Weaver, Assistant Editor
	Michshell Phillips, Senior Editorial Coordinator
Publishing Services	**David Soltis,** Group Manager of Electronic Products and Publishing Services
	Jayne Jackson, Publication Traffic Administrator
Director of Publications and Education	**Mark S. Owen**

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Contenido

Prefacios . . . . . **ix**

Agradecimientos . . . . . **xiii**

Capítulo 1—Introducción **1**

1.1 Estructura del Libro 2
1.2 Principales Usuarios de Este Libro 4
1.3 Cumplimiento 4
1.4 Definiciones 5

Capítulo 2—Guías Medio Ambientales para Equipos Enfriados por Aire **11**

2.1 Antecedentes 11
2.2 Nuevas Especificaciones Medio Ambientales para Equipos Enfriados por Aire 13
2.2.1 Definiciones de Clases Medio Ambientales para Equipos Enfriados por Aire 20
2.2.2 Definiciones de Clases Medio Ambientales para Equipos de Alta Densidad Enfriados por Aire 24
2.2.3 Especificaciones Medio Ambientales ETSI 24
2.3 Guía para el Uso y Aplicación de las Clases ASHRAE en los Centros de Datos 26
2.4 Métricas del Servidor para el Uso de las Nuevas Guías 31
2.4.1 Tendencia de la Potencia del Servidor versus la Temperatura Ambiente 32
2.4.2 Niveles de Ruido Acústico en el Centro de Datos versus la Temperatura Ambiente 34
2.4.3 Tendencias de la Confiabilidad del Servidor versus la Temperatura Ambiente 37
2.4.4 Confiabilidad del Servidor versus la Humedad, la Contaminación, y Otros Efectos de la Temperatura 41

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

2.4.5 Tendencias del Rendimiento del Servidor versus la Temperatura Ambiente 44
2.4.6 Tendencia del Costo del Servidor versus la Temperatura Ambiente 45
2.4.7 Resumen de las Especificaciones Medio Ambientales para Equipo Enfriado por Aire 46

Capítulo 3—Guías Medio Ambientales para Equipos Enfriados por Líquido 49

3.1 Equipos de TI Enfriados por Líquido 50
3.1.1 Nueva Construcción 51
3.1.2 Expansiones 51
3.1.3 Computación de Alto Rendimiento (HPC) y Otras Cargas de Trabajo de Alta Densidad. 52
3.1.4 Interfaz de las Instalaciones y Equipos de TI 52
3.2 Clases de Temperatura para el Suministro de Agua en las Instalaciones para los Equipos de TI. 55
3.2.1 Definición de las Clases Medio Ambientales para Enfriamiento por Líquido 55
3.2.2 Consideraciones de Condensación. 57

Capítulo 4—Temperatura de las Instalaciones y Medición de la Humedad 59

4.1 Pruebas de Auditoria y Salubridad de las Instalaciones. 60
4.1.1 Puntos de Medición en Pasillos. 60
4.1.2 Estado Operacional del HVAC 61
4.1.3 Evaluación 61
4.2 Pruebas de Verificación de la Instalación de Equipos 63
4.3 Pruebas de Solución de Problemas en los Equipos 64
4.4 Simulación del Enfriamiento. 67

Capítulo 5—Ubicación de Equipos y Patrones de Flujo. 69

5.1 Flujo de Aire del Equipo 69
5.1.1 Sintaxis del Protocolo de Flujo de Aire 69
5.1.2 Protocolo del Flujo de Aire para el Equipo 70
5.1.3 Diseño de Gabinetes 71
5.2 Flujo de Aire de la Sala de Equipos 71

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

5.2.1 Ubicación de Gabinetes y Filas de Gabinetes 71
5.2.2 Gabinetes con Patrones de Flujo de Aire Diferentes . . . 72
5.2.3 Paso de Fila 73

Capítulo 6—Reportes de Calor y Flujo de Aire de los Fabricantes de Equipos 77

6.1 Suministro de Valores de Liberación de Calor y Flujo de Aire 77
6.2 Reporte Termico de Equipos 80
6.3 Reporte de Energía EPA Energy Star®. 80

Apéndice A—Guías Medio Ambientales ASHRAE 2021 para Equipo TI— Expandiendo el Rango Medio Ambiental Recomendado 83

A.1 Límites de Temperatura de Bulbo Seco 86
A.1.1 Límite Inferior 86
A.1.2 Límite Superior 87
A.2 Límites de Humedad 89
A.2.1 Límite Superior 89
A.2.2 Límite Inferior 93
A.3 Niveles de Ruido Acústico 94
A.4 Escenarios de Operación en Centros de Datos para los Límites Medio Ambientales Recomendados 95

