

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 7.01

CALCULO DE CARGA Y DEMANDA TERMICA

EDITA
ATECYR

PATROCINA



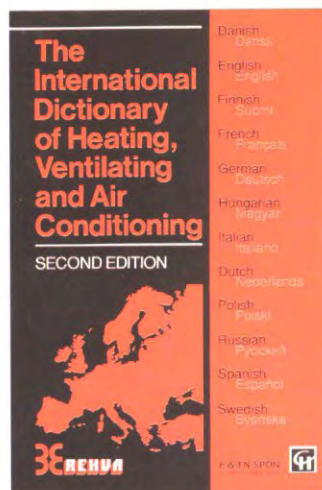
Saunier Duval

ALGUNAS PUBLICACIONES

atecyr

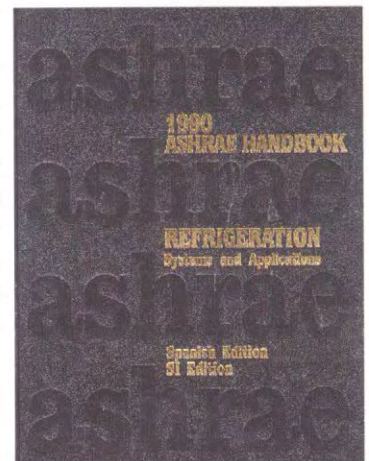
DICCIONARIO INTERNACIONAL DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO

REHVA, Organización de Asociaciones Profesionales de Ingenieros en Calefacción y Aire Acondicionado de 18 países europeos, ha editado este diccionario multilingüe de los términos usados en la industria de ventilación, calefacción y aire acondicionado. Esta segunda edición incluye once idiomas además del inglés y entre los que se encuentra por supuesto el español.



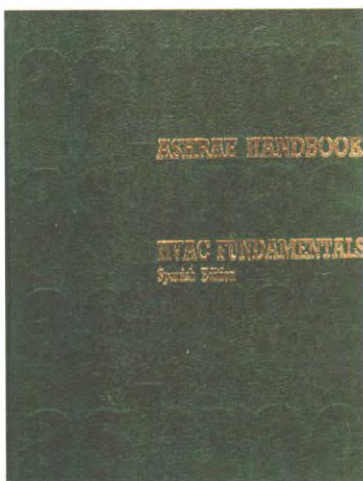
ASHRAE HANDBOOK. REFRIGERACION SISTEMAS Y APLICACION

El Manual de Refrigeración trata del equipo o de los sistemas para una particular aplicación, un proceso o una instalación de conservación en frío, y describe los diseños normales en el caso de aplicaciones específicas. También se tratan en este libro las aplicaciones industriales de la refrigeración y una introducción a la técnica de las bajas temperaturas.



FUNDAMENTALS

Información técnica referente a los sistemas utilizados en calefacción, refrigeración, ventilación y aire acondicionado, basado en memorias técnicas de ASHRAE, investigaciones de ASHRAE, programas de investigación y cooperación de asociaciones, y de métodos de los miembros y colaboradores de la sociedad; y un índice completo de todos los volúmenes actuales en las series de MANUALES.



CONDICIONES DE DISEÑO DE ATECYR

Este estudio ha sido desarrollado por el Grupo de Trabajo "Condiciones de Diseño" de ATECYR, con la finalidad de obtener nuevos datos de condiciones de diseño para proyectos de cale-

facción. El trabajo incluye una selección de datos climáticos y un resumen de las normas UNE relacionadas con el tema.

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 7.01. CÁLCULO DE CARGA Y DEMANDA TÉRMICA

Edición: ATECYR

Redacción: Ramón Velázquez

Coordinación: Comité Científico de ATECYR

Producción y realización: Editorial EL INSTALADOR

Perfil del autor

Ramón Velázquez Vila

Dr. Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid. Está vinculado al sector de climatización desde el año 1965 en el que ha participado como instalador e ingeniero consultor. Actualmente es Catedrático Numerario de Termotecnia en la ETSII de Sevilla en la que imparte la disciplina de Tecnología Frigorífica y Aire Acondicionado. Ha sido vicepresidente de ATECYR.

