Guía *para la* **Puesta en Servicio** de Instalaciones *de* **Refrigeración Comercial** *e* **Industrial**



Puesta en servicio de sistemas de refrigeración en:

- **Establecimientos de alimentación**
- **Comercios minoristas**
- **Plantas procesadoras de alimentación y bebidas**
- **Centros de distribución alimentaria**
- **Procesos industriales**

Traducido bajo licencia de ASHRAE

Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración

Comercial e Industrial

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Esta publicación fué desarrollada bajo un procedimiento de Publicación Especial de ASHRAE y no es un documento consensuado. Fue desarrollado bajo los auspicios del Proyecto Especial 137 de ASHRAE y respaldado con Fondos del Departamento de Energía de Los EE UU mediante el subcontrato #AGN-1-11923 del Laboratorio Nacional de Energia Renovable.

Comité Competente:
Comité de Refrigeración

Guia para Puesta en Servicio de Refrigración
Commité de Proyecto

Richard Royal—Chair
Wal-Mart Stores, Inc.

Bryan Beitler
Source Refrigeration and HVAC

Jon Edmonds
Edmonds Engineering Co.

Timothy Gwyn
DC Engineering, PC

Larry Meeker
Target

Scott Moore
PECI

Caleb Nelson
CTA

Doug Scott
VaCom Technologies

Scott Smith
Hillphoenix

Paul Torcellini
National Renewable Energy Laboratory

Robert Uhl
Safeway, Inc.

Jim Vannan
Winn-Dixie

Lilas Pratt
ASHRAE Equipo de Coordinación

Bert Etheredge
ASHRAE Equipo de Soporte

Las actualizaciones / erratas para esta publicación serán publicadas en el sitio web ASHRAE www.ashrae.org/publicationupdates.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración
Comercial e Industrial

Refrigeration Commissioning Guide for Commercial and Industrial Systems

This publication translated with permission. © 2013 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated by the ASHRAE Spain Chapter. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of this translation. To purchase the English Language edition, contact ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA, 30329-2305 USA, www.ashrae.org

Esta publicación está traducida con permiso © 2013 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Traducida por ASHRAE Spain Chapter. ASHRAE no asum ninguna responsabilidad por la exactitud de la traducción. Para adquirir la edición en Lengua Inglesa, contacte con ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org.

1791 Tullie Circle, NE
Atlanta, GA 30329
www.ashrae.org

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

ISBN 978-1-936504-89-3

© 2013 ASHRAE. Todos los derechos reservados.
1791 Tullie Circle, NE · Atlanta, GA 30329 · www.ashrae.org

Diseño de la cubierta por Laura Haass

ASHRAE es una marca comercial registrada en las oficinas de Patentes y Marcas Registradas de EE.UU. propiedad de American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.

ASHRAE ha compilado esta publicación with esmero, pero ASHRAE no ha investigado, and ASHRAE expresamente renuncia a cualquier obligación de investigar cualquier producto, servicio, proceso, procedimiento, diseño o similar que pueda ser descrito aquí. La aparición de cualquier dato técnico o material editorial en esta publicación no constituye endoso, o gratntía por ASHRAE de cualquier producto, servicio, proceso, procedimiento, diseño o similar. ASHRAE no garantiza que la información en la publicación esté libre de errores y ASHRAE no está necesariamente de acuerdo con ningúna declaración u opinión en esta publicación. El usuario assume por entero el uso de cualquier información en esta publicación.

Mientras está respaldado por el Departamento de Energía de los EE.UU con el Laboratorio Nacional de Energías Renovables, ni el Gobierno de los Estados Unidos o alguna de sus agencias ni alguno de sus empleados, hace alguna garantía explícita o implícita o asume alguna responsabilidad legal por la exactitud, lo completo de la misma o la utilidad de cualquier información, aparato, producto o proceso divulgado o representa que su uso no vulneera derechos de propiedad privada. La referencia aquí a cualquier producto comercial específico, proceso o servicio por su marca comercial o el de su fabricante o de cualquier otra forma no significa o constituye necesariamente su, recomendación o endoso o favoritismo por el Gobierrno de los Estados Unidos o cualquiera de sus agencias. Los puntos de vista y opiniones de los autores expresados aquí no expresan o reflejan necesariamente los del Gobierno de los Estados Unidos o alguna de de sus agencias y no deben de ser utilizadas para fines publicitarios o de respaldo de productos.

Excepto por los derechos reservados por el Gobierno de los Estados Unidos no puede ser reproducida ninguna parte de este libro sin permiso por escrrito de ASHRAE, excepto por un revisador que pueda nombrar breves pasajes o reproducer ilustraciones en una vevista con los créditos adecuados; ninguna parte de este libro podrá ser reproducida, almacenada en un sistema de archivo o transmitida en cualquier forma o cualquier medio, electronico photocopia o, grabación, u otro cualquiera, sin permiso por escrito de ASHRAE. Las peticiones para estos permisos deben serr realizadas a www.ashrae.org/permissions.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Guia para La puesta en servicio de Sistemas Industriales y Comerciales

pages cm

Incluye referencias bibliográficas e índice.

Sumario: “Dá guía a Como- Poner en Servicio sistemas de Refrigeración con diseño personalizado en instalaciones comerciales e industriales para mejorar y suplementar los diseños existentes, la construcción y las prácticas operativas”-Previsto por el publicador.

ISBN 978-1-936504-53-4 (tapa blanda:papel alk)

1. Refrigeración y refrigerante -Aplicaciones Industriales. 2. Refrigeradores--Instalación. 3. Edificios Commerciales- Equipos y suministros--Instalación--Planificación. I. American Society of Heating, efrigerating and Air-Conditioning Engineers.

TP492.R3785 2013

621.5'6--dc23

2013041539

ASHRAE STAFF PUBLICACIONES ESPECIALES

Mark S. Owen, Editor/Gerente de Grupo de Handbook y Publicaciones Especiales
Cindy Sheffield Michaels, Editor Gerente
James Madison Walker, Editor Asociado
Roberta Hirschbuehler, Editor Asistente
Sarah Boyle, Editor Asistente
Michshell Phillips, Coordinador Editorial

PUBLISHING SERVICES **David Soltis,** Gerente de Grupo de Servicios de Publicación y Comunicaciones Electrónicas
Jayne Jackson, Administrador De Tráfico de Publicaciones
Tracy Becker, Especialista en Gráficos

PUBLICADOR **W. Stephen Comstock**

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Contenido

Prefacio *La necesidad de la puesta en servicio: Un mensaje a los propietarios* vii

Agradecimientos ix

Capítulo 1 *Introducción*

La Necesidad de la Puesta en Servicio 2
Propósito y Alcance 4
Modo de Empleo de esta Guía 9

Capítulo 2 *La Puesta en Servicio durante Diseño y Planificación*

Introducción 10
Formación del Equipo de Puesta en Servicio 14
Desarrollo de los Requisitos de Proyecto de la Propiedad (OPR) 17
Gestión del Registro de Incidencias 27
Desarrollo del Plan de Puesta en Servicio 28
Desarrollo del Documento Base de Diseño (BoD) 32
Requisitos de los Documentos de Construcción (CDs) 37
Documentación a Entregar y Recepción 38

Capítulo 3 *La Puesta en Servicio durante la Construcción y la Instalación*

Introducción 41
Planeando la Instalación y Alcance de los Trabajos 43
Ensayo y Verificación Previo al Funcionamiento 50
Detalles de Construcción e Instalación 56
Puesta en Servicio y Revisión Final de la Instalación 61

Capítulo 4 *Puesta en Servicio durante el Arranque y el Primer Año de Servicio*

Introducción 63
Actividades de Puesta en Servicio 64
Informe de la Puesta en Marcha y su Entrega a la Propiedad . . 70

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Actividades en el Primer Año 71
Informe Final del Primer Año y Aceptación 76

Apéndice A *Matriz de Funciones y Responsabilidades 80*

Apéndice B *Ejemplo Plan de Puesta en Servicio. 85*

Apéndice C *Ejemplo de Plan de Conformidad 95*

Apéndice D *Procedimientos Técnicos 99*

1 Verificación de las Funciones de Control 100
2 Verificación de la Capacidad del Sistema de Refrigeración 103
3 Evaluación del Funcionamiento a Carga Parcial 107
4 Comprobación de la Temperatura y Presión del Refrigerante y Evaluación de las Consignas 110
5 Verificación del Funcionamiento de las Alarmas 114
6 Evaluación de los Circuitos de Tuberías de Refrigerante . . 117
7 Verificación el Funcionamiento de las Resistencias Anti-Condensación 121
8 Verificación del Correcto Funcionamiento del Desescarche y Operación del Control del Desescarche 123
9 Minimización de Infiltraciones de Aire en Vitrinas y Expositores 127
10 Evaluación de la Implantación de Medidas de Ahorro Energético 129

Glosario 132

Referencias 142

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Prefacio

La necesidad de la puesta en servicio: Un mensaje a los propietarios

La *Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración Comercial e Industrial* aporta valor a los propietarios y gerentes de negocios comerciales e industriales, asegurando que se cumplen los requisitos del proyecto y que se logran los objetivos del propietario.

Los sistemas de refrigeración consumen una parte significativa de la energía de los edificios comerciales y a menudo son el principal consumidor en las fábricas de alimentación y bebidas. Un estudio del Departamento de Energía de EEUU (DOE) estima que la refrigeración comercial consume 1,23 quads (1,30 EJ) al año, lo que supone el 7% del consumo de los edificios comerciales.

Los supermercados son un buen ejemplo: un estudio de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) estima que los supermercados consumen aproximadamente 3.000.000 kWh de electricidad al año, siendo el 60% debida a la refrigeración. La agencia PECI (Conservación de Energía en Portland) predice que una adecuada puesta en servicio de las tiendas de alimentación conduciría a ahorros de energía entre el 7 y el 25%. Según estas estimaciones, la aplicación amplia de esta Guía conduciría a unos sustanciales ahorros de energía para los EEUU.

Las instalaciones frigoríficas se diseñan para cada caso y son complejas. Los fallos de diseño que aparecen en la puesta en marcha no se resuelven fácilmente, y como consecuencia los jefes de mantenimiento y operadores tienen que hacer frente a problemas y costes durante toda la vida de la instalación. El valor de la Puesta en Servicio es establecer un proceso por etapas, que ayude a "conseguirlo a la primera", resultando en instalaciones que "funcionan bien" y en las que los costes de mantenimiento y energía sean mínimos.