Apéndice B—Guías Térmicas para Equipos Enfriados por Aire (I-P). 97

Apéndice C—Diagrama de Flujo Detallado para el Uso y Aplicación de las Clases de Centros de Datos ASHRAE . . . 103

C.1 Notas para las Figuras 103
C.2 Nomenclatura para Figuras. 103

Apéndice D—Investigación ESD y Medidas de Control de la Estática 109

D.1 Antecedentes ESD 109
D.2 Investigación de ESD 109
D.3 Aspectos Operacionales y de Personal 117

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

D.4 Aspectos del Piso 118
D.4.1 Medición de la Resistencia del Piso 118
D.5 Lecturas Adicionales 118

Apéndice E—Investigación Sobre el Efecto de la Humedad Relativa y la Contaminación Gaseosa en la Confiabilidad del Equipo de TI. 121

E.1 Conclusiones de la Investigación 124

Apéndice F—Cartas Psicrométricas 129

Apéndice G—Curvas de Derrateo por Altitud 135

Apéndice H—Ejemplo Práctico del Impacto del Sistema de Enfriamiento sin Compresores sobre la Rata de Fallas del Hardware 137

Apéndice I—Datos de Confiabilidad de Equipos de TI para las Principales Ciudades de los Estados Unidos y del Mundo 141

I.1 Notas a las Figuras y Tablas 142

Apéndice J—OSHA y Personal que Trabaja a Altas Temperaturas 157

Apéndice K—Rata de Cambio de la Temperatura de Entrada al Servidor Permitida 161

Apéndice L—Límites de Humedad Relativa Permitidos a la Entrada del Servidor versus la Máxima Temperatura de Entrada de Bulbo Seco 165

Referencias y Bibliografia 171



Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos, Quinta Edición, está acompañada de contenido en línea, que puede ser descargado en www.ashrae.org/datacom1_5th.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Prefacios

PREFACIO A LA QUINTA EDICIÓN EN INGLÉS

Antes de la publicación en 2004 de la primera edición de las *Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de datos*, no existía una única fuente en la industria de centros de datos para los requisitos de temperatura y humedad de los equipos de tecnología de la información (ITE).Este libro estableció puntos de diseño común, innovadores y avalados por los principales fabricantes de equipos de tecnología de la información (TI OEMs). La segunda edición publicada en 2008 creó un nuevo precedente ampliando los rangos recomendados de temperatura y humedad.

La tercera edición (2012) abrió un nuevo camino al incorporar nuevas clases medio ambientales para centros de datos que permiten el uso de tiempo completo de las técnicas de enfriamiento gratuito (free cooling) en la mayoría de los climas del mundo. Este emocionante desarrollo también trajo una mayor complejidad y compensaciones que requirieron una evaluación más cuidadosa en su aplicación debido al impacto potencial en los equipos de TI que soportan.

La cuarta edición (2015b) tomó medidas adicionales para aumentar la eficiencia energética de los centros de datos al reducir los requisitos de humidificación. ASHRAE financió el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Missouri desde el 2011 al 2014, para investigar el riesgo de mal funcionamiento o daños en la electrónica relacionados con descargas electrostáticas (ESD). Las preocupaciones planteadas antes del estudio con respecto al aumento del riesgo inducido por ESD con la reducción de la humedad no estaban justificadas (Pommerenke et al. 2014).

Esta quinta edición de las *Guías Térmicas* se centro principalmente en dos cambios importantes: uno, el resultado del proyecto de investigación RP-1755 (Zhanget al. 2019a) financiado por ASHRAE sobre los efectos de la alta humedad relativa (HR) y los contaminantes gaseosos en la corrosión del equipo de TI, y el segundo, la incorporación de una nueva clase medio ambiental para equipos de alta densidad. ASHRAE financió el Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial de la Universidad de Syracuse de 2015 a 2018, para investigar el riesgo de operar centros de datos con niveles más altos de humedad cuando existen altos niveles de contaminantes gaseosos. El objetivo fue evaluar la capacidad de aumentar el nivel de humedad recomendado apoyando la reducción de energía requerida por los centros de datos. Los cambios efectuados en el rango recomendado de acuerdo con esta investigación se muestran en el Capítulo 2, los detalles de este estudio se explican en el Apéndice E. También, se agregó una nueva clase medio ambiental para servidores de alta densidad que puedan adaptarse a los equipos de alto-rendimiento que no

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

cumplen con los requisitos de las clases medio ambientales actuales A1a A4. La quinta edición también cambió el nombre de las clases medio ambientales de enfriamiento líquido para representar las temperaturas máximas del agua de la instalación.

