

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 6.01 COMBUSTIÓN



ATECYR

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 6.01. COMBUSTIÓN

Edición: ATECYR

Redacción: Aurelio Alamán

Coordinación: Comité Científico de ATECYR

Producción y realización: Editorial EL INSTALADOR

Perfil del autor

Aurelio Alamán

Doctor Ingeniero Industrial. Profesor de Investigación del C.S.I.C. Durante 40 años ha trabajado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, la mayor parte del tiempo en instalaciones e higrotérmica del edificio. Tiene publicados varios libros, monografías, manuales y artículos.

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
Manuel Lamúa Soldevilla
Juan Vicente Martín Zorraquino
José Manuel Pinazo Ojer
Pedro Pozo Gómez
Francisco Javier Rey Martínez
Ramón Velázquez Vila
Alberto Viti Corsi

© ATECYR

Edita:

ATECYR
Conde de Peñalver, 38
28006 MADRID

Producción y realización:

EDITORIAL TÉCNICA EL INSTALADOR

Portada:

BILD DESIGN

Fotocomposición:

VERSAL, S.L.

Impresión:

INDUSTRIAS GRÁFICAS EL INSTALADOR

ISBN: 84-921270-7-4

Dep. Legal: M. 19903 - 1997

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 conocedora 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

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

0	Generalidades	7
1	Reacciones básicas de la combustión	7
	Química de la combustión	
	Volúmenes de comburentes y productos de la combustión	
	Tipos de combustión	
2	Combustibles	14
	Clasificación	
	Propiedades generales	
	Características de los diversos combustibles	
3	Calderas	19
	Tipos de calderas	
	Calderas de fundición	
	Calderas de acero	
	Calderas murales a gas	
	Rendimientos de las calderas	
4	Quemadores	29
	De combustibles sólidos	
	De combustibles líquidos	
	De combustibles gaseosos	
5	Bibliografía	36

PRÓLOGO

La pretensión de la presente publicación es, únicamente, recordar en un número muy reducido de páginas, una serie de ideas y conceptos básicos sobre la combustión, su teoría y su práctica en las instalaciones de climatización, sin pretender hacer un estudio completo, que sería objeto de un libro de extensión considerablemente mayor. Para esta aplicación de conocimientos, remitimos al lector a los libros citados en la bibliografía, (especialmente los que no son catálogos), libros que creemos son de suficiente utilidad como para recomendar a los técnicos que los tengan en su biblioteca.

En la publicación se han omitido algunos datos que lógicamente debieran figurar, tales como los rendimientos de los distintos tipos de calderas. Esta omisión es debida a que en la práctica los rendimientos no solamente dependen del tipo sino de su diseño concreto y construcción, y los valores de rendimiento pueden diferir notablemente de unos fabricantes a otros.

En estas condiciones, dar un valor aproximado podría inducir a error. Entendemos que es mejor que se pidan en cada caso concreto los rendimientos a poder ser avalados por un laboratorio competente.

De las descripciones de la tipología de los distintos equipos, puede deducirse la del comportamiento de los mismos en condiciones distintas de las nominales: posibilidad de variación de su potencia en función de la demanda, calidad aproximada del rendimiento estacional previsible, etc. factores decisivos a la hora de valorar el ahorro energético.

La limitación del número de catálogos utilizados, no significa que sean ni las únicas firmas que fabrican estos productos ni las mejores y al hacer esta aclaración justo es agradecer simultáneamente la utilización de figuras de sus catálogos, al menos para tomarlas como base de las que aquí se han dibujado.

A. Alamán

0. GENERALIDADES

La combustión es un proceso químico, en el que un cuerpo reacciona con el oxígeno desprendiendo calor a velocidad suficiente para que se produzca un nivel térmico que permita que la energía liberada pueda ser aprovechada. El cuerpo que se oxida es el **combustible** y el elemento o fluido que aporta el oxígeno se llama **comburente**. Normalmente, el comburente es el aire.