Cada año se instalan miles de sistemas frigoríficos, desde pequeñas tiendas hasta enormes centros de distribución de alimentos congelados. Los sistemas que se han puesto en servicio correctamente reducen los costes de energía, son más fáciles de mantener, ayudan a que el riesgo por fugas de refrigerante sea mínimo, y reducen las pérdidas o deterioro de productos por fallos o funcionamiento defectuoso.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

En la actualidad es infrecuente que se realice una puesta en servicio de las instalaciones frigoríficas. Una razón es que se cree que realizar la conlleva costes adicionales sin que se aporte valor adicional significativo. Es cierto que la puesta en servicio es una inversión, pero aporta valor financiero de varias formas. En primer lugar, las instalaciones funcionan de una forma más fiable, con menor coste de mantenimiento y menor consumo de energía cuando se realiza una Puesta en Servicio de la forma propuesta en esta Guía. En segundo lugar, realizar una puesta en servicio puede reducir el coste inicial mediante una mejor compresión del funcionamiento del sistema, y mediante mejores métodos de diseño, selección de equipos e instalación.

Usar esta Guía ayudará a lograr instalaciones económicas y eficientes en nuevos proyectos, remodelaciones, ampliaciones e instalaciones existentes que necesitan un ajuste más perfecto. Para los propietarios y gerentes de instalaciones, esto implica una mejora de los beneficios gracias a una reducción del coste de operación y mantenimiento, así como menores pérdidas de producto. En las plantas industriales, se logrará un mayor tiempo de servicio de la instalación, una mejora de la productividad de los trabajadores además de un menor coste de operación.

El proceso de puesta en servicio es integral y considera el resultado de la vida entera de la instalación, incluyendo los costes de operación y mantenimiento a largo plazo. Puesta en Servicio no es simplemente otra palabra en lugar de Puesta en Marcha o arranque. El proceso de Puesta en Servicio se inicia en los estudios y diseños preliminares, y continúa durante la fabricación, instalación, puesta en marcha y el primer año de operación. La Puesta en Servicio establece la base del mantenimiento y operación posteriores. Esta Guía aporta los procesos y la metodología para lograr los resultados deseados: la fiabilidad y el rendimiento esperados con el menor coste durante la vida de la planta.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Agradecimientos

La *Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración Comercial e Industrial* se ha desarrollado para ayudar a los propietarios de instalaciones frigoríficas, jefes de proyecto y proveedores de equipos e instalaciones. Esta Guía es el resultado del esfuerzo y colaboración de profesionales que de manera desinteresada han dedicado muchísimo tiempo para ofrecer a los propietarios y a la industria unos procesos consistentes de validación que permitan poner orden donde antes sólo había caos.

Los autores principales son los miembros del Comité ASHRAE para el proyecto Especial 137, quienes tienen la experiencia necesaria para desarrollar el documento. Representan a fabricantes, instaladores y usuarios finales de instalaciones frigoríficas.

El proyecto no habría sido posible sin el apoyo económico del Departamento de Energía de los EEUU (DOE) y del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL), así como el apoyo inestimable de ASHRAE. Además, la Alianza para Mejores Edificios del DOE ha permitido que Rebecca Legett y Robert Zogg de Navigant Consulting aporten servicios técnicos. También queremos agradecer a Paul Torcellini de NREL su apoyo y ayuda con el desarrollo del documento.

También quiero agradecer personalmente a todos los miembros del comité por su diligencia, creatividad, persistencia y voluntad para destinar tiempo al desarrollo y revisión de esta Guía. Han trabajado muy duramente para agrupar información práctica y fundamental que trata los aspectos de la Puesta en Servicio de una forma integral. Su experiencia y puntos de vista diferentes han enriquecido enormemente esta Guía. Los autores han aportado al texto décadas de experiencia, éxitos y fracasos para lograr un hito importante para los propietarios de instalaciones y para toda la industria de la refrigeración. Aprecio la paciencia de las familias de los miembros del comité durante el desarrollo, y reconozco el apoyo de las empresas de los miembros del comité, incluyendo a CTA; DC Engineering, PC; Edmonds Engineering Company; Hillphoenix; National Renewable Energy Laboratory; PECI; Safeway, Inc.; Source Refrigeration and HVAC; Target Corporation; VaCom Technologies; Wal-Mart Stores, Inc; y Winn-Dixie Stores, Inc.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Muchas gracias también al personal de ASHRAE, incluyendo Lilas Pratt y Bert Etheredge, cuya dirección y liderazgo tienen un inmenso valor, y cuyas habilidades de organización y dedicación hicieron que el comité se mantuviera en su senda.

Richard Royal
Presidente del comité ASHRAE para el proyecto Especial 137

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

1

Introducción

Esta *Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración Comercial e Industrial* ofrece orientación de fácil uso, para la puesta en servicio de sistemas de refrigeración comerciales e industriales diseñados y construidos de forma personalizada. El público objetivo de esta Guía incluye a los propietarios de instalaciones, arquitectos, ingenieros proyectistas, instaladores, gerentes de instalaciones y proveedores de servicios de mantenimiento, así como a los proveedores de puesta en servicio.

Según se entiende en esta Guía, la puesta en servicio es todo el proceso para asegurar que una instalación o sistema es diseñado y funciona según se ha previsto. La puesta en servicio ayuda a lograr objetivos más amplios tales como un diseño y operación más sostenibles, ahorro del coste del ciclo de vida, uso eficiente del capital, minimizando el coste total de mantenimiento y el coste de los consumos, así como una larga vida útil del equipo, fiabilidad, y satisfacción de las expectativas de rendimiento. ASHRAE trata la puesta en servicio en otras dos publicaciones: Guía ASHRAE 0, *Proceso de Puesta en Servicio* (2005), que describe el proceso general de puesta en servicio aplicable a cualquier instalación o sistema y la Guía ASHRAE 1,1 *HVAC&R Requisitos Técnicos para el Proceso de Puesta en Servicio* (2007), que aborda cómo se aplica el proceso de puesta en servicio en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), con alguna discusión sobre sistemas de refrigeración.

Mientras que las Guías 0 y 1.1 proporcionan información útil, no tratan verdaderamente las necesidades de sistemas de refrigeración. Las instalaciones frigoríficas son numerosas y su consumo de energía es muy elevado dentro de los edificios comerciales. La *Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración Comercial e Industrial* se basa en los conceptos y el proceso descrito en la Guía 0, proporcionando métodos y enfoques específicos para lograr la puesta en servicio integral de sistemas de refrigeración comercial e industrial.

El desarrollo de esta Guía se inició después de varios debates en el seno de ASHRAE sobre el valor y la necesidad de una publicación de este tipo y después de considerar muchos factores, tales como la naturaleza personalizada de los sistemas de refrigeración en contraste a los sistemas de

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

HVAC fabricados en serie, así como los métodos típicos empleados en el diseño y contratación de las instalaciones frigoríficas. Estos son dos de los factores que han dado lugar a la muy limitada aplicación en la práctica del proceso completo de puesta en servicio de los sistemas de refrigeración. El valor de la puesta en servicio está claro para quienes diseñan y operan las instalaciones frigoríficas buscando mejorar la sostenibilidad. Para dar satisfacción a esta necesidad y demostrar el valor en el mercado de la puesta en servicio, se hizo evidente que los expertos en refrigeración deben definir las necesidades, determinar los procesos adecuados, y desarrollar una guía adaptada específicamente para la puesta en servicio de sistemas de refrigeración.

LA NECESIDAD DE LA PUESTA EN SERVICIO

Los sistemas de refrigeración para la mayoría de instalaciones comerciales e industriales tienen un diseño de ingeniería particular para cada aplicación, con equipos seleccionados y adaptados a las necesidades del proyecto y las preferencias de diseño. En contraste, una unidad de climatización compacta o una enfriadora de agua se construye en la fábrica como un conjunto sujeto a normas y a certificación como un sistema completo, con un rendimiento y especificaciones de catálogo que lo describen completamente. Mientras que los equipos de serie necesitan una puesta en servicio, el carácter más personalizado de los sistemas de refrigeración es un factor importante en la definición de cómo se llevará a cabo su puesta en servicio. Los diseñadores de sistemas de refrigeración eligen el tipo de válvulas de refrigerante, los controles, la tecnología del compresor, el sistema de bombeo de aceite, el método de control de la capacidad, la forma de condensación (por aire o por agua), y el diseño y estrategias del sistema de control. Los diseñadores de un supermercado determinan qué clase de vitrinas se emplearán, cuál será la configuración utilizada y qué productos van a ser expuestos en ellas. Las temperaturas, cargas, y el diseño del evaporador pueden ser totalmente únicos para cada proyecto, lo que requiere que los compresores, condensadores, evaporadores, válvulas y recipientes se diseñen específicamente para cada proyecto. Varios proveedores de sistemas de control y programadores contribuyen con sus productos y servicios al sistema completo, lo que añade otro nivel de personalización. No sólo hay numerosos fabricantes de compresores, condensadores, vitrinas, baterías, y controladores, sino también numerosos propietarios y contratistas, con sus singularidades, lo que resulta en la posibilidad de infinitas variaciones.

Al igual que en la mayoría de proyectos de construcción, es crítico el tiempo de ejecución y apertura de la tienda. Así como muchas empresas tienen especificaciones y criterios bien establecidos, un tiempo de diseño limitado puede hacer difícil la coordinación del mismo. Por ejemplo, un diseño preliminar del sistema de refrigeración puede hacerse en los inicios del proceso con el fin de obtener los correspondientes permisos para la nueva instalación. Ese diseño se distribuye para la licitación y construcción varios meses después. Cuando los equipos se suministran a la obra por los proveedores, el contratista debe integrarlos todos en la planta. Este proceso puede provocar que se pierda la intención del diseño. Una buena puesta en servicio puede ayudar a preservar la idea inicial de los fabricantes y proyectistas.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

AHORRO DE ENERGÍA POR LA PUESTA EN SERVICIO EN RELACIÓN CON LAS VENTAS—ESTUDIO DE UN CASO

Antecedentes: Un estudio de varias tiendas recientemente abiertas propiedad de una gran cadena de supermercados reveló que cada tienda tenía grandes deficiencias en el funcionamiento de sus sistemas de refrigeración y control. La cadena cuenta con un gran departamento de desarrollo que incluye arquitectos, ingenieros, jefes de proyecto, jefes de construcción, y otros, por lo que los diseños de las tiendas se basaron en un conjunto de especificaciones y planos de partida bien desarrollados, y el funcionamiento debería haber sido de la misma manera. Las investigaciones posteriores revelaron que los contratistas para las tiendas no habían seguido los planos y especificaciones.

Problema: Una tienda concreta en California llevaba abierta más de un año en el momento del estudio. La tienda se había diseñado para cumplir los estándares de California, Título 24 (CA 2013a, 2013B) y el diseño de la tienda se había evaluado por una firma de ingeniería líder utilizando programas informáticos de simulación energética. El modelo había demostrado que con todas las medidas de eficiencia funcionando correctamente el consumo de energía de la tienda debía ser de 2.800.000 kWh/año. Sin embargo, el consumo real de energía de este almacén durante el primer año de operación fue de 3.500.000 kWh/año.

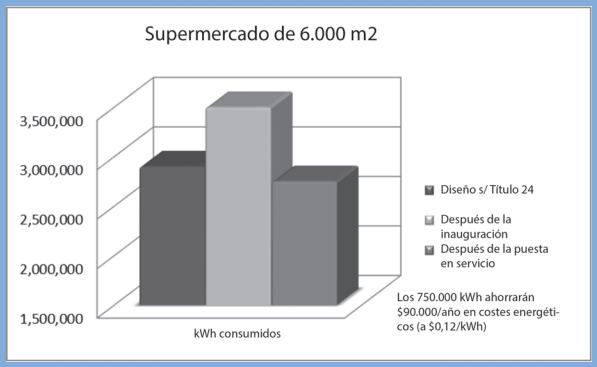
Lecciones Aprendidas: El equipo de Gestión Energética desarrolló e implementó una estrategia para volver a realizar una puesta en servicio correcta de los sistemas de la tienda. El resultado fue una reducción en el consumo de energía anual de 750.000 kWh y un ahorro de costes anuales de $90,000, de forma que el sistema fue más acorde con las previsiones del modelo (véase la figura).

El apoyo a los cambios para hacer frente a este asunto en otras tiendas y en las nuevas construcciones del futuro exige una atención por parte de la dirección de la tienda. Sin embargo, el valor de estos ahorros es difícil de entender cuando la atención se centra en la cifra de ventas en dólares. La traducción de los ahorros en dólares de ventas equivalentes demuestra que el supermercado promedio tendría que vender aproximadamente $4.5 millones de producto (o alrededor de 10 semanas de ventas) con el fin de compensar el valor en dólares de 750.000 kWh de ahorro en energía.

Se pueden obtener ahorros adicionales como resultado de un mantenimiento reducido y / o un posible aumento de las ventas por la mejora de las condiciones en la tienda.

La magnitud de los ahorros demostró la relación costo-efectividad de una nueva puesta en servicio, como proceso que define claramente las expectativas y verifica que los equipos y los controles funcionan de acuerdo con las expectativas. Posteriormente, otras tiendas de la cadena también experimentaron ahorros que van desde 4% a 24% después de procesos de puesta en servicio similares.

La puesta en servicio debe comenzar antes del diseño de manera que las expectativas se cumplan ya desde el inicio de la operación, en lugar de corregir los errores que se descubren tarde, después de un consumo excesivo de energía.



Uso de energía en kilovatios-hora como Diseñado, antes y después de la puesta

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Históricamente, el diseño y la construcción de los sistemas de refrigeración comercial e industrial no han seguido el enfoque en el que el arquitecto es responsable de todos los ingenieros de diseño y un contratista general es responsable de todos los instaladores. El diseño de refrigeración ha sido generalmente independiente de la responsabilidad del arquitecto. Puede que todos los trabajos de refrigeración los asuma un único contratista "llave en mano", encargado del diseño de los sistemas, del suministro de los equipos y de realizar la instalación. La propiedad puede tener múltiples proveedores para el diseño, los equipos y la instalación, todos bajo contratos separados. Los propietarios con múltiples instalaciones pueden tener criterios detallados propios, diseñar los sistemas de refrigeración por sí mismos, confiar en un fabricante de equipos originales (OEM), o consultar a un asesor de diseño experto en refrigeración. Dado que gran parte del negocio de la refrigeración comercial implica construcciones repetitivas (por ejemplo, cuando hay operaciones en varias instalaciones), el diseño de refrigeración a menudo se desarrolla a partir de un proyecto, siguiendo un criterio general o se apoya en la experiencia práctica, asegurando así que se cumplen los requisitos de temperatura del producto. La práctica del diseño, dimensionado de los equipos y las expectativas de rendimiento dependen mucho de la experiencia de los diseñadores e instaladores. La mayoría de componentes de refrigeración (a diferencia de los equipos de HVAC) no están certificados de acuerdo a una norma, y los catálogos de equipos generalmente no hacen referencia a un estándar. A lo largo de todo el proceso de diseño, construcción y operación de los sistemas se aplican reglas prácticas basadas en la experiencia, que tienen relación con la naturaleza de casi todos los sistemas de refrigeración y sistemas de control asociados, construidos de forma personalizada mediante la agregación de distintos elementos.

Varias cadenas de distribución han pasado en los últimos años de confiar en fabricantes—o instaladores—a contratar a un consultor especialista en frío para el diseño, el cual se incorpora al equipo de proyecto junto con otras responsabilidades de ingeniería (por ejemplo, climatización, fontanería). Este enfoque añade la refrigeración al equipo tradicional de consultores de diseño mecánico, eléctrico y de fontanería (MEP) y crea un equipo de mecánica, electricidad, fontanería y refrigeración (MEPR) que responde frente a la propiedad y el arquitecto. Además, cada vez es más frecuente que el instalador general asuma la responsabilidad del instalador de refrigeración. Para evitar la fragmentación del proceso, la puesta en servicio busca proporcionar un hilo conductor con el fin de crear sistemas de refrigeración de alto rendimiento, que cumplan con las especificaciones, con un mínimo consumo de energía, al tiempo que se aumenta la fiabilidad y facilidad de mantenimiento.

PROPÓSITO Y ALCANCE

El propósito de esta Guía es describir un proceso de puesta en servicio de sistemas de refrigeración que pueda aplicarse fácilmente por una amplia gama de propietarios, diseñadores e instaladores de sistemas de refrigeración comercial e industrial en los Estados Unidos y a nivel mundial. La Guía está diseñada para comenzar en el proyecto de concepción y extenderse a través del primer año de funcionamiento. Por otra parte, también sienta las bases

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

para un proceso de mejora continua que dura a lo largo de la vida de la instalación.