La quinta edición revisada y expandida incluye información sobre las clases medio ambientales B y C, que fueron removidas de la primera impresión de la quinta edición en inglés. La descripción de estas clases se adicionó a la sección 2.2.1 y a la tarjeta de referencia, y las filas con los valores de las clases B y C se agregaron a la tabla 2.1, la tabla en la tarjeta de referencia y la tabla B.1. Las figuras L.8 y L.9 se incluyeron para mostrar los climatogramas de las clases B y C. La decisión de reeditar la quinta edición con esta información fue hecha por que el comité técnico de ASHRAE (TC) 9.9 y el grupo de Publicaciones de AHSRAE sienten que es la mejor manera de brindar una guía actualizada de las *Guías Térmicas*.

Una idea fundamental que se trasladó de ediciones anteriores de las *Guías Térmicas,* es que la temperatura de entrada es la única temperatura que importa para el equipo de TI. Aunque existen razones para querer considerar el impacto de la temperatura de salida del equipo en el pasillo caliente, esta no afecta la confiabilidad o el rendimiento del equipo de TI. Además, cada fabricante equilibra los requisitos de diseño y rendimiento al determinar el aumento de temperatura de diseño de su equipo. Los operadores de centros de datos deben comprender la distribución de la temperatura de entrada a los equipos en el centro de datos y tomar medidas para monitorear estas condiciones. Una instalación diseñada para maximizar la eficiencia mediante la aplicación agresiva de nuevos rangos y técnicas operativas requerirá una optimización compleja y multivariable realizada por un arquitecto de centros de datos experimentado.

Aunque la gran mayoría de los centros de datos enfría por aire la carga de TI, el enfriamiento líquido es cada vez más común y es probable que se adopte en gran medida debido a la mayor eficiencia operativa, a el potencial de tener mayor densidad y la oportunidad de recuperar el calor. En consecuencia, la cuarta y quinta ediciones de las *Guías Térmicas para Ambientes de Procesamiento de Datos* incluyen definiciones de clases medio ambientales refrigeradas por líquido y descripciones de sus aplicaciones. Incluso un centro de datos enfriado por líquido puede tener equipo de TI enfriado por aire en su interior. Por tanto, se especificará una combinación de clases enfriadas por aire y enfriadas por líquido para un centro de datos determinado,

PREFACIO A LA QUINTA EDICIÓN EN ESPAÑOL

Desde hace varios años, gracias al proceso de globalización de ASHRAE, el número de miembros hispano parlantes ha venido creciendo, al igual que el interés por los centros de datos. El Comité Técnico TC 9.9 consciente de este hecho por intermedio de Don Beaty me encargó la traducción de este primer libro de la Serie Datacom.

A raiz de la investigación realizada por ASHRAE sobre el efecto de la operación de equipos de TI en ambientes con alta humedad relativa y alto contenido de contaminación se actualizaron estas guías medio ambientales, así como se incluyó una nueva clase Ambiental para servidores de alto desempeño y nuevamente el

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

comité Técnico 9.9 me invitó a liderar el proceso de traducción al español de este libro.

Como en la occasion anterior, la experiencia fué muy enriquecedora. Volver a recorrer cada una de las líneas del texto me ha reafirmado en mi apreciación sobre el valioso contenido que este libro incluye.

Invito a operadores, dueños de centros de datos y usarios a tomar el libro como guía de cabecera para operar sus instalaciones. Todos los involucrados en la industria de los centros de datos deberían leer, estudiar y comprender los efectos y metodologias de la gestion térmica con el fin de tomar las medidas correctas y lograr el mejor costo total de propiedad TCO de su instalación sin afectar la disponibilidad ni la rata de falla de los equipos de TI.

Agradezco al TC 9.9 la oportunidad de realizar este trabajo que contribuirá para aplicar las mejores prácticas de la industria de los centros de datos a nivel mundial en el Mercado hispano, eliminando la barrera idiomática. Igualmente agradezco a Andrés Felipe Alfonso por su aporte en la edición y traducción de las gráficas.

Gerardo Alfonso
Miembro con Voto TC 9.9
ASHRAE Capítulo Colombia
ACAIRE

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Agradecimientos

El Comité Técnico (TC 9.9) de ASHRAE, quiere agradecer a los siguientes miembros del subcomité de TI por su trabajo pionero y su disposición a compartir con el fin de ampliar la comprensión de toda la industria de centros de datos y por su participación activa, incluidas las conferencias telefónicas, la escritura/edición y revisión del texto: Dustin Demetriou (IBM), Dave Moss (Dell), Mark Steinke (AMD), Roger Schmidt (IBM, retired), y Robin Steinbrecher (Intel, retired). Gracias también a Roger Schmidt por liderar el esfuerzo de actualizar de esta quinta edición.

Un agradecimiento especial al Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial de la Universidad de Syracuse y al liderazgo del profesor Jianshun Zhang y su equipo, incluido el estudiante de doctorado PhD Rui Zhang, por llevar a cabo la investigación para estudiar el efecto de la alta humedad y los contaminantes gaseosos en el equipo de TI. El resultado de este trabajo fue el motivo principal de esta quinta edición.

ASHRAE TC 9.9 también desea agradecer a las siguientes personas por sus comentarios constructivos sobre el borrador de esta edición: Jason Matteson (Iceotope), Jon Fitch (Midas Green Technologies), John Gross (J. M. Gross Engineering, LLC), Dave Kelley (Vertiv, retired), Ecton English, Gerardo Alfonso (Ingeal), y Vali Sorell (Microsoft).

Finalmente, un agradecimiento especial a Neil Chauhan de DLB Associates por crear un conjunto consistente de gráficos para esta edición actualizada.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

1

Introducción

Con el correr de los años, la densidad de potencia en los equipos electrónicos ha ido aumentado de forma constante. Además, el carácter de misión crítica de la computación ha sensibilizado a las empresas para cuidar el estado de sus centros de datos. La combinación de estos efectos ha hecho evidente la necesidad de una mayor alineación entre los fabricantes de equipos y el personal de operaciones de las instalaciones, para garantizar el funcionamiento correcto y la tolerancia a fallas dentro de los centros de datos.

Esta necesidad fue reconocida por un consorcio de la industria, en 1999, que inició con gran esfuerzo las bases para establecer una hoja de ruta sobre la densidad de potencia y para trabajar hacia la estandarización de la potencia y la refrigeración de los equipos, evitando cualquier impacto negativo durante la integración de estos, en el centro de datos. El Consorcio de la Industria Térmica ejecutó el primer proyecto de tendencias de densidad de calor. El Subcomité TI del Comité Técnico (TC) 9.9 de ASHRAE es el sucesor del Consorcio Industrial. Una serie de gráficas actualizadas de las tendencias de potencia se publicó en *Tendencias de Potencia para Equipos* de TI, Tercera Edición (ASHRAE 2018b). Estas tendencias actualizadas de potencia se extienden hasta el 2025.

El objetivo de las Guías Térmicas para los Ambientes de Procesamiento de Datos, Quinta Edición, considera lo siguiente:

- Proporcionar ambientes de operación estandarizados para los equipos.
- Proporcionar y definir una interfaz medio ambiental común para los equipos y sus entornos.
- Proveer orientación sobre la forma de evaluar y probar la integridad operacional de los centros de datos.
- Proveer una metodología para presentar informes sobre las características medio ambientales de los sistemas de cómputo.
- Guiar a los propietarios y operadores de los centros de datos cuando realizan cambios en el medioambiente de este.
- Suministrar la base para medir el efecto de los cambios dirigidos al ahorro de energía en el centro de datos.

Este libro proporciona a los fabricantes de equipos y al personal de operaciones de los centros de datos, un conjunto común de directrices para las condiciones medio ambientales. Es importante reconocer que el Subcomité de TI ASHRAE TC 9.9 está conformado por expertos procedentes de las principales empresas fabricantes de

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

equipos de TI. La intención de ASHRAE TC 9.9 es la de actualizar este documento con regularidad.

A menos que se indique lo contrario en este documento, las guías térmicas se refieren a centros de datos y otros entornos de procesamiento de datos. Las oficinas centrales de telecomunicaciones se analizan en detalle por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI). La norma ETSI EN 300 019-1-3 (2014), que se referencia cuándo se hacen comparaciones entre centros de datos y salas de telecomunicaciones. Es importante considerar estas comparaciones, ya que alguna convergencia entre estos ambientes puede ocurrir en el futuro.

1.1 ESTRUCTURA DEL LIBRO

Luego de este capítulo introductorio, la guía continúa con:

- **Capítulo 2, "Guías Medio Ambientales para Equipos Enfriados por Aire,"** contiene:
    - Descripciones de las clases medio ambientales A1 a A4 y la nueva clase medio ambiental H1 para servidores de alta densidad.
    - Las condiciones de temperatura y humedad que se deben cumplir para los equipos de TI en todas las clases.
    - El medio ambiente de operación recomendado para todas las clases de los equipos TI.
    - La oportunidad para que los operadores planeen funcionar en los rangos permitidos o modifiquen los rangos recomendados de acuerdo con las directrices y detalles dados en este libro, sobre el efecto del medio ambiente en el centro de datos en cuanto a la operación y confiabilidad del servidor.
    - El efecto de la altitud en cada clase del centro de datos, y
- **Capítulo 3, "Guía Medio Ambiental para Equipos Enfriados por Líquido,"** proporciona información sobre las cinco clases ambientales para la temperatura del agua de suministro y otras características.
- **Capítulo 4, "Temperatura de las Instalaciones y Medición de la Humedad,"** proporciona un procedimiento recomendado para medir la temperatura y la humedad en el centro de datos. Describe diferentes protocolos dependiendo del propósito de la medición, por ejemplo: si es para ejecutar una auditoría en el centro de datos, una prueba de verificación de la instalación de un equipo, o una prueba para solucionar un problema de un equipo.
- **Capítulo 5, "Ubicación de Equipos y Patrones de Flujo de Aire,"** examina los protocolos de flujo de aire recomendados, la configuración de pasillo caliente/pasillo frío, y la ubicación recomendada de equipos.
- **Capítulo 6, "Reportes de Calor y Flujo de Aire de los Fabricantes de Equipos**," proporciona a los fabricantes una metodología para reportar las cargas térmicas y los datos de flujo de aire con dimensiones suficientes, para permitir el adecuado diseño del centro de datos y cumplir con los

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

requerimientos de los equipos, pero sin sobredimensionar, como podría ser el caso, al utilizar los datos de la placa del equipo con el fin de estimar las cargas térmicas.

- **Apéndice A, "Guías Medio Ambientales ASHRAE 2021 para Equipos de TI— Expandiendo el Rango Medio Ambiental Recomendado,"** describe parte de la metodología empleada para determinar el rango recomendado y algunos escenarios sobre cómo los rangos recomendados y permitidos se pueden aplicar a un centro de datos operacional.
- **Apéndice B, "Guías Térmicas para Equipos Enfriados por Aire (I-P) 2021,"** muestra las nuevas clases de equipos enfriados por aire en unidades I-P.
- **Apéndice C, "Diagramas Detallados para el Uso y Aplicación de las Clases de Centros de Datos ASHRAE,"** proporciona diagramas con flujos detallados, que guían a los operadores de los centros de datos para lograr el funcionamiento de estos en un rango medio ambiental específico.
- **Apéndice D, "Investigación ESD y Medidas de Control de la Estática,"** discute la necesidad de los niveles mínimos de humedad relativa y los protocolos básicos de protección contra descarga electrostática (ESD) en los centros de datos.
- **Apéndice E, "Investigación sobre el Efecto de la Humedad Relativa y los Contaminantes Gaseosos en la Confiabilidad de los Equipos TI,"** analiza la investigación que proporciona un rango medio Ambiental extendido para un mayor ahorro de energía en el centro de datos.
- **Apéndice F, "Cartas psicrométricas,"** muestra varias cartas psicrométricas para las clases enfriadas por aire en diferentes unidades.
- **Apéndice G, "Curvas de Derrateo por Altura,"** muestra los rangos de temperatura y la elevación sobre el nivel del mar para las clases A1 a A4 y H1.
- **Apéndice H, "Un Ejemplo Práctico del Impacto de Enfriamiento sin Compresores sobre la Tasa de Falla del Hardware"** utiliza una implementación hipotética de un centro de datos en la ciudad de Chicago para guiar al lector en la evaluación del impacto en la rata de fallas del hardware al utilizar un diseño con enfriamiento sin compresores, usando la información dada en este libro.
- **Apéndice I, "Datos de Confiabilidad de Equipos TI para las principales ciudades de los Estados Unidos y del Mundo,"** utiliza el software Visor de datos de clima de ASHRAE (2009d) y la información relacionada con la rata de fallas del hardware de este libro, para proporcionar métricas localizadas en ratas de falla neta y horas anuales de enfriamiento con compresor, necesarias en algunas de las principales ciudades de los Estados Unidos y del mundo para cumplir con varios de los rangos medio ambientales.
- **Apéndice J, "OSHA y el Personal que Trabaja en Ambientes de Altas Temperaturas,"** proporciona alguna información y guía sobre el personal que trabaja en ambientes a altas temperaturas.
- **Apéndice K, "Ratas de Cambios en la Temperatura de Entrada al Servidor Permitida,"** contiene información de referencia que explica el cambio en la variación del rango de temperatura específico que se

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

describieron en la Cuarta Edición del libro (ASHRAE 2015b). Se dan algunos ejemplos para ilustrar los cambios de temperatura que son, y que no son compatibles con la nueva especificación.

- **Apéndice L, "Límites de Humedad Relativa permitidos a la Entrada del Servidor Versus La Temperatura de Bulbo Seco Máxima de Entrada,"** contiene gráficas del clima x-y para ilustrar cómo la aplicación de los límites del punto de rocío en las especificaciones ASHRAE, pueden restringir los valores de humedad relativa a altas y bajas temperaturas.
- **Referencias y Bibliografía** contiene las referencias citadas en este libro, como también fuentes de información adicional.
- **La Carta de Referencia** proporciona información útil y de fácil acceso para los administradores de los centros de datos y otros. Esta carta la puede encontrar en el bolsillo de la carátula de la guía o como archivo pdf descargable Adobe© Acrobat© PDF en ashrae.org/datacom1_5ta edición. Si los archivos o la información no se pueden acceder a través del link, por favor contacte al editor.

1.2 PRINCIPALES USUARIOS DE ESTE LIBRO

Los principales usuarios de este libro son aquellos involucrados con el diseño, la construcción, el comisionamiento o puesta en servicio, la operación, la implementación y el mantenimiento de los centros de datos. Otras personas que pueden beneficiarse de este libro son aquellas involucradas en el desarrollo y diseño de equipos electrónicos. Igualmente, algunos de los grupos de personas para los cuales este libro puede ser de su interés son:

- Fabricantes de computadores, empresas de investigación y desarrollo, empresas de mercadeo, y organizaciones comerciales
- Fabricantes de equipo de infraestructura de refrigeración y potencia
- Consultores
- Contratistas generales y comerciales
- Operadores de equipo, departamentos de TI, ingenieros de instalaciones, y los gerentes de gestión de información

1.3 CUMPLIMIENTO

Es el deseo de ASHRAE TC 9.9 que muchos fabricantes de equipos y administradores de instalaciones sigan la orientación proporcionada en este libro. Los administradores de los centros de datos pueden estar seguros de que estas guías han sido producidas por fabricantes de TI.

Los fabricantes pueden auto-certificar el cumplimento de los modelos específicos de los equipos que van a ser operados como pretenden los centros de procesamiento de datos enfriados por aire en las Clases A1, A2, A3, A4, B, C y H1 y en los centros de datos enfriados por líquido en las Clases W17 a W+.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

1.4 DEFINICIONES

aire:

aire acondicionado: aire tratado para controlar la temperatura, la humedad relativa, la pureza, la presión y el movimiento.

aire de suministro: aire que entra en un espacio desde los aparatos de aire acondicionado, calefacción o ventilación.

calor:

calor latente: cambio de entalpía durante un cambio de estado.

calor sensible: calor que causa un cambio en la temperatura.

calor total (entalpía): una cantidad termodinámica igual a la suma de la energía interna de un sistema más el producto del trabajo del volumen-presión ejercido sobre el sistema:

$$h = U + pv$$

donde:
h = entalpía o total de calor contenido
U = energía interna del sistema
p = presión
v = volumen

Para fines de este documento, h = calor sensible + calor latente.

capacidad de carga de la sala: el punto en que la carga de calor de los equipos en el centro de datos no permite su funcionamiento dentro de los requerimientos de temperatura específicos para estos. en el Capítulo 4 se define el lugar dónde se miden estas temperaturas. La capacidad de carga es influenciada por muchos factores, el factor principal es la capacidad teórica de la sala; otros factores que también pueden impactar la capacidad de carga son: la distribución de la sala y la distribución de la carga.

capacidad teórica de la sala: la capacidad de la sala de acuerdo con la capacidad de los equipos mecánicos, corresponde a la capacidad sensible en kilowatts (tons) del cuarto de equipos mecánicos para soportar las cargas de calor de los equipos de cómputo y de telecomunicaciones.

centro de datos: una sala o edificio, o parte de éste, incluyendo salas de cómputo, alimentados por sistemas de centros de datos, sirviendo un carga total de equipos TI mayor a 10 kW o 215 W/m^2 (20 W/ft^2).

computación de alto rendimiento (HPC): generalmente se refiere a la práctica de agregar potencia de cómputo de una manera que ofrece un rendimiento mucho más

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

alto que el que es posible desde una computadora de escritorio o estación de trabajo típica para resolver grandes problemas en ciencia, ingeniería o negocios.

confiabilidad: valor porcentual que representa la probabilidad de que un equipo o sistema este en operación durante todo el tiempo de su misión; valores del 99.9% ("tres nueves") y superiores son comunes en las áreas de centros de datos y de comunicaciones. Para los componentes individuales, la confiabilidad a menudo se determina mediante pruebas; en el caso de ensamblajes y sistemas, la confiabilidad es el resultado de una evaluación matemática basada en la confiabilidad de cada uno de los componentes y cualquier redundancia o diversidad que pueda usarse.

costo total de propiedad (TCO): el precio de compra de un activo más los costos de operación. Evaluar el TCO representa tener una visión más amplia de qué es el producto y cuál es su valor en el tiempo.

descarga electrostática (ESD): es el flujo repentino de electricidad entre dos objetos cargados eléctricamente por el contacto que pueden producir un corto circuito o una avería dieléctrica.

disponibilidad: valor porcentual que representa el grado en que un sistema o componente es fácilmente accesible y operado cuando se requiere su uso.

efectividad del uso de la energía (PUE^{TM}): es la relación entre la cantidad total de energía utilizada por un centro de datos y la energía suministrada a los equipos de TI. Consulte *PUE^{TM}: Un Examen Completo de la Métrica* (ASHRAE 2014c) para más información.

equipo: se refiere, pero no se limita a los servidores, productos de almacenamiento, estaciones de trabajo, ordenadores personales, y computadores portátiles; puede referirse también a equipo electrónico o equipo de TI.

equipos de montaje en rack: equipo que es instalado en un rack que cumple con las especificaciones de la Alianza de Industrias Electrónicas (EIA) o un gabinete similar; estos sistemas son especificados en unidades EIA, tales como 1U, 2U, 3U, donde 1U = 44 mm (1.75 pulgadas).

equipos de tecnología de la información (ITE): son dispositivos o sistemas que utilizan técnicas digitales para el procesamiento de datos.

espacio TI: un espacio dedicado principalmente a los computadores y servidores, pero con requisitos ambientales y de apoyo típicamente menos estrictos que aquellos para un centro de datos.

estructura: porción estructural de un marco.

fabricante de equipos originales de tecnología de la información (IT OEM): tradicionalmente, una empresa cuyos bienes se utilizan como componentes en los productos de otra empresa, para luego vender el producto terminado al usuario final.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

factor-x: métrica adimensional que mide la tasa de fallas relativas del hardware en un equipo determinado, cuya temperatura de bulbo seco se compara con la línea base de la rata de fallas promedio de un equipo dado a una temperatura de bulbo seco de 20°C (68°F). Consulte el Capítulo 2, Sección 2.4.3 para obtener una tabla de valores del factor-x.

factor-x, ponderado en el tiempo (o neto): métrica adimensional que indica una estadística de la tasa de fallas del equipo sobre un rango de temperatura ambiente definido cuando se compara con una línea base de temperatura constante de 20°C (68°F); se calcula sumando los contenedores individuales en un tiempo determinado de temperatura multiplicado por sus factores-x asociados.

gabinete: marco para alojar equipo electrónico que está encerrado por puertas y que lo hace independiente de los demás equipos; esto se presenta generalmente en servidores de alta gama.

humedad:

humedad absoluta: la masa de vapor de agua en un volumen específico de una mezcla de vapor de agua y aire.

humedad relativa (HR):

a. relación de la presión parcial o densidad de vapor de agua a la presión de saturación o densidad respectivamente, a la misma temperatura de bulbo seco y presión barométrica del aire en el ambiente.
b. relación de la fracción molar de vapor de agua a la fracción molar de vapor de agua saturada a la misma temperatura y presión barométrica; al 100% de humedad relativa (hr), la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura del punto de rocío son iguales.

razón de humedad: la relación entre la masa de agua y la masa total de una muestra de aire húmedo; se expresa usualmente como gramos de agua por kilogramo de aire seco (gw/kgda) o como libras de agua por libra de aire seco (lb_w/lb_{da}).

placa de circuito impreso (PCB): circuito electrónico que consta de tiras delgadas de un material conductor, como es el cobre, que se graban a partir de una capa fijada a una hoja aislante plana a la que se unen circuitos integrados y otros compontes.

potencia:

corriente nominal: "La corriente de entrada del equipo definida por el fabricante" (IEC 2005); la corriente nominal es la corriente máxima absoluta que es requerida por la unidad de un circuito de derivación eléctrica.

frecuencia nominal: la frecuencia de suministro declarada por el fabricante.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

potencia medida: la liberación de calor en watts, como se definió en el Capítulo t Sección 6.1, "Proporciona los Valores de Liberación de Calor y Flujo de Aire."

rango de frecuencia nominal: el rango de frecuencia de alimentación establecido por el fabricante, expresado por los rangos de sus frecuencias más bajas y más altas.

rango de tensión nominal: el rango del voltaje de alimentación definido por el fabricante.

tensión nominal: el voltaje de alimentación definido por el fabricante.

valor de placa: término que se utiliza para la clasificación de acuerdo con la placa de identificación (IEC 60950-1, bajo la cláusula 1.7.1): "Los Equipos deberán tener una marca con la potencia nominal, cuyo propósito es el suministro correcto de voltaje y frecuencia, y de la capacidad de corriente adecuada" [IEC 2005]).

potencia de diseño térmico (TDP): máxima cantidad de calor generada por un chip o componente de computadora (a menudo una CPU, GPU o sistema en un chip), que el sistema de enfriamiento de ésta disipa bajo cualquier carga de trabajo. A veces llamado punto de diseño térmico.

punto de rocío (DP): la temperatura atmosférica (que varía según la presión y la humedad) por debajo de la cual las gotas de agua comienzan a condensarse y se puede formar rocío.

rack: estructura que alberga equipo electrónico.

rata de fallo anual (AFR): número promedio de fallas por año.

refrigerado por líquido: casos en los que el líquido debe circular hacia y desde los componentes electrónicos del equipo de TI para el enfriamiento sin otra forma de transferencia de calor.

sala de cómputo: una sala o parte de un edificio que sirve para albergar equipos de TI con cargas menores o iguales a 10 kW o con una densidad de potencia de 215 W/m^2 (20 W/ft^2) o menos del área acondicionada para tal fin.

sala de equipos: el centro de datos o la oficina central de telecomunicaciones que albergan los equipos informáticos y/o de telecomunicaciones; para salas que alojan en su mayoría equipos de telecomunicaciones, ver Telcordia GR-3028-CORE (2001).

sistema básico de entrada/salida (BIOS): conjunto de instrucciones en el firmware de la computadora que controlan las operaciones de entrada y salida.

tecnología de la información (TI): es el estudio o uso de sistemas (especialmente equipos de cómputo y telecomunicaciones) para almacenar, recuperar y enviar información.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

temperatura:

> ***temperatura de punto de rocío:*** temperatura a la cual el vapor de agua alcanza el punto de saturación (100% hr).
>
> ***temperatura de bulbo seco:*** temperatura de aire indicada por un termómetro.
>
> ***temperatura de bulbo húmedo:*** la temperatura indicada por un psicrómetro cuando el bulbo del termómetro es cubierto con una mecha saturada de agua, a partir de la cual el aire fluye a 4.5 m/s (900 ft/min) aproximadamente para alcanzar el equilibrio de temperatura del agua evaporada en el aire, donde el calor de vaporización es suministrado por el calor sensible del aire.

temperatura del globo de bulbo húmedo (WBGT): una medida del estrés por calor de la luz solar directa, que tiene en cuenta la temperatura, la humedad, la velocidad del tiempo, el ángulo del sol y la cobertura de nubes (radiación solar). Consulte el Apéndice J para mayor información.

tiempo promedio entre fallos (MTBF): es el tiempo promedio entre fallos del sistema.

unidad de distribución de refrigerante (CDU): 1) Crea un circuito secundario aislado, separado del suministro de agua refrigerada (chilled) (agua refrigerada del edificio, enfriador o chiller dedicado, etc.), lo cual permite una contención estricta y un control preciso del sistema de enfriamiento líquido para los equipos de TI y 2) mantiene la temperatura de suministro del circuito de enfriamiento líquido para el equipo de TI por encima del punto de rocío del centro de datos, lo que evita la condensación y garantiza un enfriamiento sensible al 100%.

unidad de mantenimiento de existencias (SKU): número de un producto específico disponible para la venta. Si un dispositivo de hardware o un paquete de software vienen en diferentes versiones es necesario tener un SKU para cada uno.

valores límite de umbral (TLVs®): *Directrices de la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales e Industriales* (ACGIH) para el trabajo en condiciones de calor extremo o en ambientes cálidos que consisten en asignaciones de trabajo y descanso (WR) diseñadas para garantizar una temperatura central estable que no exceda los 38°C (100.4°F) (ACGIH 2017). Consulte el Apéndice J.

ventilación: el proceso de suministro o remoción de aire por medios naturales o mecánicos desde cualquier espacio; este aire puede o no puede ser acondicionado.

Translated by permission ©2021 ASHRAE. Translation by Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)
by Gerardo Alfonso. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.