En el proceso real de la combustión, en la mayoría de los casos, esta se realiza con objeto de transferir el calor producido a un líquido, lo cual tiene lugar en la **caldera**, y debe tener lugar en unas condiciones tales que se asegure un suministro de calor prefijado y que la mezcla del combustible y comburente tenga las características más adecuadas para el proceso que se va a seguir, lo que se consigue con el **quemador**.

Industrialmente tienen la consideración de combustibles aquellas sustancias que se utilizan para el aprovechamiento del calor de combustión. Una piritita, por ejemplo, no puede considerarse combustible más que en casos excepcionales, a pesar de que en su combustión se dan las características de los combustibles.

1. REACCIONES BÁSICAS DE LA COMBUSTIÓN

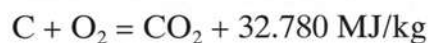
Los elementos base de los combustibles son el carbono y el hidrógeno, en forma elemental o como formando parte de compuestos, como en los hidrocarburos. Aparte suelen tener otros elementos en forma de impurezas; algunas de ellas se oxidan y desprenden calor (por ejemplo el azufre) mientras que otras o bien son térmicamente inertes —caso de las cenizas— o bien absorben calor en la combustión (por ejemplo la humedad de los combustibles).

La cantidad de calor que desprende, al quemarse, la unidad de masa (o de volumen) de un combustible, es su poder calorífico o potencia calorífica, que lógicamente es la propiedad más interesante de los combustibles. En el sistema SI, se mide en MJ/kg o MJ/m³, en condiciones normales.

Las potencias caloríficas de los elementos componentes de los combustibles son constantes físicas de los mismos. La potencia calorífica de un combustible industrial dependerá pues de la proporción en que se encuentren los distintos elementos y de la cantidad de impurezas que tengan y su valor es, aproximadamente, la suma de las potencias caloríficas de sus componentes, ponderadas según su composición.

Las reacciones de combustión de los elementos citados son:

El **carbono** se combina con el oxígeno para formar anhídrido carbónico CO₂ o monóxido de carbono CO, según las reacciones:

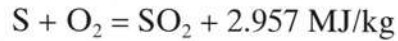


El monóxido de carbono puede a su vez combinarse con el oxígeno según:



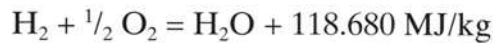
En la combustión del carbón se producen, en realidad, las tres reacciones y si bien el estudio es un tanto complejo, como regla general podemos simplificarlo diciendo que el porcentaje de CO y de CO₂, en presencia de carbón, depende de la temperatura y de la cantidad de oxígeno presente. Fuera del lecho de carbón, la cantidad de uno y otro gas depende fundamentalmente de la cantidad de oxígeno.

El **azufre** tiene un poder calorífico no despreciable:



pero por tener los productos derivados de su combustión efectos nocivos sobre el medio ambiente, existen restricciones cada vez mayores sobre los porcentajes de azufre admisibles en los combustibles.

El **hidrógeno** se oxida de acuerdo con la reacción:



Se ha supuesto en esta reacción que el agua formada está en forma de vapor. Si el agua resultante de la reacción se condensase, se obtendría un calor adicional, con lo que el poder calorífico sería superior:



El poder calorífico del hidrógeno tiene pues dos interpretaciones y dos valores, según que el agua formada en la combustión esté en forma de vapor o en forma de líquido. Al primer calor se le llama *poder calorífico inferior* y al segundo *poder calorífico superior*.

Esta ambigüedad de valores existe siempre que entre los elementos componentes del combustible se encuentre el hidrógeno (no combinado en forma de agua), es decir cuando en la combustión se produce agua. El hidrógeno, de hecho, está en todos los combustibles, especialmente en los líquidos y gaseosos. En los combustibles sólidos la proporción de hidrógeno no combinado en forma de agua es muy baja de forma que rara vez se distingue entre sus poderes caloríficos superior e inferior.

Para carbones de calidad, se puede utilizar para el poder calorífico superior, la fórmula de Dulong:

$$P_s = 33.829 C + 144.28 [H - (O/8) + 9,42 S]$$

donde C, H, O y S son las fracciones en peso de estos elementos en el combustible.

Cuando no se conoce la composición elemental de un carbón pero si el carbono fijo y las materias volátiles se puede utilizar la fórmula: