



EnerAgen

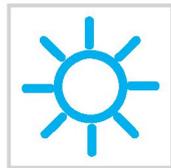
Asociación de Agencias
Españolas de Gestión de la Energía

Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y demanda energética de los Edificios



guías **eneragen**





RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS
Y DEMANDA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS



Edita

Equipo de Redacción:

Instituto de la Construcción de Castilla y León – www.iccl.es

José M.ª Enseñat Beso
Cristina Martínez Busto
Javier Ahedo Valdivielso
Miguel Ángel Romero Ramos
Luis Serra María-Tomé
Felipe Romero Salvachúa
Miguel Sanz González
Begoña Odriozola González
Sergio Melchor González

Diseño y Maquetación:

BI Comunicación

© **2007 EnerAgen** Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía

Depósito Legal:

Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización parcial o total sin la debida autorización de la Propiedad, en cualquier tipo de soporte.



1	INTRODUCCIÓN	5
2	ANTECEDENTES	7
3	DEMANDA ENERGÉTICA	9
3.1	DEFINICIONES	9
3.2	DEMANDA	9
3.2.1	FACTORES QUE AFECTAN LA DEMANDA	10
4	CONSUMO ENERGÉTICO Y RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	13
4.1	CONSUMO	13
4.2	RENDIMIENTOS	13
4.3	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO GLOBAL	17
5	INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS	21
5.1	CONCEPTOS CLAVE	21
5.2	TIPOS DE INSTALACIONES	25
5.2.1	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LAZO PRIMARIO	25
5.2.1.1	GENERACIÓN DE CALOR POR CALDERAS DE COMBUSTIÓN	26
5.2.1.2	GENERACIÓN DE CALOR POR BOMBA DE CALOR	26
5.2.1.3	ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN PRODUCCIÓN DE CALOR	27
5.2.1.4	REFRIGERACIÓN POR EL CICLO DE COMPRESIÓN	27
5.2.1.5	REFRIGERACIÓN POR CICLO DE ABSORCIÓN	27
5.2.1.6	COGENERACIÓN Y TRIGENERACIÓN	28
5.2.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DE ENERGÍA	28
5.2.2.1	SISTEMAS CON AGUA COMO CALOPORTADOR	28
5.2.2.2	SISTEMAS DE ACEITE TÉRMICO	28
5.2.2.3	SISTEMAS DE AIRE	28
5.2.3	CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES POR EL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL FRÍO O DEL CALOR EN EL LAZO SECUNDARIO	
5.2.3.1	SISTEMAS TODO AIRE	29
5.2.3.2	SISTEMAS AGUA-AIRE	30
5.2.3.3	SISTEMAS TODO AGUA	31
5.2.3.4	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE FRIGORÍGENOS	32
6	CODIGO TÉCNICO Y SU CUMPLIMIENTO	33
6.1	COMPOSICIÓN DE LOS PROYECTOS. SEGUIMIENTO DE OBRAS	35
7	CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA	39
8	RELACIÓN DE NORMATIVA	43



1. INTRODUCCIÓN

La asociación de **Agencias Españolas de Gestión de la Energía, EnerAgen**, es una asociación sin ánimo de lucro, cuyos fines son promover, fortalecer y asegurar el papel de las agencias de energía a cualquier nivel, de manera especial en la Unión Europea, respetando el ámbito competencial de cada una de las Agencias, consiguiendo así una promoción del uso racional de la energía, la eficiencia energética y las energías renovables para la mejora del medio ambiente y contribuir al desarrollo sostenible.

La **Agencia Energética Municipal de Pamplona (AEMPA)** ha liderado un Grupo de Trabajo formado por la **Agencia Andaluza de la Energía**, la **Fundación Asturiana de la Energía (FAEN)** y el **Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN)**, para la elaboración de una serie de publicaciones relacionadas con la nueva normativa de edificios.

La presente publicación forma parte de una serie constituida por **cuatro publicaciones**, de las cuales tres están dirigidas a profesionales, y una a los ciudadanos. El objetivo de la **publicación dirigida a los ciudadanos** es brindar información básica para la compra, uso y mantenimiento energético de los Edificios, así como ofrecer a aquellos ciudadanos que quieran introducir modificaciones en su vivienda, las pautas necesarias para la mejora energética del hogar.

Las **publicaciones dirigidas a profesionales** tienen por objeto el informar de las características que deben tener los edificios de nueva construcción y rehabilitaciones en materia de energía, de tecnología, pautas y ejemplos prácticos que faciliten la aplicación del Código Técnico de la Edificación. Estas publicaciones están formadas por tres documentos: Energía solar térmica y fotovoltaica en el marco del Código Técnico de la Edificación; Instalaciones de iluminación en edificios en el marco del Código Técnico de la Edificación; Rendimiento de las instalaciones térmicas y demanda energética de los edificios.

El CTE se ha desarrollado en 4 documentos básicos, de los cuales cada uno tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Este documento se denomina Documento Básico HE Ahorro de Energía. A su vez el DB-HE se desarrolla mediante 5 exigencias básicas, HE1 Limitación de la demanda energética, HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas, HE3 Rendimiento energético de las instalaciones de iluminación, HE4 Contribución Solar mínima de Agua Caliente Sanitaria y HE5 Contribución Fotovoltaica Mínima de Energía Eléctrica.





La publicación **Rendimiento de las instalaciones térmicas y demanda energética de los edificios en el marco del Código Técnico de la Edificación**, está estructurada en ocho capítulos, en los que se ponen de manifiesto las distintas facetas que podemos encontrar en el concepto de rendimiento energético, así como de desvelar cuáles son los factores que nos pueden ayudar a aumentar la eficiencia de las instalaciones térmicas y en consecuencia a disminuir la demanda y nuestros consumos energéticos.

La demanda de energía en la edificación representa un elevado porcentaje del consumo nacional de energía primaria. Aunque se pueden encontrar diferentes valores de aquél según la fuente de la que tomemos los datos y según los puntos referenciales que consideremos, no estaremos muy errados si decimos que, en los sectores residencial y terciario (ambos sujetos a la aplicación del Código Técnico), el consumo de energía representa entre un 25% y un 30% del consumo final de energía nacional.¹

De este consumo, por lo que respecta a las viviendas, la calefacción consume un 40% (porcentaje con tendencia creciente en España con causa, entre otras, en la proliferación de los sistemas individuales, menos efectivos que los colectivos); el agua caliente sanitaria absorbe aproximadamente el 26%; y por lo que respecta a la refrigeración, aunque sus consumos son responsables de algunas puntas de potencia que han causado problemas en los sistemas de distribución de energía eléctrica, sus valores no tienen, ni mucho menos la importancia de los dos anteriores.

La traducción de estos porcentajes a valores absolutos de TEP y consecuentemente costes monetarios haría comprender fácilmente la importancia de obtener los mejores rendimientos posibles de las instalaciones térmicas en los edificios. Si además consideramos que la dependencia exterior energética de nuestro país alcanza el 80% llegaremos a la conclusión de que es perentorio actuar sobre tal objetivo.

En este documento se pone de manifiesto el interés común de las agencias energéticas miembros de EnerAgen de informar, formar, y concienciar a todos los sectores de la sociedad, para la consecución del objetivo colectivo de lograr un sistema energético medioambientalmente sostenible.

¹ 26,4% según Boletín n.º 8 del IDAE, pág. 20



2. ANTECEDENTES

Podemos considerar como antecedente más remoto del CTE el **enfoque orientado hacia "exigencias básicas"** que se plantea con la Resolución de 5 de mayo de 1985 del Consejo de la Unión Europea. Resolución fundamental de la que arranca el abanico de Directivas y Disposiciones que va a permitir la homologación y armonización de las normativas de los Estados miembros en las cuestiones de ahorro y eficiencia energética.

Este espíritu de homologación y armonización ha producido normativas tales como la Directiva 89/106/ sobre productos de la construcción o la Directiva 2002/91 relativa a la eficiencia energética de los edificios que tienen una influencia decisiva en la redacción del CTE. En España esa tendencia europea de la que hablamos llevó a la redacción de la Ley 38/1999 de la Edificación que es el antecedente más próximo del CTE y el origen de su redacción.

El Código Técnico de la Edificación se alinea con el denominado **enfoque basado en prestaciones**, que es el espíritu normativo emanado de la Resolución anteriormente mencionada. No obstante los Documentos Básicos del CTE también dan **suficientes herramientas prescriptivas** para que puedan conseguirse los objetivos que se pretenden.

Antes de seguir adelante en el desarrollo de este fascículo, debemos dejar claro que el Documento Básico HE Ahorro de Energía (del que la Exigencia Básica HE-1 DEMANDA es el centro del contenido de aquél), también considera el enfoque de prestaciones; por lo que –aunque en la mayoría de las ocasiones sea difícil apartarse de las condiciones prescriptivas que se exponen en el D.B., no debe echarse en saco roto la posibilidad de encontrar soluciones que, cumpliendo con las prestaciones marcadas, se aparten de dichas prescripciones.

El **enfoque de exigencias básicas** impone que las reglamentaciones derivadas de las Directivas Europeas propongan unos mínimos exigibles que deban cumplirse para alcanzar la seguridad de las personas y de las cosas en la utilización de productos o instalaciones, al mismo tiempo que se asegura la calidad de éstos últimos. Las exigencias básicas se completan con unas prestaciones que hay que obtener en el uso de tales instalaciones o productos, para cuya obtención los Reglamentos deben dar la suficiente flexibilidad, siempre que se cumplan las exigencias mínimas.



3. DEMANDA ENERGÉTICA

3.1 DEFINICIONES

Carga Térmica

Podemos entender por Carga Térmica, toda perturbación capaz de alterar el contenido de energía de los espacios que se pretende climatizar. Esa alteración o Carga es la que tendrá que compensar la instalación de climatización, mediante su Potencia, para mantener las condiciones de confort. Si la perturbación modifica la T^a , estamos en presencia de lo que llamamos Carga Sensible; si altera el contenido del vapor de agua del espacio la llamaremos Carga Latente.

Se denomina **Curva de Carga** a la representación de la función de la Potencia que es necesaria para mantener a lo largo del tiempo las condiciones de confort de T^a y Humedad, compensando las alteraciones de las cargas.

Fracciones convectiva y radiante

Las cargas debidas a las condiciones climatológicas del espacio externo pueden tener una diferente forma de manifestarse en el local sobre el que actúan; son las denominadas **fracciones convectiva**, que es la que se transmite de modo instantáneo al aire del recinto mediante transferencia convectiva, y la **fracción radiante** por la cual la energía que incide sobre los cerramientos exteriores produce un aumento de temperatura de los mismos que posteriormente producirá un aporte de carga al interior. La transferencia de esta fracción radiante se produce con un cierto retraso y con menor valor que la energía radiante incidente, produciéndose los efectos conocidos de **retraso y amortiguación**, que hay que tener en cuenta a la hora del cálculo de cargas térmicas.

3.2 DEMANDA

La reducción del consumo de energía es un objetivo prioritario en todos los países, tanto con la finalidad de obtener un adecuado ahorro energético como para conseguir una reducción de las emisiones de CO_2 . A los efectos de conocer el comportamiento de la evolución del **consumo** es necesario prestar atención a la **ecuación que relaciona éste, con la demanda y el rendimiento**; y como de los tres factores el que primero nos aparece es la Demanda Energética comenzaremos por determinar sus características y condicionantes.

La DEMANDA energética de un edificio está referida a un determinado espacio de tiempo. En ese espacio la energía demandada será evidentemente el **producto de la Potencia Calorífica que necesitamos para mantener las condiciones de confort, por el tiempo transcurrido en**



la utilización de tal potencia. Como, ésta, es variable en función del tiempo (función representada por lo que hemos llamado Curva de Carga), expresaremos su valor por la integral de la Potencia en el intervalo de espacio en el que queremos medir la Demanda.

$$\text{Curva de carga: } \int P(t) dt$$

3.2.1 Factores que afectan a la Demanda

Los factores que determinan la Demanda energética son :

- El **Clima Exterior** que dependerá de la localidad geográfica donde se encuentre el Edificio.
- Los cerramientos o **Epidermis edificatoria** que marcarán los coeficientes de Transferencia.
- Las **características de ocupación y funcionales** del edificio.

La Demanda, sin embargo, no depende de la Instalación.

El proyectista sólo puede influir sobre la envolvente, y a ella debe prestar la máxima atención; diseñando los cerramientos de forma que cumplan los límites de los parámetros característicos. La sección HE 1 del Documento Básico HE Ahorro de Energía establece unos Parámetros Característicos medios y límites que pretenden reducir alrededor del 25% la Demanda que se producía para un determinado edificio con los valores correspondientes al K_G en la normativa anterior (NBE CT 79).

Dentro de los componentes de envolvente, uno de los más importantes, al que los proyectistas deben prestar gran atención, es el aislante.

Los parámetros característicos (transmitancias de cerramientos), que impone el CTE en función de la localización de un edificio, hace necesaria la utilización de aislamientos con un bajo coeficiente de conductividad y con el espesor adecuado.

Por otra parte el propio CTE limita también las condensaciones superficiales e intersticiales, por lo que en alguna circunstancia puede ser conveniente el diseñar un aislamiento provisto de su correspondiente barrera de vapor. **La barrera de vapor debe estar colocada junto a la cara caliente del cerramiento.**

El aislamiento debe ser colocado de forma que no aparezcan puentes térmicos por grapas o clavos de fijación que además facilitarían el paso de condensaciones. Actualmente todos los fabricantes ofrecen, para los aislamientos prefabricados, soluciones adecuadas para el montaje del aislamiento sea flexible o rígido; bien sea mediante pegamentos, sellados, etc.



Los aislamientos proyectados o inyectados in situ, tienen una fácil adherencia y fijación a los muros y cerramientos.

En la elección del aislamiento puede considerarse, en determinadas ocasiones, y siempre que sus propiedades térmicas no se vean afectadas, el efecto de aislamiento acústico que produzcan.

También es necesario que el material elegido cumpla con los requerimientos de las **Euroclases en lo que respecta a su reacción al fuego** y la producción de humos.

Es preciso finalmente que el aislamiento elegido cuente indefectiblemente con el **Certificado CE de Productos de la Construcción**.

Por lo que respecta a las **características de ocupación y funcionales** debemos recordar que la sección HS 3 – Calidad del aire interior impone unos caudales mínimos de ventilación, según sea el tipo de local, que suponen evidentemente una carga calorífica que se suma a la Demanda Total. Curiosamente se produce una situación contradictoria entre los requisitos de permeabilidad al aire de las ventanas a la que obliga la Sección HE 1 (que prescribe, para las zonas climáticas A y B, huecos y lucernarios de las clases 1,2,3 ó 4 y para las zonas climáticas C, D y E huecos de clase 2, 3 y 4) y las de ventilación impuesta por la HS 3. Para fijar dicha contradicción recordemos que la permeabilidad de clase 2 no permite un paso, a través del hueco, mayor de 27 m³ cada hora y metro cuadrado de superficie de ventana y que la ventilación exigida para un dormitorio de dos camas, por ejemplo, es de 10 l/s. Para cumplir con ambas condiciones el CTE nos indica que para carpinterías de las clases 2, 3 y 4 es necesario contar con aireadores para conseguir los caudales de ventilación y para carpinterías de clase 1 la ventilación puede considerarse conseguida por las juntas de la propia ventana.

Por otro lado, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, cuya entrada en vigor se produce con fecha de 29 de febrero de 2008, prescribe que para edificios de viviendas, en los locales habitables de las mismas, se consideran válidos los requisitos de calidad del aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación. Para el resto de edificios se establecen categorías de la calidad de dicho aire en función del uso del local o del edificio. Las categorías se relacionan desde IDA 1 hasta IDA 4, siendo la primera un aire de calidad óptima y la última uno de calidad baja. Según la categoría del aire interior que se debe alcanzar, se establecen los caudales mínimos de aire exterior de ventilación, los cuales se calcularán por alguno de los cinco métodos que la IT 1.1.4.2.3 del RITE propone.

Además, el Reglamento también clasifica los aires de extracción de locales en cuatro categorías (desde la AE1 que representa un bajo nivel de contaminación a la AE 4 que corresponde a un muy alto nivel de contaminación).



Estas dos exigencias de aire de ventilación y de aire de extracción influyen en **la Demanda**, con el nuevo RITE, de una forma mayor que el RITE anterior, ya que por un lado los niveles de ventilación exigidos son, como norma general, mayores y por otro lado el aire de extracción sólo se puede retornar a los locales en el caso de aire de categoría AE1 exento de humo de tabaco, lo que significa que debe ser reemplazado por aire exterior que debe ser tratado, lo cual evidentemente representa una mayor carga térmica.

Hay que recordar que el R.D. 1027/ 2007 en su artículo 1º tiene como “objeto” establecer las exigencias no sólo de eficiencia energética sino también **la demanda de bienestar e higiene de las personas.**



4. CONSUMO ENERGÉTICO Y RENDIMIENTO DE INSTALACIONES

4.1 CONSUMO

El consumo de energía para atender al servicio de climatización de un edificio lo podemos expresar como el cociente entre la Demanda energética del servicio y el Rendimiento medio estacional de la instalación en cuestión.

$$C = D/\eta$$

Aunque seguidamente se comentarán los diversos tipos de rendimientos de los que podemos hablar, debe significarse que, como la DEMANDA está referida, como se ha indicado, a un espacio de tiempo debemos ineludiblemente hablar de un **rendimiento medio** en tal espacio.

Por tanto, como primera cuestión fundamental, se debe poner de manifiesto que para REDUCIR el Consumo se puede :

- A. REDUCIR la DEMANDA.
- B. AUMENTAR el RENDIMIENTO medio estacional.
- C. REDUCIR la Demanda y AUMENTAR simultáneamente el Rendimiento.

4.2 RENDIMIENTOS

Rendimiento Instantáneo

Es el cociente entre la Potencia útil obtenida en un sistema de climatización y la Potencia introducida en el sistema.

$$\eta = \text{Pot. Útil} / \text{Pot. Entrante}$$

Obsérvese que hablamos de potencia y no de energía, ya que estamos hablando de rendimiento instantáneo.

Si, a modo de ejemplo, nos referimos a un sistema de generación de calor, que utiliza un determinado combustible, el rendimiento instantáneo vendrá expresado por:

$$\eta_1 = \text{Pot. Térm. Útil} / \text{Pot comb.+ Pot. Aux.}$$

Siendo:

- Pot. Térm. Útil = Potencia entregada en el generador al fluido caloportador (agua, aire).
- Pot. Comb. = Potencia liberada por el combustible al quemarse, que dependerá de su Poder Calorífico.
- Pot. Aux. = Potencia utilizada por los sistemas auxiliares de caldera, quemador, trasiego de combustibles, etc.



Este rendimiento es el que el nuevo RITE exige que se indique en los proyectos o memorias técnicas, calculándolos para la potencia nominal y para una carga del 30% de la nominal y cumpliendo los valores mínimos del R.D. 275/1995 (si el generador utiliza biocombustibles sólidos, sólo se deberá indicar el rendimiento instantáneo del conjunto caldera - sistema de combustión para el 100% de la potencia máxima, para uno de los biocombustibles que se prevé utilizar).

Es muy interesante señalar que se prohíben las calderas con marcado de prestación energética de una estrella, a partir del 1 de enero de 2010 y las de dos estrellas a partir del 1 de enero de 2012 (las de una estrella son las que tienen el rendimiento mínimo exigido por el R.D. 275/1995 y las de dos estrellas tienen un 3 % más de rendimiento).

Rendimiento del Transporte

El fluido caloportador, al que se ha entregado o retirado una energía, bien aumentando su T^a , bien disminuyéndola, es transportado hasta las unidades de transferencia (radiadores, UTAs, Rejillas etc.). Para realizar el transporte se aporta una energía (bomba, ventilador, etc.) y en consecuencia el rendimiento de la operación de transporte vendrá dado por la expresión:

$$\eta_2 = \text{Pot. Útil salida} / \text{Pot. Mec.} + \text{Pot. Útil entrada}$$

Siendo:

- Pot. Útil entrada: la Potencia calorífica disponible en el fluido caloportador en el punto de entrada al sistema de bombeo o ventilación.
- Pot. Mec: la potencia aportada por el motor de la bomba o del ventilador.
- Pot. Útil salida: Potencia disponible en los elementos de transferencia (radiadores, utas, rejillas, etc.).

La Norma UNE 100 000 define **FACTOR DE TRANSPORTE** como “la relación entre la potencia útil entregada por un fluido portador a los locales acondicionados y la potencia eléctrica consumida por los motores de las máquinas que mueven el fluido”.

Hay que significar que esta definición marca de alguna forma la eficacia de la operación pura de transporte, mientras que en el rendimiento anteriormente definido se considera la potencia consumida en el transporte puro y la potencia perdida en la red de transporte por pérdida o por ganancia de calor.

El nuevo RITE introduce el concepto de Potencia Específica de los Sistemas de Bombeo (SFP) definida como la Potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado medida en $W / (m^3/s.)$. Este valor debe ser justificado para cada circuito y en el caso de ventiladores no sobrepasará los valores que marca el Reglamento.



Rendimiento de la Emisión

A veces se denomina también Rendimiento de la Transferencia y marca el rendimiento de la operación de transferencia de energía desde el emisor final (radiadores, UTAs...) a los locales y como en los demás casos se valorará dividiendo la Pot. de salida del emisor entre la Pot. de entrada, en la que incluiremos la de posibles motores que hubiera.

$$\eta_3 = \text{Pot. útil sal.} / \text{Pot. entrada}$$

Rendimiento de la Regulación

Viene dado por el cociente entre la Potencia de salida y entrada en el órgano de regulación, suponiendo despreciable la energía necesaria para el accionamiento de los equipos de regulación.

$$\eta_4 = \text{Pot. salida} / \text{Pot. entrada}$$

Rendimiento Global

Los rendimientos que se han citado corresponden a procesos que se producen en serie entre sí, por lo que podemos hablar de un RENDIMIENTO GLOBAL que será el producto de los rendimientos parciales.

$$\eta_{\text{global}} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

Si los rendimientos parciales fueran todos iguales a 92% el Rendimiento Global sería :

$$\eta_{\text{global}} = 0,92 * 0,92 * 0,92 * 0,92 = 0,716 = 71,6\%$$

Rendimiento Estacional

El rendimiento medio estacional podemos expresarlo como la relación anual de calor útil y la cantidad anual generada.

Si despreciamos las pérdidas por inquemados en los generadores, el rendimiento estacional, en tanto por ciento, podemos fijarlo por la siguiente ecuación.

$$\eta_e = 100 - q_b * h / h_q - q_h$$

Donde q_b representa la pérdida relativa media anual por radiación y convección del generador y q_h el porcentaje de pérdidas por calor sensible en los humos.

El término h/h_q es la relación entre las horas en que la caldera está en disposición de funcionamiento y las horas en las que verdaderamente está funcionando el quemador de aquélla (naturalmente el cociente es mayor que la unidad).



El rendimiento estacional es siempre menor que el rendimiento instantáneo. Por otra parte si consideramos que las pérdidas por radiación y convección dependen de la temperatura de funcionamiento del generador, es evidente que cuanto menor sea ésta menores serán las pérdidas. En consecuencia las calderas de baja temperatura y de condensación tendrán un mayor rendimiento que las convencionales.

Coeficiente de Eficiencia Energética de un Aparato: CEE

Es el cociente entre la potencia frigorífica total útil y la potencia total absorbida para unas condiciones de funcionamiento determinadas.

Es evidente que este enunciado corresponde a la definición de rendimiento instantáneo; ¿por qué entonces distinguirlo de éste último?

En un sistema frigorífico la potencia total útil es la suma de las correspondientes a una parte del accionamiento eléctrico del aparato que se transforma en calor más la correspondiente al calor transportado desde el sistema a menor temperatura hasta el de mayor temperatura; la potencia absorbida es la del accionamiento eléctrico; el cociente entre ambas será normalmente mayor que la unidad porque el mayor de los componentes de la potencia útil es el correspondiente al calor que se transporta desde una temperatura menor (la correspondiente al espacio a acondicionar) hasta una temperatura mayor (el espacio exterior); éste calor ya existe, no se genera ni se destruye, sólo se transporta y será con gran probabilidad mayor que la potencia correspondiente al accionamiento eléctrico de la máquina.

Para poner de manifiesto esa circunstancia del bombeo de calor que se produce en una máquina frigorífica se acostumbra a denominar a su rendimiento como coeficiente de eficiencia energética.

Coeficiente de Prestación de un sistema: COP

Es la relación entre la energía térmica cedida por el sistema y la energía, de tipo convencional, proveniente de compresores, bombas, ventiladores o sistemas de apoyo, absorbida.

Obsérvese que en la definición se utiliza el término energía, que conceptualmente supone la utilización de una potencia a lo largo de un determinado tiempo.

Para un cálculo previo correcto del COP sería necesario estimar las condiciones de trabajo de la máquina frigorífica(una bomba de calor por ejemplo) a lo largo de la estación de funcionamiento y calcular las energías cedidas y absorbidas.

El cálculo a posteriori, después de un determinado espacio de tiempo, nos daría el valor verdadero del COP. Es admisible, **aunque no real**, que dadas las dificultades existentes para un



cálculo adecuado se admita la expresión del COP como un cociente entre Potencias. Esta forma de expresión del COP es la que utilizan con frecuencia los fabricantes de equipos.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas entrante exige que se indiquen los coeficientes EER y COP individual de cada equipo al variar la demanda desde el máximo hasta el límite inferior de la parcialización, así como el de la central con la estrategia de funcionamiento elegida.

4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO GLOBAL

Regulaciones

Al ser la Demanda de energía de un edificio una curva variable con el tiempo, es necesario ajustar automáticamente el Consumo energético al valor de aquella. Esto es simplemente el objeto de lo que denominamos Sistema de regulación de la Instalación Térmica.

Los sistemas de Regulación deben ajustarse a lo que al respecto marca el Reglamento de Instalaciones Térmicas actual o al que entre en vigor en el futuro.

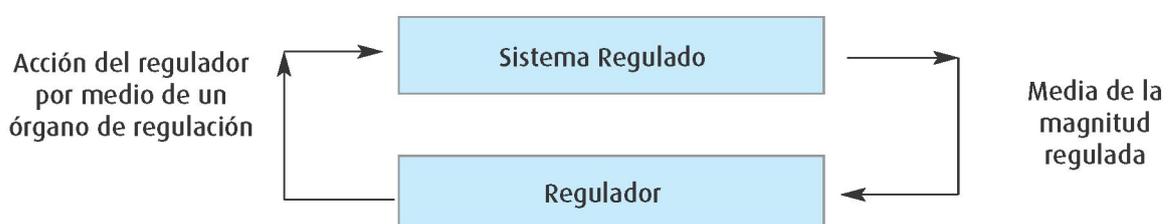
El ajuste de la energía entregada a la instalación y por tanto consumida lo podemos hacer regulando un o varios factores. Los factores controlados usualmente son:

- Temperatura
- Caudal
- Humedad
- Presión
- Velocidad

En el establecimiento de una Regulación es muy importante una correcta elección del Bucle de **Regulación**.

Se consideran dos tipos de Bucle : **Bucle Cerrado y Bucle Abierto**.

La Regulación en **Bucle Cerrado** consiste en hacer actuar un regulador en función de la magnitud regulada. Se utilizará en caso de poder medir la magnitud a regular. El elemento o dispositivo regulador actúa según cual sea la causa de la perturbación.





La Regulación en **Bucle Abierto** consiste en actuar directamente sobre la señal de maniobra de la instalación sin medición directa de la magnitud regulada. A este principio de regulación también se le denomina en cadena abierta o regulación por análisis de tendencia. Se puede utilizar cuando las magnitudes perturbadoras medibles tienen un gran efecto sobre la magnitud regulada, a condición de conocer el efecto causado por estas perturbaciones.



Ejemplo de Bucle Cerrado sería la Regulación de Temperatura de un local climatizado mediante la variación de la temperatura del aire de impulsión en función de la temperatura ambiente o de la de retorno.

Ejemplo de Bucle Abierto sería la Regulación de Temperatura de impulsión del agua de impulsión en un sistema de calefacción en función de la Temperatura exterior.

Podemos clasificar los Reguladores según su sentido de acción como:

- Regulador todo o nada
- Regulador flotante
- Regulador Proporcional (P)
- Regulador Integral (I)
- Regulador Proporcional Integral (PI)
- Regulador Proporcional- Integral- Derivado (PID)

En un Regulador a dos posiciones el elemento de control final se mueve de una posición a la otra según el sentido de la desviación. Se llama Todo o Nada cuando estas dos posiciones son las extremas del recorrido del elemento de control final : abierto y cerrado.

- **El Regulador Flotante** está provisto de un estado de parada intermedia que permite detener el órgano regulador cuando la magnitud regulada está próxima al valor de consigna. Hay por tanto tres posiciones: Desplazamiento hacia el cierre, Parada y desplazamiento hacia la apertura.
- **En el Regulador Proporcional** existe una relación continua, lineal entre el valor de la desviación sobre el valor de consigna y la posición del órgano de regulación dentro de una banda de ajuste llamada proporcional.



- **En el Regulador Integral** la velocidad del órgano de Regulación es proporcional al valor de la desviación. Cuanto mayor sea la desviación mayor será la velocidad del órgano de regulación.
- **En el Proporcional- Integral** con la acción P produce rápidamente una variación grande de la señal de maniobra, después de una variación rápida se obtiene una corrección final más lenta, por la acción Integral.
- **La acción Derivada** se utiliza en unión con la acción proporcional y la Integral. La acción derivada corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de variación de la desviación para que después de una perturbación brusca, la magnitud regulada vuelva lo más rápidamente posible a su valor de consigna.

El R.D. 1027/ 2007 clasifica en 5 tipos , de acuerdo con la capacidad del sistema de climatización para controlar la temperatura y la humedad relativa de los locales, los sistemas de control de las condiciones termohigrométricas.

Temperaturas de funcionamiento

Las temperaturas de funcionamiento, en los diversos aspectos que comentaremos seguidamente tienen una influencia muy importante en la demanda energética y en los rendimientos de las instalaciones. Por ello es fundamental una elección adecuada de los valores de consigna o funcionamiento de las temperaturas.

Como ejemplo diremos que 1 ° C de diferencia en la Tª de diseño interior representa aproximadamente un 4% de ahorro en la energía Demandada en una instalación de Calefacción.

Los captadores solares aumentan su rendimiento cuanto más baja sea la Tª de entrada del agua a ellos.

El rendimiento de las calderas de condensación alcanzan los valores óptimos cuando el agua de retorno alcanza valores suficientemente bajos, como para que se produzca la condensación del vapor de agua contenido en los humos.

Es por tanto muy importante que el proyectista elija cuidadosamente las temperaturas de funcionamiento.



5. INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

5.1 CONCEPTOS CLAVES

Confort y fenómenos fisiológicos

Para que un ambiente pueda considerarse como confortable, en primer lugar debe cumplirse la ecuación del balance térmico; es decir, es necesario que los mecanismos fisiológicos de la termorregulación sean capaces de llevar al organismo a un estado de equilibrio térmico entre la ganancia de calor (de origen ambiental y metabólico) y la eliminación del mismo.

El equilibrio térmico por sí sólo no es suficiente para proporcionar sensación de confort; en efecto, el organismo es capaz de conseguir satisfacer el balance térmico con una gama amplia de combinaciones de situaciones ambientales y tasas de actividad pero sólo una franja estrecha de ellas conducen a situaciones que el propio sujeto determine que son confortables; la experiencia ha demostrado que para que se dé la sensación de confort debe cumplirse, además del equilibrio térmico, que tanto la temperatura de la piel como la cantidad de sudor secretado (y evaporado) deben estar comprendidos dentro de ciertos límites.

La temperatura de la piel y la cantidad de sudor secretado van a estar **influidos por la vestimenta, las características de trabajo, la humedad relativa y la T° radiante**.

Así, la expresión que Fanger llama "**ecuación del confort**" establece la relación que, en situaciones de confort, debe cumplirse entre tres tipos de variables:

- A) **Características del vestido:** aislamiento y área total del mismo.
- B) **Características del tipo de trabajo:** carga térmica metabólica y velocidad del aire.
- C) **Características del ambiente:** temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire.

La inclusión de la velocidad del aire en los apartados B) y C) se debe a considerar que la velocidad efectiva del aire respecto al cuerpo tiene dos componentes: una, la velocidad que tendría el aire respecto al cuerpo y si éste estuviera quieto y otra, la velocidad debida al movimiento del cuerpo respecto al aire tranquilo; la suma de ambos valores es lo que llamaremos velocidad relativa del aire respecto al cuerpo.

Influencia del vestido

Las características térmicas del vestido se miden en la unidad denominada "clo" (del inglés clothing, vestido), equivalente a una resistencia térmica de $0,18 \text{ m}^2 \text{ hr } ^{\circ}\text{C}/\text{Kcal}$; a continuación se indica, para los tipos más usuales de vestido los correspondientes valores de la resistencia en "clo":

Desnudo: 0 clo.

Ligero: 0,5 clo (similar a un atuendo típico de verano comprendiendo ropa interior de algodón, pantalón y camisa abierta).



Medio: 1,0 clo (traje completo).

Pesado: 1,5 clo (uniforme militar de invierno).

Influencia de la humedad relativa

Cuando la humedad difiere del 50 % su influencia en el IMV(Índice de valoración medio: promedio de las calificaciones que se dan para el confort de una situación confortable *) se tiene en cuenta mediante el empleo de gráficos donde se da el factor de corrección por humedad, FH, en función del nivel de actividad, el tipo de vestido y la velocidad relativa del aire.

*Escala Fanger de Calificaciones de sensaciones

- 3 muy frío

- 2 frío

- 1 ligeramente frío

0 neutro (confortable)

+ 1 ligeramente caluroso

+2 caluroso

+3 muy caluroso

Influencia de la Tª radiante

La temperatura radiante media se calcula a partir de los valores medidos de la temperatura seca, la temperatura de globo y la velocidad relativa del aire mediante la siguiente fórmula:

$$TRM = TG + 1,9 \sqrt{V} (TG - TS)$$

Donde:

TRM es la Temperatura radiante media

TG es la Temperatura de globo (medida con un termómetro de globo)

TS es la Temperatura Seca

V es la velocidad relativa del aire en m/s

El nuevo RITE establece las condiciones interiores de diseño (Tª operativa y humedad relativa) para ocupantes con actividad de 1,2 met y grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno (1 met es una actividad metabólica en la que la persona desprenda una energía de 58,2 w / m²).



Zonificación

Podemos definir como **ZONA TÉRMICA** el local o agrupación de locales cuya curva de carga térmica tiene una variación, a lo largo del tiempo, propia e independiente y distinta de la de otros locales o agrupaciones de ellos.

Esa diferenciación, hace que un posible tratamiento común de las cargas térmicas se tradujera inevitablemente en desequilibrios de temperaturas y pérdidas de confort. Esta situación nos lleva a considerar la necesidad de tratamiento independiente para cada una de ellas, entendiendo con tratamiento independiente que las zonas distintas tengan Unidades Terminales Activas específicas.

Este principio de independencia de las zonas llevado al extremo, nos plantearía problemas técnicos de ejecución y económicos por lo que se debe alcanzar un equilibrio entre lo deseable desde el punto de vista de las cargas y lo conveniente desde el económico y de ejecución.

Este equilibrio marcará sin ninguna duda un jalón en la calidad de la instalación, por lo que el proyectista deberá prestar cuidado suficiente para conseguirlo.

Inversión Térmica

Por Inversión Térmica Sucesiva entendemos el paso, en una determinada zona o agrupación de zonas, desde una demanda positiva o negativa a una demanda negativa o positiva respectivamente; es el paso que se da cuando la zona pasa de régimen de verano a régimen de invierno o viceversa.

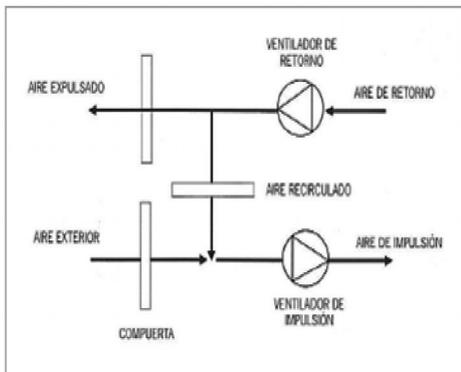
Un tipo distinto de Inversión que se denomina Inversión Simultánea es la que se produce cuando unas zonas presentan por ejemplo, demandas negativas y otras, simultáneamente, demandas positivas.

Puede darse el caso de que ambas se presenten conjuntamente.

Cuando el edificio presenta inversión de alguna de las dos formas referidas, la instalación deberá tener la posibilidad de reaccionar ante ella, suministrando simultáneamente el tratamiento para ambos tipos de carga e incluso siendo capaz de aprovechar la energía liberada en unas de las zonas para tratar las otras.

Enfriamiento gratuito

En determinadas ocasiones puede darse el caso de que las cargas de un local puedan ser compensadas total o parcialmente por el aire exterior, que tendrá unas condiciones de T^a y humedad suficientes para conseguirlo.



Este efecto recibe el nombre de **Enfriamiento Gratuito** y, a partir de valores predeterminados de caudales de tratamiento, el proyectista tiene la obligación de diseñar la instalación para conseguirlo.

El nuevo RITE es más exigente que el anterior en cuanto al enfriamiento gratuito, ya que aquél requiere que se ejecute para potencias superiores a 70 kW., mientras que éste sólo lo requería para instalaciones con caudales mayores de 3 m³ /s. que representan potencias mucho mayores.

Fraccionamiento de potencia

La curva de carga de un edificio presenta, como hemos tenido ocasión de ver, una variación de la demanda a lo largo del tiempo.

Si el aporte de energía para compensar la carga no pudiera tener la misma posibilidad de variación, se nos produciría también un desequilibrio con la consecuencia que las temperaturas de confort alcanzarían valores por encima o por debajo de las de diseño.

En el caso de generación de calor el nuevo Reglamento establece que si la potencia nominal a instalar es mayor de 400 kW se instalarán dos o más generadores y si es igual o menor que 400 kW y suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria se podrá emplear un único generador siempre que la potencia demandada por el A.C.S. sea igual o mayor que la potencia del primer escalón del quemador. Se podrán adoptar soluciones distintas siempre que se justifique técnicamente la equivalencia desde el punto de vista de la eficiencia energética.

En el caso de generación de frío el número de generadores será tal que se cubra la variación de la demanda del sistema con una eficacia próxima a la máxima que ofrecen los generadores elegidos y podrá hacerse escalonadamente o con continuidad.

El ajuste de los aportes energéticos a la demanda debe ser estudiado cuidadosamente ya que los fraccionamientos presentan diferentes rendimientos según las potencias de escalonamiento elegidos. Por ejemplo, la adopción de dos generadores de calor de potencia igual al 50% de la Potencia demandada, tendrá menos eficiencia energética que la elección de dos generadores de potencia 33% y 66%, respectivamente de la Potencia total, debido a que el ajuste de la generación a la demanda es mejor en la segunda situación que en la primera.



5.2 TIPOS DE INSTALACIONES

Es conveniente acudir a la Norma UNE 100 000 para determinar exactamente los términos de instalación unitaria, individual, colectiva y centralizada.

- **Instalación Unitaria:** Aquella en la que la producción de frío y/o calor es independiente para cada local. Caso de estufas, acumuladores eléctricos, convectores, aparatos de ventana etc. Puede tener importancia su consideración en zonas en que, por sus valores climáticos en invierno, la aplicación de sistemas de acumulación de energía eléctrica tiene ventajas económicas para el usuario; aunque energéticamente no sea rentable para la comunidad.
- **Instalación Individual:** Aquella en que la producción de frío o de calor es independiente para cada usuario. Están siendo profusamente utilizadas en la actualidad, por las ventajas que tienen en aspectos que no son evidentemente los rendimientos energéticos o los costes para un mismo nivel de confort.
- **Instalación centralizada:** Aquella en la que la producción de calor y/o frío se realiza en una central desde la cual se transporta la energía térmica a diversos subsistemas o unidades terminales por medio de un fluido caloportador.
- **Instalación colectiva:** Es una instalación centralizada en la que la producción de frío y/o calor sirve a un conjunto de usuarios dentro de un mismo edificio.

5.2.1 Clasificación de los sistemas de climatización en función de las características del lazo primario

A continuación se procede a la descripción de los sistemas de climatización en función del tipo de producción de los efectos de calefacción y de refrigeración.

Por lazo primario entendemos el conjunto de elementos para la producción y distribución del efecto de calefacción o refrigeración. Por lazo secundario, el de los elementos para el aprovechamiento del fluido calorífero para calentar o refrigerar el aire del ambiente a climatizar. Es también frecuente separar, en el lazo primario, el sistema de producción o generación, del sistema de transporte, para realizar clasificaciones en función de ambos.



5.2.1.1 Generación de calor por calderas de combustión

Es uno de los métodos más eficaces, tal vez el que más, para producir calor.

Consideraciones desde el punto de vista de rendimiento

Se acepta que las instalaciones centralizadas tienen un rendimiento mayor que las individuales. Hay que distinguir entre rendimiento instantáneo y el rendimiento estacionario tal como se ha indicado anteriormente.

Los rendimientos superiores al 100 % (respecto al PCI) se obtienen cuando se utiliza agua a T^a suficientemente baja para permitir que la T^a de los humos sea suficientemente baja como para producir la condensación del vapor de agua y extraer así su calor latente. Se logra con calderas especiales de "condensación".

La caldera de condensación debe utilizarse en instalaciones que funcionen a baja T^a que es cuando obtienen mayor rendimiento; en caso contrario no se alcanzan rendimientos superiores a las convencionales.

El nuevo Reglamento incentiva la utilización de calderas de combustión de biocombustibles sólidos o biomasa, al disminuir para ellas las exigencias de rendimientos y de eliminar las de fraccionamiento de potencia.

Consideraciones desde el punto de vista medioambiental

El Gas Natural produce aproximadamente un 25% menos de CO₂ que los gasóleos. Ambos son los combustibles más utilizados en calderas de combustión.

De acuerdo con el nuevo RITE, las calderas de combustión de tipo atmosférico quedan prohibidas a partir del 1 de enero de 2010.

5.2.1.2 Generación de calor por Bomba de Calor

La Bomba de Calor, como su nombre indica, transporta calor desde un foco frío a un foco caliente. La expresión teórica del COP de una Bomba de Calor viene dada por el cociente entre la T^a del foco frío y la diferencia entre la T^a del foco caliente y la del frío (Temperaturas absolutas).

$$\text{COP} = T_{\text{ff}} / T_{\text{fc}} - T_{\text{ff}}$$

Si se tratara de una bomba de calor aire-agua que trabajara con un aire exterior a 1° C, y con una temperatura de evaporación de -3 °C, que produjera un calentamiento del agua desde 39 a 44 °C para una T^a de condensación de 47 °C calcularíamos un COP teórico de COP = 5,402. Para esta bomba de calor podríamos obtener unos datos, en el catálogo del fabricante, de potencia calorífica cedida de 600 kW y una absorbida de 217 kW, lo que significa un COP real de 2,76.



El primero de los COP expresado corresponde al ciclo teórico y por tanto imposible de alcanzar. El segundo es real pero instantáneo, por lo que no puede tener en cuenta las condiciones reales en las que la máquina va a trabajar y por tanto puede ser representativo pero tampoco va a ser completamente cierto.

El proyectista de un sistema con bomba de calor deberá tener un exquisito cuidado con el valor de COP estimado y en consecuencia el valor estimado de la energía que puede proporcionar la máquina.

Finalmente hay que significar que una bomba de calor no consume menos energía primaria que una caldera. Una caldera va a quemar combustibles líquidos o gaseosos con un rendimiento bastante bueno, mientras que una bomba de calor consume energía eléctrica producida con bastante probabilidad con un rendimiento bastante menor. Solamente en casos de producción por cogeneración o trigeneración, podríamos hablar de rendimientos finales equiparables.

5.2.1.3 Energías alternativas en producción de calor

Por lo que respecta a las energías alternativas como susceptibles de utilizarlas en climatización es preciso decir que tienen un encaje difícil. En cualquier caso, en la casi totalidad de las ocasiones deberán emplearse con una energía convencional de apoyo.

En los últimos tiempos se está desarrollando, fundamentalmente en viviendas unifamiliares, la utilización de bombas de calor tierra- agua y tierra-aire; las primeras de ellas se utilizan para producir agua a baja temperatura y utilizarla en suelos radiantes.

5.2.1.4 Refrigeración por el ciclo de compresión

Por lo que respecta a la producción de frío el ciclo de compresión de vapor es el mayoritariamente utilizado. De los ciclos que podrían utilizarse comercialmente es el que más se aproxima al ciclo de Carnot, que como sabemos es el ciclo termodinámico de mayor rendimiento teórico. La problemática actual fundamental de éstos equipos es la elección de un refrigerante respetuoso con la capa de ozono.

5.2.1.5 Refrigeración por ciclo de absorción

Aunque es conocido con anterioridad al de compresión, su utilización es muchísimo menor, por su COP mucho más bajo y porque el mantenimiento de las máquinas presenta unas mayores dificultades. El Reglamento de Instalaciones de Calefacción anterior al actual RITE exigía para éstas máquinas unos rendimientos difíciles de alcanzar.

Debe advertirse que su aplicación será únicamente rentable sólo en caso de utilizar calores residuales o provenientes de energía solar térmica.



5.2.1.6 Cogeneración y trigeneración

Por cogeneración entendemos la producción de energía eléctrica con el aprovechamiento del calor residual, obtenido en aquella, bien en sistemas de calefacción o bien para producir calor y frío en cuyo caso hablaremos de trigeneración.

También en éste caso como en el COP de las bombas de calor es preciso aquilatar muy bien las prestaciones reales, porque en caso contrario los análisis de rentabilidad podrán resultar falsos.

5.2.2 Clasificación de los sistemas de climatización en función de las características del sistema de transporte

5.2.2.1 Sistemas con agua como caloportador

Es el fluido más utilizado; es fácil y barato de transportar. Puede presentar problemas de corrosión o incrustación, por lo que es preciso cuidar la elección del tipo de tubería. La amplia experiencia que se tiene de su utilización y su facilidad de mantenimiento, hacen que sea un sistema de transporte de energía calorífica que haya que considerar siempre con carácter prioritario.

El vapor de agua y el agua sobrecalentada están prácticamente descartados salvo en aplicaciones singulares y concretas.

A veces en función de las condiciones exteriores puede ser necesario la adición de sustancias anticongelantes tales como el etilen-glicol.

5.2.2.2 Sistemas de aceites térmicos

Se utiliza en instalaciones industriales. Se utilizan cuando se necesitan temperaturas elevadas sin necesidad de alcanzar presiones también elevadas. Su elevada viscosidad hace que los costes de bombeo sean mayores que con el agua.

5.2.2.3 Sistemas de aire

El transporte por aire se utiliza para instalaciones medianas o pequeñas y a veces hay que recurrir a velocidades elevadas para conseguir caudales suficientes, con una posterior reducción de la velocidad.

Si utilizamos aire como medio de transporte estaremos ante un sistema caro, con problemas de ruidos, de pérdidas de calor, de utilización de espacios, etc., a veces difícil



de equilibrar cuando haya ramas diferentes, y por tanto no es un medio adecuado como transporte de calor.

En sentido contrario, la probable situación de los equipos principales en salas de máquinas permite su mejor explotación y mantenimiento; pueden incorporarse sistemas de recuperación de calor con relativa facilidad y de enfriamiento gratuito.

5.2.3. Clasificación de los sistemas en función del sistema de aprovechamiento del frío o del calor en el lazo secundario

5.2.3.1 Sistemas Todo Aire

Es un sistema muy utilizado. En un sistema todo aire se utiliza el fluido para compensar tanto las cargas sensibles como latentes. Podrán encontrarse sistemas de caudal constante o variable, con velocidades bajas, medias o altas. En un sistema todo aire, las cargas, tanto sensibles como latentes, son compensadas mediante las condiciones de T^a y humedad del aire impulsado.

Como **ventajas** de este sistema podemos considerar su flexibilidad para proyectar una distribución óptima del aire y su adaptación a las variaciones de carga, así como a situaciones que requieran humidificación en invierno. La posibilidad de efectuar un amplio número de recirculaciones a través de la unidad de tratamiento, permite conseguir una buena calidad del aire interior. Es también una ventaja del sistema la utilización fácil del “enfriamiento gratuito” y de “recuperadores de calor”. Finalmente podemos también destacar la posibilidad de división de la instalación en zonas y de un cambio estacional fácil y sencillo.

Los mayores **inconvenientes** son la dificultad que se encuentra muchas veces para el trazado de conductos y para un equilibrado correcto de presiones, en grandes instalaciones, lo que puede producir una incorrecta distribución de aire y por tanto una incorrecta compensación de la carga.

Una variante muy importante de los sistemas todo aire son los denominados de caudal variable que tienen como fundamento la circunstancia de que el sistema funcione en un elevado porcentaje de tiempo por debajo del 100 % de la potencia de cálculo, por lo que no es necesario que los ventiladores trabajen con el 100 % del caudal nominal.

En el denominado “verdadero” VAV (caudal de aire variable), se compensa con una instalación de calefacción las pérdidas de zonas perimetrales (si son las únicas que las tienen) y la instalación VAV proporciona frío, con un caudal de aire variable para



compensar las ganancias de calor variables de zonas interiores. Con estos sistemas puede preverse el cierre total de zonas desocupadas y se puede aprovechar al máximo la falta de simultaneidad de las cargas máximas. Por el contrario hay que tener especial cuidado con la distribución de aire (relación de inducción de difusores, alcances con los caudales mínimos, etc.) y con la elección de ventiladores.

La difusión, en los VAV, es tal vez la parte que más ha de cuidar el proyectista ya que al ir disminuyendo la carga- hasta llegar a ser muy pequeña o nula- hay que disminuir también el caudal de aire que se inyecta en los locales. Cuando se trata de aire frío, el chorro de salida puede provocar corrientes molestas y además puede ocurrir que el sistema de regulación del difusor de aire no admita bajar de un caudal menor del 30% del caudal máximo, produciéndose un mal funcionamiento del mismo en caso contrario.

5.2.3.2 Sistemas Agua - Aire

Estos sistemas combinan el efecto refrigerante del agua y del aire en las unidades terminales instaladas en los espacios a acondicionar. El agua y el aire se enfrían o se calientan en centrales de producción de frío o de calor.

Se incluyen aquí los **sistemas de inducción y de fancoils con aire de ventilación** y los de paneles radiantes con ventilación. Si no existiera el aire de ventilación, los sistemas de fancoils o de paneles serían “Todo Agua”.

Tiene como **ventajas** un buen control individualizado de temperatura, un menor espacio necesario que los sistemas todo aire y que el local puede calentarse mediante el circuito de agua, sin utilizar la potencia del sistema de ventilación.

Como **inconvenientes** encontramos que estos sistemas se suelen utilizar para acondicionamiento del perímetro, teniendo que utilizar otros sistemas para otras zonas. Además el rendimiento de las unidades terminales, disminuye por la falta de limpieza o uso de filtros inadecuados.

Fancoils

Están constituidos por filtro, motor, ventiladores o ventilador y baterías. Los filtros de fancoil, al no poder imponer una resistencia considerable al paso del aire, no son de muy buena efectividad. Los tamaños más pequeños de fancoil tienen un solo ventilador, para tamaños mayores es muy corriente que tengan dos; siendo una parte esencial del aparato. Los fancoils pueden tener una o dos baterías (a dos tubos o a cuatro tubos) y hay que tener muy en cuenta las pérdidas de carga manifestadas por el fabricante, puesto que en alguna ocasión pueden ser elevadas.



El control de la potencia proporcionada por el aparato puede realizarse :

- a) Consiste en un termostato “todo- nada” que detiene la marcha del ventilador cuando se alcance la temperatura deseada.
- b) También con un termostato “todo- nada” se manda una válvula que interrumpe el paso del agua por la batería.
- c) Un termostato proporcional actúa sobre una válvula modulante. La potencia suministrada es fácilmente regulable y se puede diseñar una regulación PID, que proporcione una regulación muy buena.

Inductores

De aspecto exterior similar al fancoil, constan de un pleno por la que se impulsa el aire primario a presión relativamente alta; desde el plenum pasa por unas boquillas de sección pequeña que crean una depresión, la cual permite recoger el aire del local y hacerlo pasar por la batería para enfriarlo.

Realmente es una instalación que en la actualidad es difícil ver.

5.2.3.3 Sistemas Todo Agua

Los sistemas todo agua más utilizados son :

- Radiadores o convectores
- Paneles radiantes de suelo o techo
- Fancoils sin aire exterior

Las ventajas de estos sistemas son que ocupan menor espacio que los de aire; permiten utilizar para el caso de calefacción mediante fan-coils o paneles radiantes temperaturas de agua más bajas (lo que permite el empleo adecuado de recuperadores de calor) y en edificios habitados es más fácil de instalar una red de tuberías que de conductos.

Como desventajas podemos señalar que las unidades de refrigeración que trabajan a bajas temperaturas requieren una bandeja de condensación equipada con desagüe.

Por lo que respecta a los paneles radiantes hay que decir que en el caso de calefacción transmiten más de 50% de su potencia calorífica por radiación. La transferencia de energía radiante depende de :

- T° de superficies (emisoras y receptoras)
- Emisividad de superficie radiante
- Reflectancia, absorptancia y transmitancia del receptor
- Angulo sólido entre la superficie emisora y receptora



En el caso de paneles para refrigerar es preciso significar que cuando se trata de suelos fríos, no pueden cubrirse de ninguna forma con alfombras o moquetas, ni por entarimados y que sin embargo la T° fría del suelo, que no debe pasar por debajo de los $12^{\circ} C$, puede resultar más molesta que una T° de $29^{\circ} C$ en el caso de un suelo caliente.

Los techos fríos tienen mayor eficacia que los suelos fríos para compensar las cargas caloríficas.

5.2.3.4 Sistemas de distribución de Frigorígenos

Son los sistemas que utilizan como fluido caloportador, los gases frigorígenos.

Actualmente tales sistemas se aplican en los sistemas autónomos, y los split y multi-split; en éste último caso los sistemas VRV, que permite regular el caudal de refrigeración que llega a las unidades interiores, permiten obtener elevados valores de los rendimientos.



6. CÓDIGO TÉCNICO

El Código Técnico de la Edificación es “el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la Disposición adicional segunda de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE). Tales exigencias básicas, cuyo concepto se ha explicado anteriormente en el apartado ANTECEDENTES, vienen siendo ya establecidas, incluso con anterioridad a la LOE, en la Directiva de Productos de la Construcción.

El CTE establece dichas exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de “seguridad estructural”, “seguridad en caso de incendios”, “seguridad de utilización”, “higiene, salud y protección del medio ambiente”, protección contra el ruido” y “ ahorro de energía” , establecidos en el artículo 3 de la LOE y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas”.

No obstante, como ya se ha indicado anteriormente, el CTE permite el que se ha denominado **enfoque prestacional**, por el cual se pueden utilizar otros procedimientos que no sean los indicados en él, siempre que se alcance el cumplimiento de las exigencias mínimas.

El Código Técnico, dentro del conjunto de Normativa sobre la edificación prácticamente omni-comprendivo que representa, incluye como uno de sus Documentos Básicos el de Ahorro de Energía HE, que está compuesto por las secciones HE1 dedicada a la Demanda Energética de los Edificios, la HE2 que es el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas, la HE3 dedicada a la Eficiencia Energética en la Iluminación, la HE4 Contribución Solar mínima de Agua Caliente Sanitaria y la HE5 Contribución Fotovoltaica Mínima de Energía Eléctrica.

El Objetivo del Requisito Básico “Ahorro de Energía” consiste en conseguir un uso racional de la Energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo. Algunas estimaciones (ver codigotecnico.org) sitúan el posible ahorro de energía para climatización, en los Edificios objeto del Código entre un 20% y un 25% respecto a la situación anterior.

El Código Técnico, como en todos sus Documentos Básicos, determina para el Documento Básico HE, unos requisitos básicos que se concretan en unas **exigencias básicas** para cada una de sus Secciones.

En la Sección HE1 “Limitación de la Demanda Energética”, en su apartado 2, se establecen las siguientes **exigencias básicas**:

- Limitación de la Demanda Energética.
- Limitación de las Condensaciones Superficiales e Intersticiales.
- Limitación de la permeabilidad de las carpinterías de huecos según zonas climáticas.



Dichas exigencias se cuantifican en el mismo apartado y para el cumplimiento de las mismas puede optarse por la **Opción Simplificada** o por la **Opción General** para determinadas condiciones de aplicación.

En la Opción Simplificada la limitación de la Demanda se considera cumplida mediante, primero, el establecimiento de valores límites de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado de los componentes de la envolvente térmica.

La limitación de los parámetros característicos tiene dos aspectos :

1. Por un lado se consideran los parámetros medios de los cerramientos y particiones interiores. En éste caso los valores hallados de los parámetros medios, tanto para locales de baja carga interna como para los de alta carga, serán inferiores a los marcados en las correspondientes tablas de la HE 1. En el caso de transmitancias de muros, de huecos o del factor solar modificado, la comparación entre los valores medios del proyecto y los de la Tabla 2.2 se realizará para cada orientación.
2. En segundo lugar, también en la Opción simplificada, la comprobación de la limitación de las condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{rsi} y el factor de temperatura f_{rsi} mínimo que se prescriben en la tabla 3.2 de la sección HE1.

Y finalmente, en la misma opción, se considerarán válidos los huecos y lucernarios de las clases 1, 2, 3, y 4 para las zonas climáticas A y B y los de las clases 2, 3, y 4 para las zonas climáticas C, D y E .

En la Opción General se realiza una evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse siempre que el edificio en estudio no presente soluciones constructivas que impidan que puedan ser introducidas en los programas informáticos. Así como la Opción Simplificada representa el enfoque **PRESCRIPTIVO** de la Norma, la Opción General representa el enfoque **PRESTACIONAL**.

Para el desarrollo y verificación de la Opción General se formaliza a través de un Programa Informático oficial o de referencia. La versión oficial de ese programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE.

No obstante, cualquier otro programa que desarrolle un método de cálculo para el desarrollo de la Opción General, puede ser aceptado como procedimiento válido con la condición de que haya sido previamente validado con el procedimiento que se establezca obteniendo el rango de Documento Reconocido.



Recordamos que el CTE **define como Documentos Reconocidos** los Documentos Técnicos, sin carácter reglamentario, que cuenten con el Reconocimiento del Ministerio de Vivienda que mantendrá un Registro público de los mismos.

Uno de los Documentos Reconocidos que pudieran ser más interesante es el que incluyera los materiales, y las características de los mismos, que se puedan utilizar para la realización de cerramientos y particiones interiores de los edificios.

6.1 COMPOSICIÓN DE LOS PROYECTOS. SEGUIMIENTO DE OBRAS

Por lo que se refiere a la realización de los Proyectos, el Código Técnico impone como condiciones de proyecto:

- La información sobre las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen en el edificio proyectado (cuestión muy importante a la hora de determinar los parámetros característicos).
- Indicación de las verificaciones y controles a realizar para comprobar la conformidad con el proyecto de las unidades de obra.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio para comprobar las prestaciones finales del edificio.
- Las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado (aspectos a los que el CTE da gran importancia en todos los Documentos Básicos).

Desde el punto de vista de un proyecto afectado por el Documento HE se debe destacar que se precisa una descripción completa y exhaustiva de las características de los cerramientos del edificio proyectado.

En determinados casos, y con el fin de asegurar su suficiencia, los Documentos Básicos del Código Técnico establecen las características técnicas de productos que se incorporen a los edificios, sin perjuicio del Marcado CE que les sea aplicable.

En cualquier caso, cuando en Proyecto se determine algún tipo de producto habrá que asegurarse de su Certificación o Certificaciones CE (el producto puede requerir más de una certificación).

Los Productos que deben contar con la Certificación CE son todos aquellos que tengan incidencia sobre los requisitos esenciales de los edificios y las obras de ingeniería civil que marca el Código Técnico y que se citan seguidamente:



- Seguridad estructural
- Seguridad en caso de incendio
- Seguridad de utilización
- Higiene, Salud y Protección del Medio Ambiente
- Protección contra el ruido
- Ahorro de Energía y Aislamiento Térmico

No obstante, existen Productos que no necesitan certificación CE y son los que considere la Comisión de la Comunidad Europea como de escasa incidencia sobre los requisitos esenciales mencionados. Estos tendrán una declaración del fabricante de conformidad con “las buenas prácticas de fabricación”.

Los Certificados CE de productos de la construcción, que permitirán poner el marcado CE en un producto podrán realizarse en base a:

- **Norma Armonizada** que es una Norma establecida por organismos europeos de normalización de acuerdo con mandatos conferidos por la Comisión de la CE con arreglo a los procedimientos establecidos en la Directiva de Productos o bien por **Norma transposición de Norma Armonizada** que es una Norma nacional de un estado miembro de la Comunidad Europea que sea transposición de una Norma Armonizada. O también mediante:

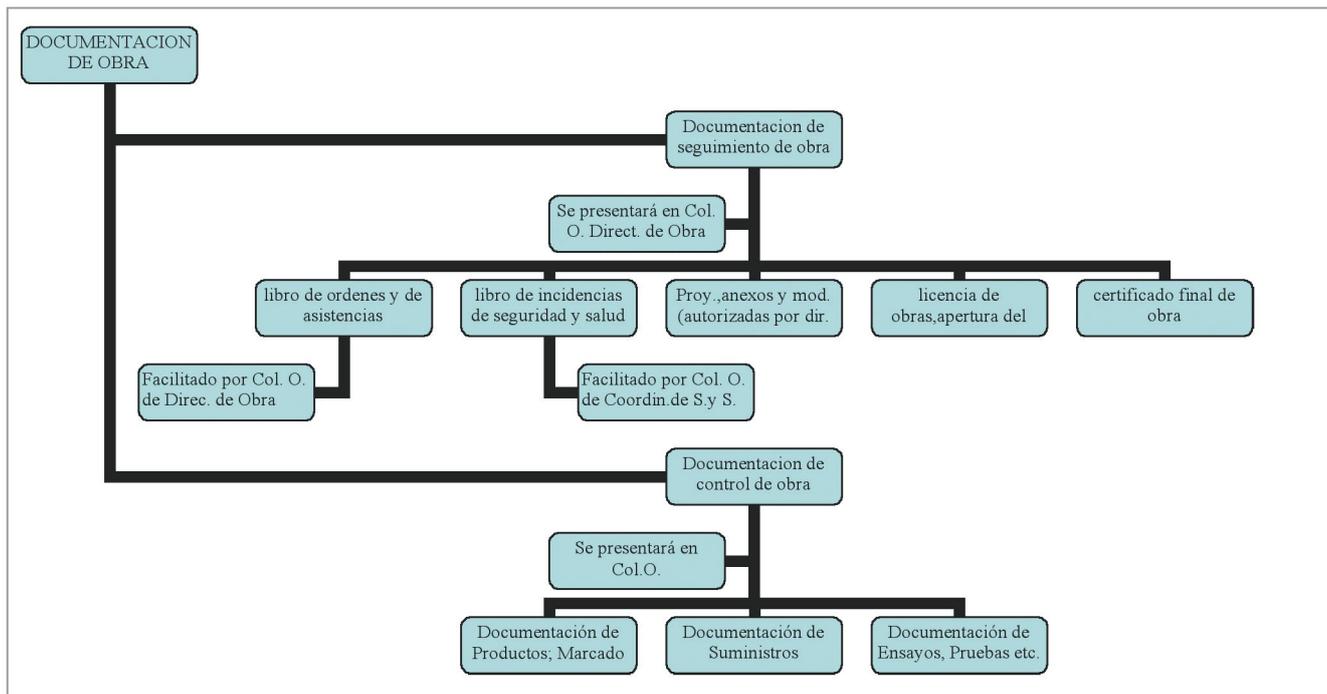
- **Documento de Idoneidad Técnica Europeo (DITE):** Evaluación técnica favorable de la aptitud de un producto para el uso asignado, concedida por alguno de los organismos autorizados a tal efecto, fundamentada en el cumplimiento de los requisitos esenciales previstos para las obras en las que éste producto se utiliza. El DITE se solicitará por el fabricante o su representante ante uno de los organismos habilitados a tal fin. El DITE sirve como documento de referencia para el mercado CE del producto.

MARCADO CE: El marcado CE colocado sobre un producto significa, de acuerdo con la Decisión del Consejo 90/683 modificada por la 93/465, que el producto cumple con todas las directivas que le sean aplicables y que por supuesto cada una de las Certificaciones CE que haya obtenido se han llevado a cabo de acuerdo con alguna de las normas anteriores.

Por lo que respecta al seguimiento de la obra hay que resaltar que el CTE hace recaer sobre los Directores de Ejecución la responsabilidad del control de ejecución de cada unidad de obra, verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como de las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.



La Documentación del seguimiento del control de la obra, recogida por el Director de Ejecución o por el Constructor y entregada a su vez al Director de Ejecución, será depositada por éste en el Colegio Oficial correspondiente, el cual emitirá Certificaciones de su contenido a quienes tengan interés legítimo.





7. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

La Directiva 2002/91 relativa a la Eficiencia Energética de los edificios establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética. Este certificado deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y compara su eficiencia energética.

El R.D. 47/ 2007 transpone la citada Directiva y establece el Procedimiento Básico para el cálculo de la Calificación de eficiencia energética y las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados.

La Directiva y el R.D. son la continuación lógica del Código Técnico, en la parte correspondiente al Documento Básico HE, añadiendo una intensificación de sus enfoques energético y medio ambiental y conservando el enfoque actual de las Directivas Europeas de permitir el cumplimiento de la normativa bien por la vía “prestacional”, bien por la prescriptiva. También, como en el CTE, se establecen los Documentos Reconocidos, como instrumento o herramienta para facilitar el cumplimiento del Procedimiento Básico que se establece en el R.D. de Certificación Energética.

El procedimiento de Certificación es de aplicación a edificios de nueva construcción y a modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1000 m² , donde se renueve más del 25 % de sus cerramientos. Esto con carácter general ya que hay excepciones como las de edificios o monumentos protegidos oficialmente o de particular valor arquitectónico o histórico, o los edificios destinados al culto, o edificios industriales o agrícolas o las construcciones provisionales con plazo de utilización menor de dos años. Tampoco están afectados por la Certificación, las edificaciones que deban permanecer abiertas, las de superficie útil inferior a 50 m² o los de escasa entidad constructiva, sin carácter residencial o público.

En éste certificado de eficiencia energética y mediante una etiqueta se asignará a cada edificio una Clase Energética de Eficiencia, que variará desde la clase A para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Como el citado R.D. utiliza conceptos que pueden parecer similares entre sí y prestarse a confusión, damos a continuación algunas de las definiciones del R.D.47 / 2007 tratando de clarificarlas y señalando sus características más importantes.

Eficiencia Energética de un edificio

Es el consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

A esta definición es necesario añadirle de inmediato la de **Calificación de eficiencia energética de un edificio**.



Calificación de eficiencia energética de un edificio

Es la expresión de la Eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

El Real Decreto distingue las Certificaciones y los Certificados en fase de proyecto y en edificio terminado. Denominando **Certificación** al **Proceso** por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética bien en el caso del proyecto o bien con la del edificio terminado de acuerdo con la de proyecto y **Certificado** a la **Documentación** suscrita bien por el Proyectista o bien por el Director de Obra en la que se incluye la Calificación de Eficiencia Energética señalada en la escala de eficiencia que se marca en el R.D. 47/2007.

El proceso de Certificación, con la emisión del correspondiente certificado es un proceso complejo que considera los aspectos de consumos en calefacción, refrigeración, ventilación, consumo de A.C.S., iluminación..; además de tener en cuenta los aportes de los sistemas solares activos o los de cogeneración.

En base a esa complejidad en la norma se establece el Control Externo que puede funcionar efectivamente como control de las Certificaciones de Proyectista y de Director de Obra o bien como cooperador de éstos para la realización de certificaciones y certificados. Las comunidades autónomas deberán establecer el alcance del control externo así como el procedimiento para realizarlo.

Para el Cumplimiento de R.D. por la vía prestacional está reconocido como programa informático de referencia, el Programa CALENER, aunque naturalmente podrán validarse y obtener la consideración de Documento Reconocido otros programas que cumplan con las condiciones establecidas.

Este programa cuenta con dos versiones:

- CALENER_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- CALENER_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER.

Finalmente es importante señalar que la calificación energética obtenida quedará reflejada en la **Etiqueta Energética** que deberá ser incluida en toda oferta, promoción o publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio.



También es importante señalar que el Certificado de Eficiencia Energética del Edificio terminado se incorporará al Libro del Edificio.

Calificación de Eficiencia Energética en Edificios Proyecto/Edificio Terminado	
Más	
Menos	
Edificio:	_____
Localidad/zona climática:	_____
Uso del Edificio:	_____
Consumo Energía Anual:	_____ kWh/año
(_____ kWh/m ²)
Emisiones de CO₂ Anual:	_____ kgCO ₂ /año
(_____ kgCO ₂ /m ²)
<i>El consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. El consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de la operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i>	



8. RELACIÓN DE NORMATIVA

NORMATIVA QUE AFECTA DIRECTAMENTE A LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RELACIONADA POR RANGO Y FECHA)

Ley 38/1999, de 05-11-1999, de ordenación de la edificación.

Real Decreto 47/2007, de 19-01-2007, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Real Decreto 314/2006, de 17-03-2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Real Decreto 312/2005 de 18-03-2005, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

Real Decreto 865/2003 de 04-07-2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. (RITE).

Real Decreto 1627/1997, de 24-10, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Real Decreto 1328/1995 de 28-07-1995, por el que se modifica, en aplicación de la Directiva 93/68/CEE, las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, aprobadas por Real Decreto 1630/1992, de 29-12.

Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, por el que se establecen las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativas a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo.

Real Decreto 1630/1992 de 29-12 por el que se dictan las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción en aplicación de la Directiva 89/106/CEE.

Real Decreto 1627/1997, de 24-10, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.



Relación de Normativa

Decreto 462/1971, de 11-03-1971, por el que se dictan normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación.

Orden PRE/2118/2007, de 13-07-2007, por la que se da publicidad al Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se adoptan medidas de ahorro de energía en los edificios de la Administración General del Estado.

Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

Orden ECO/3888/2003, de 18-12-2003, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros de 28-11-2003, por el que se aprueba el Documento de Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012.

Orden de 21 de junio de 2000 por la que se modifica el anexo de la Orden de 10 de febrero de 1983 sobre normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

Orden de 10 de febrero de 1983, sobre normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores, de calefacción por medio de fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

Orden 02-03-1982 por la que se prorroga el plazo concedido en la Orden 09-04-1981 ("Boletín Oficial del Estado" del 25) en cuanto a homologación de paneles solares.

Orden 09-04-1981 por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a sus propietarios, en desarrollo del artículo 13 de la Ley 82/1980, de 30-12, sobre conservación de la energía.

Orden 28-01-1972 por la que se regula el certificado final de Dirección de obras.

Orden 17-07-1971 de modificación de la Orden 09-06-1971, de normas sobre el Libro de órdenes y asistencia en obras de edificación.

Orden 09-06-1971 de normas sobre el Libro de órdenes y asistencia en obras de edificación.



NORMATIVA RELACIONADA CON INSTALACIONES CONEXAS A LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

(RELACIONADA POR RANGO Y FECHA)

Real Decreto 616/2007, de 11-05-2007, sobre fomento de la cogeneración.

Real Decreto 661/2007, de 25-05-2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Corr.err. Real Decreto 661/2007, de 25-05-2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Real Decreto 1663/2000 de 29-09 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Orden ITC/1522/2007, de 24-05-2007, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.

Corr.err. Orden ITC/1522/2007, de 24-05-2007, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.

Orden 28-01-1972 por la que se regula el certificado final de Dirección de obras.

Orden 17-07-1971 de modificación de la Orden 09-06-1971, de normas sobre el Libro de órdenes y asistencia en obras de edificación.

Orden 09-06-1971 de normas sobre el Libro de órdenes y asistencia en obras de edificación.

Resolución 31-05-2001 por la que establece el modelo de contrato y tipo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