Esta Guía está destinada a mejorar y complementar el diseño, la construcción, y las prácticas operacionales existentes. Dado que la mayoría de las empresas han refinado con éxito sus prácticas para encajar los proyectos en plazo y presupuesto, la puesta en servicio debe considerarse y aplicarse cuidadosamente, de forma que no se disminuyan las responsabilidades existentes para el diseño, exigencias a los proveedores, y cumplimiento del contrato. La Tabla 1-1 muestra los diferentes responsables que participan en la puesta en servicio de un proyecto y describe sus funciones y objetivos en el proceso.

Un concepto clave en esta Guía es que el trabajo de puesta en servicio es un proceso o función que implica múltiples entidades y personas en el transcurso de un proyecto - la puesta en servicio no es simplemente el trabajo de un solo responsable (CxA). La Guía está diseñada para ser flexible y reconocer los variados métodos de diseño y contratación de trabajos de refrigeración en la industria y según la empresa. La Guía puede fácilmente adoptarse en parte o en su totalidad, sin asumir una modalidad de contratación sobre otra. Los usuarios de la Guía decidirán qué elementos son apropiados a sus proyectos, intereses y capacidades y definir las responsabilidades dentro de la disponibilidad de recursos de la empresa y del equipo del proyecto.

Esta Guía no pretende abordar de manera integral el diseño del sistema, las especificaciones detalladas de construcción, los métodos de construcción, o los procedimientos rutinarios detallados de puesta en servicio (por ejemplo, métodos de carga de aceite y refrigerante), tampoco trata los temas de seguridad.

La Guía se centra en los sistemas de refrigeración comercial de uso común y en las instalaciones industriales de menor tamaño (por ejemplo, tiendas de alimentos al por menor, sistemas de refrigerantes halogenados para almacenes y pequeñas industrias alimentarias, etc.) Si bien es verdad que los procesos indicados de puesta en servicio también serían de aplicación a la puesta en servicio de una planta industrial de amoníaco, o una gran central de compresores, esta Guía no aborda los procedimientos técnicos específicos relacionados con los grandes sistemas industriales y de amoníaco.

Las fases de la puesta en servicio descritas en esta *Guía para la Puesta en Servicio de Sistemas de Refrigeración Comercial e Industrial* son, en orden:

1. Planificación y Diseño
2. Construcción e Instalación
3. Puesta en servicio y primer año de funcionamiento

Esta Guía está destinada a ser utilizada en una variedad de acuerdos contractuales y de construcción, incluidos los siguientes:

- Los proyectos de diseño y construcción de los instaladores frigoristas
- Proyectos diseñados por la propiedad e instalados por un instalador frigorista
- Los proyectos diseñados por un ingeniero consultor de la propiedad e instalados por un instalador frigorista

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Tabla 1-1 Participantes potenciales en el proceso de Puesta en Servicio

Propiedad	En general, “propiedad” se refiere a “quien paga las facturas”, que tiene el mayor interés en el coste del ciclo de vida y en obtener beneficios del sistema. Algunos ejemplos serían los siguientes: • Propietario individual de un negocio que puede estar muy involucrado en aspectos específicos del proyecto, tales como una tienda independiente o un fabricante especializado en alimentos • Propiedad no directamente involucrada en aspectos específicos del proyecto, como una firma de inversión/gestión que financia la ampliación de un almacén frigorífico • Empresa o cadena de gran tamaño donde el dueño está representado por un empleado o un agente (tercero)
Usuario	El usuario paga directa o indirectamente los costes de operación. Algunos proyectos están diseñados para adaptarse a las necesidades de un usuario particular, basadas en contratos de medio o largo plazo.
Equipo de ingeniería	Ingeniero(s) de diseño de Refrigeración, incluyendo los siguientes: • Consultor especialista en refrigeración • Ingeniero(s) del contratista de diseño y construcción • Proveedor(es) de equipos de refrigeración • Responsable del registro, si se requiere Otros ingenieros y disciplinas, incluyendo las siguientes: • Diseñador de la envolvente térmica del edificio, en el caso de un almacén frigorífico • Diseñador proveedor o contratista del sistema de control • Ingeniero eléctrico, en relación con los equipos de refrigeración y la integración de los controles con otros sistemas
Instaladores	Instalador(es) frigoristas, incluyendo los siguientes: • Un instalador para el suministro e instalación de equipos y controles de refrigeración • Un instalador diferente para el control • Un instalador independiente para los aislamientos, las cámaras y puertas frigoríficas
Asesores de seguridad y reglamentación	Dependiendo del tipo de proyecto, la ubicación y el tipo de equipos, puede haber asesores especialistas adicionales responsables de cuestiones de seguridad y del cumplimiento de los reglamentos aplicables. Ciertos tipos de sistemas requieren una atención especial a la seguridad (como los sistemas de amoníaco).
Proveedores de puesta en servicio	Los trabajos de puesta en marcha pueden realizarse por alguno de los siguientes: • Consultores externos independientes que gestionan y coordinan en conjunto el proceso de puesta en marcha (véase el recuadro “Las mejores prácticas para un Responsable de Puesta en Servicio: Independencia, perspectiva y entendimiento” en el Capítulo 2 de esta Guía) • Un miembro del equipo de diseño • El instalador frigorista que diseña y construye • Especialistas técnicos de puesta en servicio que realizan ensayos independientes y verificaciones para implementar los aspectos técnicos de la puesta en servicio
Personal de operación y mantenimiento	El personal de operación y mantenimiento es responsable de mantener los equipos en funcionamiento y los límites de temperatura. Puede tratarse de personal propio o contratistas externos y pueden cambiar tras el período de garantía. Los intereses de la operación de una instalación pueden variar ampliamente: • Las cadenas de supermercados suelen tener una división de operaciones que prefiere una visión estandarizada de refrigeración, centrada en la fiabilidad, facilidad de mantenimiento y eficiencia energética. • Un proyecto industrial puede requerir una estrecha coordinación entre los operadores de planta, el personal de mantenimiento, y el personal de producción, sobre todo si se trata de una ampliación de las instalaciones existentes. • En el caso de una nueva instalación, el personal de operaciones in situ puede no llegar a involucrarse en el proceso, ya que sólo es contratado o asignado tarde a ese proyecto.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

Tabla 1-1 Participantes potenciales en el proceso de Puesta en Servicio *(continuado)*

Asesores energéticos y de sostenibilidad	Otros agentes pueden intervenir en temas de eficiencia energética y sostenibilidad, incluyendo los siguientes: • Departamentos corporativos que evalúan el rendimiento de las plantas tomando medidas de energía, agua y sostenibilidad • Asesor de Eficiencia Energética contratado por la propiedad • Asesores de los proveedores de energía, para incentivos y programas de asistencia para el diseño • Asesores de certificación y etiquetado energético (por ejemplo, Beq, LEED®, Green Globes, ENERGÍA STAR®)
Otros	Los proyectos que incluyan equipos, sistemas o tecnologías especiales o innovadoras puede que necesiten un experto que ayude en la integración del diseño y puesta en servicio. Puede que se necesite un especialista en tecnología de la información para apoyar la comunicación de datos y la gestión de los recursos e información necesarios para cumplir con los objetivos de puesta en servicio.

Se espera que esta Guía pueda ser utilizada con frecuencia por los instaladores de diseño y construcción (llave en mano), quienes gestionarán el proceso de puesta en servicio en gran parte en nombre de la propiedad y / o ejecutarán los procedimientos técnicos. Aunque que el beneficio de la intervención y punto de vista de un tercero independiente no pueda lograrse de esta manera, la realidad es que muchos proyectos comerciales e industriales se contratan así, y una gran parte de los conocimientos especializados pertinentes reside en los instaladores frigoristas de diseño y construcción (llave en mano). Por esta razón, la Guía se ha diseñado para aplicarse de forma "autogestionada", así como para las actividades de puesta en servicio realizadas por consultores y entidades independientes. En la barra lateral del Capítulo 2 "Mejores prácticas para un Responsable de Puesta en Servicio: Independencia, Perspectiva y Conocimiento" se proporciona información adicional acerca de los terceros como responsables de la puesta en servicio.

Esta Guía está diseñada para abordar las características de sistemas y aplicaciones típicos de refrigeración, incluyendo los siguientes:

- Los sistemas de refrigeración deben cumplir absolutamente su función (mantener la temperatura) en las horas de trabajo, en contraste con los sistemas de aire acondicionado, que pueden diseñarse para satisfacer las temperaturas un cierto porcentaje de horas. Las consecuencias de la falta de mantenimiento de las temperaturas son por lo tanto, más problemáticas en los sistemas de refrigeración que en los de aire acondicionado. Por lo tanto, los factores de seguridad son una necesidad práctica para los sistemas de refrigeración, aunque el valor de factor de seguridad presente en los equipos y sistemas instalados no suele comprobarse cuantitativamente.
- Los sistemas de refrigeración no suelen ser conjuntos montados en fábrica sino que se construyen a medida a partir de componentes. Como tal, cada sistema es único y el rendimiento se ve muy afectado por interacciones entre los componentes y los métodos de control. Los compresores y condensadores se seleccionan para satisfacer las necesidades de cargas múltiples y múltiples condiciones de

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

aplicación, con válvulas de control y sistemas de control electrónicos que a menudo se seleccionan y aplican por agentes diferentes del proveedor de los componentes principales.

- Las cadenas de supermercados u otras tiendas y otros grandes usuarios comúnmente compran los equipos directamente a múltiples proveedores para aumentar la competencia y obtener el mejor producto de su clase para cada uso. Los equipos puede que sean especificados y adquiridos bajo contratos oferta / compra generales.
- La propiedad (o ingeniero) a menudo define el fabricante y el tipo de sistema de operación y gestión de la energía (EMS) que será incluido con el equipo a partir de uno o más fabricantes de equipos originales, e instalado por uno o más instaladores y luego integrado por otros contratistas de control para incluir la climatización e iluminación. Esto aumenta los desafíos de la integración y puede contribuir a que las responsabilidades sean inciertas y a una falta de coordinación entre las características de diseño del sistema, el sistema de control de capacidad, y la programación.

Como se dijo anteriormente, esta guía tiene por objeto abordar las necesidades de todos los sistemas de refrigeración cuyo diseño es personalizado, incluyendo las de las aplicaciones industriales, las tiendas minoristas de alimentos y otras aplicaciones comerciales. Sin embargo, la mayoría de los ejemplos relacionados con el diseño, la construcción, y la operación de las instalaciones se refieren a tiendas de alimentos, y estos ejemplos varían según el tamaño de la empresa (incluyendo cadenas nacionales, cadenas independientes y tiendas de propiedad individual). Históricamente una gran parte de los proyectos de refrigeración en este sector han sido realizados por los fabricantes o por contratistas de diseño y construcción, junto con una porción más pequeña de proyectos realizados por la propiedad o por consultores externos en sistemas de refrigeración y climatización. Además, los supermercados se remodelan y amplían a lo largo de la vida de la instalación, y esto proporciona múltiples oportunidades para obtener beneficios de la puesta en servicio. Basándose en ejemplos de esta amplia gama de casos de la industria se ha elaborado esta Guía que se espera pueda adaptarse a otras aplicaciones de refrigeración industrial y comercial.