Lista de miembros del Comité Científico de ATECYR:

Aurelio Alamán Simón
Juan Carlos Bermúdez Gómez
Alejandro Cabetas Hernández
Felipe Cebrián Quesada
José María de las Casas Ayala
Juan Manuel Espinosa Peñuela
José Luis Esteban Saiz
José María González
Manuel Lamúa Soldevilla
Luis M.^a López González
Juan Vicente Martín Zorraquino
José Manuel Pinazo Ojer
Pedro Pozo Gómez
Francisco Javier Rey Martínez
Ramón Velázquez Vila
Alberto Viti Corsi

© ATECYR

Edita: ATECYR

INSTITUTO EDUARDO TORROJA
Serrano Galvache, s/n
28033 Madrid

Producción y realización:

EDITORIAL TÉCNICA EL INSTALADOR

Portada:

BILD DESIGN

Fotocomposición:

VERSAL, S.L.

Impresión:

INDUSTRIAS GRÁFICAS EL INSTALADOR

ISBN: 84-95010-00-3

Dep. Legal: M. 36624 - 1998

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) es una entidad de carácter no lucrativo fundada en 1974, que agrupa a más de 1.000 ingenieros y profesionales que tienen relación o dedican su actividad a los sectores de la Calefacción, Refrigeración, Ventilación y/o Aire Acondicionado.

Básicamente, sus fines y objetivos son el avance de las ciencias y técnicas del sector que abarca, en beneficio de la sociedad en general y de los profesionales y socios en particular.

Para ello, ATECYR desarrolla actividades de formación, investigación, divulgación y promoción de nuevas tecnologías, además tiene relaciones e intercambia conocimientos con otras Asociaciones, Nacionales e Internacionales de similares objetivos.

Desde hace dos años ATECYR cuenta con un Comité Científico, el cual está formado por expertos en diferentes áreas y cuya función es el estudio y desarrollo de las actividades relacionadas, en general, con los aspectos científicos y tecnológicos que pueda acometer la Asociación.

Dentro del programa de trabajo del Comité Científico, se decidió la elaboración de Documentos o Guías sobre temas monográficos que ayudaran a los profesionales a realizar su trabajo de diseño y de ejecución de sistemas e instalaciones de forma eficiente y actualizarlo. La guía que ahora se presenta es, por tanto, la primera de una serie de documentos que se irán publicando y ofreciendo al sector periódicamente.

Una de las labores más penosas para el Técnico de nuestro sector es, probablemente, la de buscar información sobre metodología, algoritmos y datos de partidas que sean fiables para el cálculo de sistemas, equipos o aparatos relativos a instalaciones en la edificación, sea aquellos cuyo uso es casi cotidiano como aquellos otros de uso no muy frecuente o excepcional. Los últimos, además, están siempre acompañados del olvido, si es que alguna vez se ha calculado.

Muchos cálculos suelen llevarse a cabo «a sentimiento», es decir, sin tener una idea muy clara del por qué y cuándo se calcula de una manera y, si existe alternativa, por qué se calcula de otra, qué factores entran en juego y cuáles son importantes y qué otros parámetros pueden ser despreciados, etc.

Muchas veces se suelen arrastrar errores de conceptos desde el comienzo de la profesión, ya que difícilmente se posee el tiempo de reflexionar, estudiar, buscar y saber buscar la información o se tiene a disposición en la empresa un compañero experimentado y amable que sepa aclarar las dudas si es que surgen (¡mala apariencia tiene el asunto si no surgen dudas!).

Se comprende que el riesgo de cometer errores aumenta al acentuarse la complicación del sistema que se pretende calcular. Tener a disposición una documentación bien elaborada (esta es, por lo menos, nuestra pretensión) no solamente facilita la labor y hace ahorrar tiempo, si no que, en un cierto sentido, descarga parte de la responsabilidad del Técnico, que habrá hecho la oportuna referencia al DTIE correspondiente.

La información que se necesita suele estar dispersa en fuentes muy variadas, desde libros hasta artículos de diferentes revistas especializadas, en diferentes lenguas y en diferentes unidades de medidas, mirada bajo diferentes, aunque siempre muy interesantes, puntos de vista. Además, la información presenta, a menudo, dificultades de interpretación por falta de defini-

ción de ciertas magnitudes y/o de sus unidades de medida, por falta de claridad del autor del escrito que suele dar por sentados unos conceptos que para nada lo son, por la necesidad de recurrir a una fuente diferente de información para calcular otro parámetro que es imprescindible, por interpretación errónea de algunas afirmaciones, por errores de imprenta o mecanografía, por una presentación deficiente, etc.

Hoy en día, además, la frenética labor normativa del Comité Europeo de Normalización (CEN) y de AENOR, entes en los que ATECYR está debidamente representado, hace improba la labor de estar al día con las últimas novedades en este campo.

Los Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIEs pretenden reducir estos inconvenientes (¡el empleo del verbo «eliminar» sería excesivo!), ofreciendo al técnico unos instrumentos de trabajo de uso cotidiano, completos de toda la información necesaria para el desarrollo del cálculo que, además, estará efectuado según las últimas tecnologías disponibles y, por supuesto, debidamente documentado. Se incluyen tablas, gráficos y figuras para que algunas magnitudes puedan ser estimadas rápidamente para cálculos preliminares o con el fin de visualizar la variación de una magnitud en función de otra u otras.

Cada DTIE es un documento dedicado a un tema muy específico, desarrollado hasta el límite de los conocimientos del autor o autores.

En cuanto al cumplimiento de normas y reglamentos, se hace observar que los documentos tienen el propósito de estudiar un tema desde el punto de vista técnico, no normativo. Por tanto, será responsabilidad del Técnico que deba efectuar el proyecto tener en cuenta las limitaciones impuestas por las normas y reglamentos en vigor que, eventualmente, afecten al sistema que va a ser objeto del cálculo.

Los DTIEs pretenden ser claros en su exposición, facilitando la comprensión de lo que el Técnico quiere llevar a cabo en todas sus facetas. Este objetivo se considera fundamental y su frustración debe considerarse un fracaso.

Todos o casi todos los DTIEs tienen un contenido que puede ser objeto de un programa de cálculo por ordenador, algunos con facilidad, otros menos. En cualquier caso, el Técnico hará bien en recurrir a esta herramienta de trabajo para, entre otras razones, evitar los errores de cálculo que, casi inevitablemente, se cometen por prisa o... por tener la cabeza en otro sitio. Una vez hecho el programa, revisado y validado su funcionamiento, éste será un instrumento útil durante muchos años, máxime si se habrá hecho con medios propios (esto es, si se posee el programa fuente), lo que permitirá adecuar su contenido a los cambios de normativa o a las necesidades de un cliente particular, con facilidad y casi sin costo adicional.

El Comité Científico de ATECYR, que edita esta serie de documentos, ha emprendido una serie de acciones para llevar a cabo esta labor, larga y difícil. Entre ellas destaca la voluntad de llevarla a cabo, sin pausas, retomando una iniciativa de hace ya algunos años. Ya existe una lista de documentos a elaborar e incluso un calendario.

Se recibirán con agrado las observaciones que los usuarios de estos DTIEs quieran aportar con el fin de mejorar su contenido e incluso su presentación en próximas ediciones y, por tanto, cumplir con los objetivos fijados.

El comité Científico de ATECYR no se hace responsable del uso incorrecto que se pueda hacer de la información contenida en los documentos.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Socio Protector, la empresa SAUNIER DUVAL DICOSA, S. A., por su valiosa colaboración prestada a la edición de ésta y sucesivas DTIE, pues concedora del proyecto emprendido por ATECYR para la elaboración de esta colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación, ha decidido subvencionar la edición de todas las DTIE proyectadas.

Serie ATECYR de DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- 1.02 Pérdidas de calor y masa de la superficie de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación

SERIE 2: Condiciones de diseño

- 2.01 Ambiente térmico
- 2.02 Calidad de aire interior
- 2.03 Ambiente acústico: origen, remedios y límites de ruidos y vibraciones

SERIE 3: Psicrometría

- 3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- 4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño

SERIE 5: Conductos

- 5.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño

SERIE 6: Combustible

- 6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- 7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- 8.01 Sistemas de recuperación de calor
- 8.02 Bomba de calor
- 8.03 Instalaciones térmicas de energía solar a baja temperatura

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

9.01 Tipos de sistemas

9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios

SERIE 10: Sistemas de calefacción

10.01 Tipos de sistemas

10.02 Aplicaciones para edificios residenciales

10.03 Calderas individuales

SERIE 11: Control

11.01 Esquemas de control

SERIE 12: Aislamiento térmico

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

17.01 Análisis económico de sistemas

ÍNDICE

1ª. PARTE

INTRODUCCIÓN	13
1. CARGAS TÉRMICAS	13
2. CURVAS DE CARGA	15
3. CURVAS DE CARGA DE UN MÓDULO, ZONA O EDIFICIO	15
3.1. Curva de carga de un módulo.	
3.1.1. <i>Curva de carga</i>	
3.1.2. <i>Carga máxima</i>	
3.1.3. <i>Factor de diversidad</i>	
3.1.4. <i>Carga sobre el módulo y carga sobre la unidad de tratamiento</i>	
3.2. Curva de carga zonal.	
3.2.1. <i>Curva carga de una zona</i>	
3.2.2. <i>Carga punta de la zona</i>	
3.2.3. <i>Factor de diversidad</i>	
3.2.4. <i>Aplicación de la carga punta de zona</i>	
3.3. Curva de carga del edificio.	
4. CURVAS DE CARGA - HORARIA Y CARGA DE DURACIÓN	21
4.1. Energía demandada.	
4.2. Potencia media.	
4.3. Horas equivalentes a plena carga de funcionamiento (HEPC).	
4.4. Factor de carga (LF).	
4.5. Relación entre factor de carga y factor de diversidad.	
5. DEMANDA Y CONSUMO	23
5.1. Diagrama de bloques energéticos.	
5.2. Energía demandada.	
5.3. Rendimiento o COP.	
5.4. Curva de carga de consumo.	
5.5. Energía consumida.	
5.6. Relación entre demanda y consumo.	

2ª. PARTE

6. SUBSISTEMAS ENERGÉTICOS

31

- 6.1. Diagramas de bloques.
- 6.2. Rendimientos parciales.
- 6.3. Rendimiento medio.
- 6.4. Rendimiento instantáneo.
- 6.5. Rendimiento del subsistema primario de producción térmica.
- 6.6. Subsistema primario de producción frigorífica.
- 6.7. Rendimiento o coeficiente de eficiencia energética del subsistema de producción frigorífica.
- 6.8. Rendimiento o CEE del subsistema combinado de producción frigorífica y condensación.
- 6.9. Subsistema de transporte primario.
- 6.10. Subsistema de transferencia.
- 6.11. Subsistema de transporte.
- 6.12. Subsistema de regulación.
- 6.13. Rendimientos globales.

7. EVALUACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

41

- 7.1. Necesidad.
- 7.2. Metodología genérica.
- 7.3. Influencia del grado de fiabilidad de los métodos aproximados.
- 7.4. Método de los grados-días.

3ª. PARTE

8. ZONIFICACIÓN

49

- 8.1. Balance de energía sensible en locales.
- 8.2. Regulación de la potencia térmica del aire.
- 8.3. Sistemas a caudal constante y variable.
- 8.4. Esquemas básicos de los sistemas de caudal constante y variable.
- 8.5. Edificio con dos zonas térmicas.
- 8.6. Principio de independencias de zonas.
- 8.7. Zonificación debida a la ventilación.
- 8.8. Inversión térmica.
 - 8.8.1. *Concepto*
 - 8.8.2. *Condiciones bajo las cuales suele darse inversión térmica*
 - 8.8.3. *Temperatura de inversión*
 - 8.8.4. *Condiciones sobre el sistema de climatización*

- 8.9. Transvase de energía.
 - 8.9.1. *Concepto de transvase*
 - 8.9.2. *Tecnología para el transvase*
 - 8.9.3. *Energía disponible para el transvase*
 - 8.9.4. *Acumulación de energía*
 - 8.9.5. *Parámetros de diseño en acumulación de energía*
- 8.10. Enfriamiento gratuito.
 - 8.10.1. *Concepto*
 - 8.10.2. *Procedimiento tecnológico para la realización del enfriamiento gratuito*
 - 8.10.3. *Tipos de regulación y control*
 - 8.10.4. *Ahorro de energía con enfriamiento gratuito*
 - 8.10.5. *Enfriamiento gratuito y transvase de energía*

4ª. PARTE

9. EL ANÁLISIS TÉRMICO BAJO LA ÓPTICA DEL AHORRO Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

77

- 9.1. Consideración general.
- 9.2. Carga punta.
- 9.3. Demanda energética.
- 9.4. Consumo y rendimiento
 - 9.4.1. *Obtención del consumo energético*
 - 9.4.2. *Rendimiento del sistema*

1^a.
PARTE

INTRODUCCIÓN

Las cargas térmicas tienen una característica espacio-temporal, que significa que son variables en el tiempo, y que están asociadas a espacios determinados.

Puesto que el objetivo de la climatización es el de anular dichas cargas en todo momento y en todos los espacios tratados, resulta evidente que es necesario el conocimiento de la variabilidad espacio-temporal de las cargas térmicas.

El ANÁLISIS TÉRMICO estudia tal cuestión, empleando como herramienta fundamental la denominada genéricamente **CURVA DE CARGA**.

La utilidad primaria del Análisis Térmico es múltiple:

- a) En primer lugar permite clarificar los conceptos de carga punta o máxima, requisito indispensable para el cálculo y selección de los diversos equipos que componen los sistemas de climatización.
- b) La investigación de las necesidades que presenta el edificio en relación con la **Zonificación e Inversión térmica** es igualmente imprescindible para una adecuada elección del **Sistema de Climatización**, ya que unos sistemas poseen y otros no, la capacidad de zonificar y atender a una inversión térmica.
- c) La existencia o no de **Inversión Térmica** determina la posibilidad de trasvasar energía de una parte a otra del edificio, y la necesidad o no que dicho trasvase curse vía acumulación térmica.

La capacidad del Análisis Térmico para dar respuesta a esas cuestiones, justificaría ya de por sí, la utilidad del mismo, que no queda reducido a tales aspectos, ya que la curva de carga, herramienta básica de dicho análisis, posibilita secundariamente clarificar:

- a) El modo de realizar el **fraccionamiento de potencia** de los equipos generadores térmicos (frigoríficos y caloríficos), un acertado análisis de la producción térmica mediante **acumulación** y un buen planteamiento básico de las posibilidades de **cogeneración**.
- b) La diferenciación entre **demanda y consumo**, distinción valiosa cuando se trata de profundizar en la evaluación del coste de operación de los sistemas de climatización.

En definitiva, el **ANÁLISIS TÉRMICO** es una herramienta valiosa tanto para la acertada elección del sistema de climatización, como para lograr un coste de operación aceptable, sinónimo de **ahorro de energía**.

1. CARGAS TÉRMICAS

Por Carga Térmica puede entenderse en Climatización, toda perturbación capaz de alterar el contenido de energía de los espacios que se pretende climatizar. Las perturbaciones tienen su origen en las condiciones climatológicas del espacio externo que rodea a los recintos o en las fuentes de energía, localizadas en el interior de los propios espacios.

Si tales perturbaciones alteran la temperatura de los locales se denominan **Cargas sensibles**; si hace variar el contenido de vapor de agua, que a su vez modifica el contenido energético del volumen de control, la carga recibe la denominación de **Latente**.

Otro aspecto importante es la **diferente** manera de manifestarse en el local que poseen las **fracciones convectiva y radiante** de cada tipo de carga.

La primera, la **fracción convectiva**, se transmite de modo instantáneo al aire del recinto mediante transferencia convectiva.

La **fracción radiante**, ligada a la transferencia radiante, no afecta directamente al aire del local, transparente a la misma; en consecuencia, la fracción radiante requiere incidir sobre los cerramientos y contenido del espacio tratado, para ser absorbida por estos, tras lo cual se produce un aumento de la temperatura de los mismos para, a continuación, ser transferida al aire por un mecanismo convectivo.

El mecanismo de transferencia de la fracción radiante implica que la excitación térmica alcanza al aire con un cierto retraso y con un valor menor que el de la excitación radiante. Son los conocidos fenómenos de **retraso y amortiguación**, a tener en cuenta en el proceso de cálculo de las cargas térmicas, tanto en régimen de verano como de invierno.

Se denomina **Ganancia** a la energía que afecta al volumen de control (espacio a climatizar), y se reserva el nombre de **Carga** a la energía que se manifiesta en el aire del local. La diferencia entre ambas está vinculada a la inercia de los cerramientos y contenidos del módulo y, a la diferente naturaleza de las fracciones convectivas y radiantes de las excitaciones térmicas (Fig. 1).

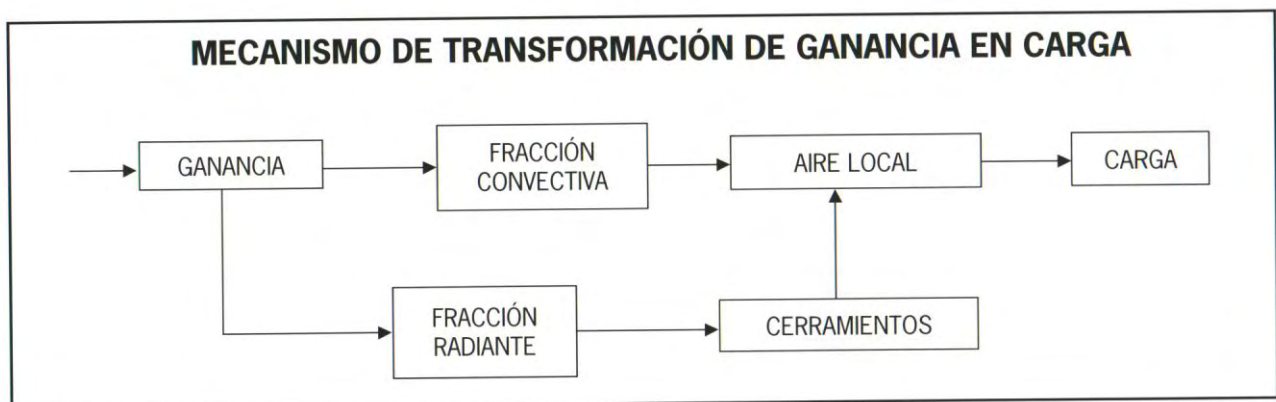


Figura 1.

La figura 2 ilustra la diferencia entre Ganancia y Carga, poniendo de manifiesto el retraso y la amortiguación.

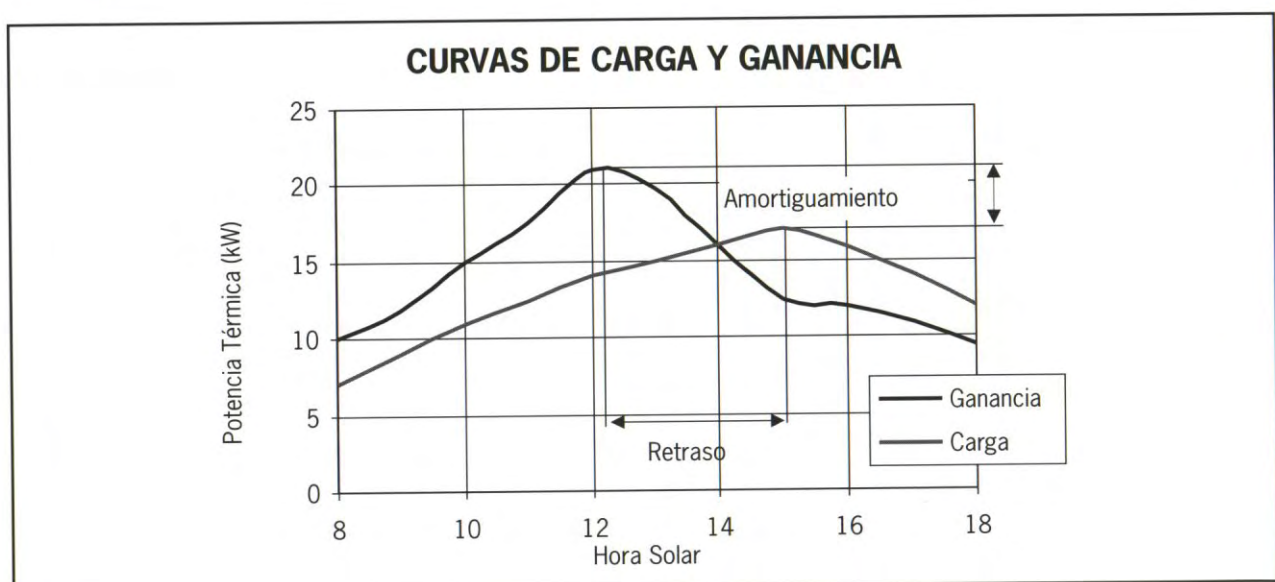


Figura 2.