Dado que la puesta en servicio se lleva a cabo para lograr un proyecto que cumpla con las expectativas de la propiedad, esta Guía se ha diseñado en el supuesto de que la propiedad (o su representante) proporcionará la asignación, las directrices, y en general el impulso para la puesta en servicio. La puesta en servicio tendrá mayor probabilidad de éxito si todos los participantes en el proyecto entienden completamente el proceso de puesta en servicio y toman la iniciativa y la acción en sus áreas de responsabilidad y experiencia.

Hay dos aspectos principales de la Guía: el proceso de puesta en servicio y los procedimientos técnicos utilizados en la puesta en servicio. El proceso podría ser considerado el “negocio de la puesta en servicio”, mientras que los procedimientos son los “tornillos y tuercas” (es decir, cómo realizar la puesta en servicio).

En algunos casos, estas operaciones pueden solaparse o no estar perfectamente diferenciadas. Los usuarios de la Guía pueden optar por trazar la línea entre el proceso y procedimientos técnicos de la manera que mejor se adapte

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

a sus negocios y su forma de diseñar y construir las instalaciones. Esta Guía sólo proporciona ejemplos de los procedimientos técnicos más comunes. Los planes de puesta en servicio particulares deben incluir la identificación y el desarrollo de procedimientos técnicos específicos del proyecto para garantizar la puesta en servicio eficaz tanto de los componentes como del sistema en conjunto.

MODO DE EMPLEO DE ESTA GUÍA

Esta *Guía para la Puesta en Servicio de Instalaciones de Refrigeración Comercial e Industrial* trata del desarrollo de los sistemas de refrigeración desde su concepción inicial hasta el diseño, la construcción y la puesta en servicio final. Los capítulos 2, 3 y 4 cubren las fases de la puesta en servicio: Planificación y Diseño, Construcción e Instalación, y Puesta en Servicio y primeros años de operación. Cada capítulo incluye un diagrama de flujo que describe los pasos que los usuarios pueden seguir para asegurar que el resultado final cumplirá las expectativas de la propiedad, así como una tabla de funciones y responsabilidades que detalla la participación en la puesta en servicio de las posibles partes interesadas. Hay numerosos recuadros distribuidos por toda la Guía, que ofrecen ejemplos del mundo real para reforzar cuestiones y proporcionar ideas y conocimientos adicionales. Los apéndices proporcionan recursos para la visualización de las funciones y responsabilidades de las personas que participan en la puesta en servicio en todas las fases (Anexo A), un ejemplo de Plan de Puesta en Servicio (Anexo B), un ejemplo de Plan de Aceptación (Apéndice C), y los procedimientos técnicos que describen las actividades que pueden realizarse en la puesta en servicio de sistemas de refrigeración (Apéndice D). También se incluye un glosario de términos de uso común en la práctica de la puesta en servicio de refrigeración.

Durante el desarrollo de esta Guía hubo mucha discusión con respecto a la necesidad de una terminología coherente dentro de la industria de la refrigeración, y el comité dedicó algún tiempo hasta llegar a un consenso sobre la terminología y los acrónimos utilizados en esta Guía. Aunque no hay una sección separada para los acrónimos, las siglas que se utilizan en el texto están incluidas en las entradas del glosario.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.

2

La Puesta en Servicio durante Diseño y Planificación

INTRODUCCIÓN

Objetivos

El objetivo principal de la puesta en servicio durante la planificación y el diseño es asegurar que un proyecto sea diseñado para ser "puesto en servicio". Tener en cuenta la puesta en servicio desde esta etapa inicial ayuda a establecer un marco por el cual la puesta en servicio está integrada en el proyecto desde el principio. En concreto, se asegura que los Requisitos del Proyecto de la Propiedad (OPR) son el fundamento del proyecto y que todas las fases posteriores del proyecto se basan en este conjunto de requisitos bien definido. En este capítulo se describen los principales documentos a desarrollar y las actividades necesarias en esta fase para ayudar a lograr que el proyecto cumpla los objetivos definidos en los OPR y facilitar la puesta en servicio del proyecto.

Proceso

Las principales actividades de puesta en servicio durante la fase de planificación y diseño son el desarrollo o la compilación de varios documentos clave: los OPR, la Base de Diseño (BoD), y los documentos de construcción (CDs). El plan de puesta en servicio se desarrolla y ajusta de acuerdo con el desarrollo de estos documentos. Como se explica en la Guía ASHRAE 0 (2005), los OPR describe cuáles son los requisitos de los propietarios del proyecto, los CDs muestran cómo lograrlos de forma tangible, y la BoD vincula a los dos juntos.

Aunque estos documentos se han desarrollado durante la Fase de Planificación y Diseño, se deben examinar y modificar, según sea necesario a lo largo del proyecto. Por ejemplo, si un requisito de los OPR no se puede cumplir, el diseñador debe especificar porqué en la BoD, detallar lo que se hizo en su lugar, y buscar la aprobación de la propiedad para los OPR revisado. En este sentido, los OPR, BoD, y CDs, junto con el Plan de Puesta en Servicio, serán documentos vivos durante todo el proyecto. A medida que el proyecto avanza y se involucran nuevos miembros al equipo de proyecto, estos documentos fundacionales deben estar disponibles y presentados con expectativas claras para que todos los asimilen y sean responsables.

Translated by permission. Translation by the ASHRAE Spain Chapter.
ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE.