

# LOS NUEVOS REQUISITOS DE AHORRO DE ENERGÍA PARA REDUCIR LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE LOS EDIFICIOS EN ESPAÑA.

## CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Servando Alvarez, José Luís Molina, Ramón Velázquez

Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla

Camino de los Descubrimientos s/n 41092 Sevilla

El Código Técnico de la Edificación es un conjunto de normas que deberán cumplir los edificios con el objetivo de mejorar su calidad. Fijará los requisitos mínimos en cuanto a condiciones acústicas, térmicas, estructurales etc., tanto de los materiales como de las instalaciones, que deberán tener los edificios.

El presente artículo se centra únicamente en la parte relativa a la modificación de la antigua NBE-CT que está ligada al requisito AHORRO DE ENERGÍA del Código Técnico de la Edificación dentro de la exigencia de Demanda Energética y que en adelante se denominará CTE-DE.

El artículo comienza con un resumen de la NBE-CT-79. A continuación se comentan el alcance, la aplicabilidad y los aspectos más significativos de las dos opciones de cumplimentación: la denominada Opción Prescriptiva o método simplificado de aplicación manual y la Opción Prestacional que se implementa a través de un programa informático. De cada opción se incluyen la información, los documentos y las herramientas disponibles para el usuario.

## 1 INTRODUCCIÓN

En relación con las demandas energéticas de calefacción y refrigeración el Código Técnico de la Edificación establece explícitamente las siguientes exigencias:

- Los *cerramientos* deben construirse de tal forma que la *demanda energética anual* del edificio, necesaria para alcanzar el *bienestar térmico*, debe estar limitada adecuadamente, en función de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.
- La contribución de los cerramientos a la demanda energética del edificio se determinará teniendo en cuenta sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.

El reglamento será de aplicación en todo tipo de edificios de nueva planta. Se excluyen del campo de aplicación aquellas edificaciones de nueva planta que por sus características de utilización deben permanecer abiertas.

De los edificios para los que el reglamento es aplicable, son objeto del mismo aquellos elementos constructivos de los espacios habitados y no habitados que están en contacto directo con el ambiente exterior (ya sea el aire o el terreno) o en contacto con espacios no habitables.

## 2 LA NBE-CT-79

El antecedente directo del CTE-DE es obviamente la NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios, en la que se postulaba “una adecuada construcción de los edificios para hacer frente a los problemas derivados del encarecimiento de la energía”.

Esta “adecuada construcción” se plasmaba en unas condiciones térmicas exigibles a los edificios en cuatro niveles:

1. Transmisión global del calor a través del conjunto del cerramiento (materializada en el  $K_G$ )
2. Transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, definida por sus coeficientes  $K$ .
3. Comportamiento higrotérmico de los cerramientos.
4. Permeabilidad al aire de los cerramientos.

La cuestión del ahorro de energía está recogida en el nivel 1 anterior, de forma que el edificio objeto debe tener un coeficiente  $K_G$  inferior a unos valores límite que dependen del clima y de la compactidad.

Del análisis del  $K_G$  se deduce inmediatamente que en la NBE-CT-79, la calidad térmica de un edificio viene medida en términos de un aspecto de su demanda de calefacción, que son las **Perdidas por Transmisión en régimen permanente**. Dichas pérdidas constituyen para la NBE-CT-79 el único aspecto controlable de la Demanda Energética del edificio.

Los motivos por los que se realiza la modificación de la NBE-CT-79 son muchos y de índole muy diversa. De manera sucinta, se puede citar:

- El limitado alcance de la misma.
- El nuevo contexto energético y socioeconómico mundial,
- Los nuevos desarrollos normativos vinculantes para España,
- Los protocolos internacionales y las nuevas directivas de la Unión (como la SAVE 76/93) que ligan la eficiencia energética a la conservación del medioambiente
- El desarrollo y difusión de los ordenadores junto a más refinados métodos de análisis térmico de edificios.
- Nuevos y más fiables datos meteorológicos.
- La necesidad de dar un mayor grado de libertad a los diseñadores,

La toma en consideración de los motivos anteriores ha guiado el desarrollo de la CTE-DE que queda sustancialmente distinta de la NBE-CT-79 en el aspecto de control de la demanda de energía (nivel 1), mientras que conserva elementos paralelos en los otros tres niveles más ligados a aspectos de confort, prevención de condensaciones etc.

### **3. GENERALIDADES SOBRE LAS OPCIONES DE CUMPLIMENTACIÓN**

Se pretende en todos los casos limitar la demanda energética de los edificios de nueva planta a partir de los datos del proyecto

Para cumplir este objetivo es necesario disponer de:

Instrumentos que permitan estimar la demanda energética del edificio objeto.

Valores máximos de demanda admisible para cada situación.

Un edificio es conforme con la reglamentación si su demanda energética es inferior al valor límite establecido.

La demanda máxima admisible no es un valor único sino que depende como mínimo del uso del edificio objeto y del clima en el que está situado dicho edificio.

La dificultad de comparar la demanda energética del edificio objeto y la demanda admisible depende en gran medida de la complejidad del propio edificio objeto.

Para atender fundamentalmente a esta diferencia de dificultad se han previsto dos opciones de cumplimentación denominadas respectivamente vía Opción Prescriptiva y Opción Prestacional.

La Opción Prescriptiva es la más simple y directa, guarda unas ciertas analogías con la NBE-CT-79 y se puede realizar manualmente. En síntesis consiste en justificar que los valores térmicos característicos de los componentes de la envuelta son inferiores a unos valores límite. La comparación se realiza a cuatro niveles: cubierta, suelo, paredes en contacto con el terreno y fachadas.

La Opción Prestacional es más compleja y requiere la utilización de la herramienta de cálculo de la demanda energética. El programa calcula en primer lugar las demandas energéticas de calefacción y refrigeración del edificio objeto a partir de los datos de definición geométrica y constructiva proporcionados por el usuario. A continuación, el programa "monta" de forma automática un edificio de referencia y calcula su demanda energética. El edificio objeto es conforme con la reglamentación si su demanda energética es inferior a la del edificio de referencia.

Ambas opciones tienen un tronco común que son los requisitos básicos mínimos que deben cumplir en cualquier caso los componentes de la envuelta. Estos requisitos controlan las cuestiones de confort y ausencia de condensaciones que se mencionaron anteriormente.

La figura 1 esquematiza las dos opciones mencionadas

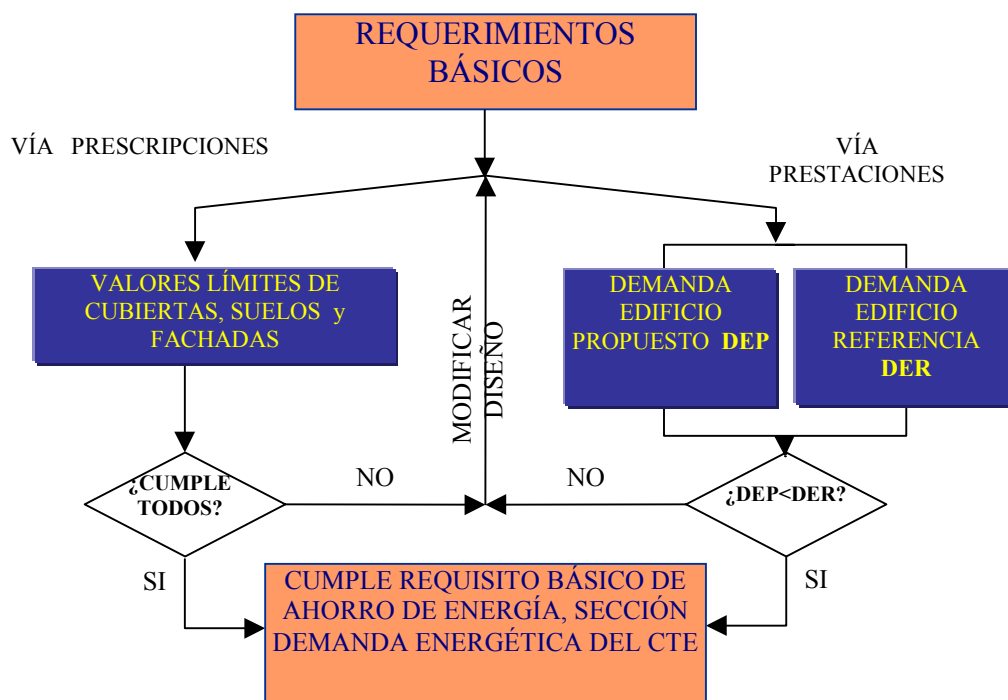


Figura 1.- Alternativas de cumplimentación del CTE-DE

La sencillez de la Opción Prescriptiva se logra a expensas de una serie de hipótesis, cada una de las cuales se traduce en un incremento del nivel de exigencias y en una posible limitación de las calidades de los componentes o de las superficies vidriadas admitidas en las fachadas.

Adicionalmente, el carácter discreto de los valores límite de la Opción Prescriptiva y el hecho de ignorar ciertos fenómenos (como por ejemplo el sombreado sobre las fachadas debido a obstáculos lejanos) conlleva redondeos de carácter conservador, con el fin de garantizar la consecución del objetivo general (garantizar que el edificio objeto tiene una demanda inferior a la de referencia).

Finalmente, la Opción Prescriptiva admite únicamente la utilización de componentes o soluciones constructivas, digamos, convencionales.

Ambos métodos son consistentes en el sentido de que el cumplimiento de la normativa por el método prescriptivo supondrá en la inmensa mayoría de los

casos el cumplimiento por el método prestacional. Lo contrario obviamente no será en general cierto.

La Opción Prescriptiva está por tanto especialmente orientada a su uso sobre edificios morfológicamente sencillos, con porcentajes acristalados comunes, de uso residencial o tamaño reducido, y lógicamente, en aquellos casos en los que no se utilicen componentes innovadores que no están explícitamente contemplados en la misma.

La Opción Prestacional cubre las restantes circunstancias.

## **4. LA OPCIÓN PRESCRIPTIVA**

### **4.1 General**

La opción prescriptiva constituye la opción reglamentaria simplificada y como se ha dicho anteriormente presenta ciertas analogías con la NBE-CT-79.

Se ha elegido un número limitado de parámetros de comportamiento relativos a la calidad de los componentes de la envuelta edificatoria. Estos parámetros son:  
Para cerramientos opacos exteriores y en contacto con el terreno.- Transmitancia  
Para los huecos (ventanas y puertas).- Transmitancia y Factor solar modificado en la estación de refrigeración.

A partir de estos parámetros por componentes, se obtienen valores promedio (proporcionales a las áreas) de los mismos a cuatro niveles: cubiertas, suelos, paredes en contacto con el terreno y fachadas,

La opción prescriptiva establece valores límite de Transmitancias y Factores solares promedio.

Si la cubierta, el suelo o alguna de las fachadas no cumplen con estos valores límite, el usuario debe mejorar los parámetros de comportamiento o bien, ir a la opción prestacional, sin que exista compensación posible entre ellos, es decir que por ejemplo, una fachada que cumple holgadamente con las prescripciones no compensa el incumplimiento de otra fachada o de la cubierta.

En la opción prescriptiva por tanto, al limitarse directamente la demanda energética de las cubiertas, los suelos y las fachadas, se limita indirectamente la demanda energética del edificio.

Los valores límite dependen del clima, del uso del edificio, de la orientación y porcentaje acristalado de cada fachada y de la inercia.

### **4.2 Variación con el clima**

Al igual que en la NBE-CT-79, los valores límites dependen del clima concreto en el que se sitúa el edificio objeto.

En la NBE-CT-79 se definen 5 climas A,B,C,D y E a través de rangos de Grados-día durante el periodo de calefacción.

En la opción prescriptiva del CTE-DE se establecen un total de 12 zonas climáticas que contemplan las distintas combinaciones de regímenes de calefacción y refrigeración que presentan las localidades españolas.

La parcialización de cada uno de los regímenes no se hace en términos de Grados-día sino que se realiza a través de las denominadas Severidades Climáticas, existiendo una Severidad Climática para el régimen de invierno ( $SC_i$ ) y una Severidad Climática para el régimen de verano ( $SC_v$ ).

En síntesis la Severidad Climática es una variable meteorológica que combina la influencia conjunta de la temperatura exterior y de la radiación solar, de tal forma que sucede que si dos localidades tienen la misma severidad climática, un mismo edificio situado en ambas origina la misma demanda energética.

Las localidades españolas se ubican en las 12 zonas climáticas que se muestran en la figura 2. Cada zona climática se identifica mediante una letra seguida de un número. A título de ejemplo, Burgos está en la zona E1, Madrid en la D3 y Sevilla en la B4

#### **4.3 Variación con el uso del edificio.**

Cada uso lleva asociado una intensidad de fuentes internas que es una potencia media de ocupantes iluminación y equipo. En los edificios de uso mixto se obtiene la intensidad de fuentes internas ponderando los usos concretos por el porcentaje de la superficie ocupada del edificio destinada a cada uno de ellos.

El uso del edificio se ha tenido en cuenta mediante el factor solar modificado correspondiente al régimen de refrigeración, de tal forma que ha medida que las fuentes internas son mayores se es más exigente en el factor solar asociado a los huecos. Este factor solar se denomina modificado e incluye no solo el efecto de acristalamientos y marcos sino también el de las eventuales protecciones solares.

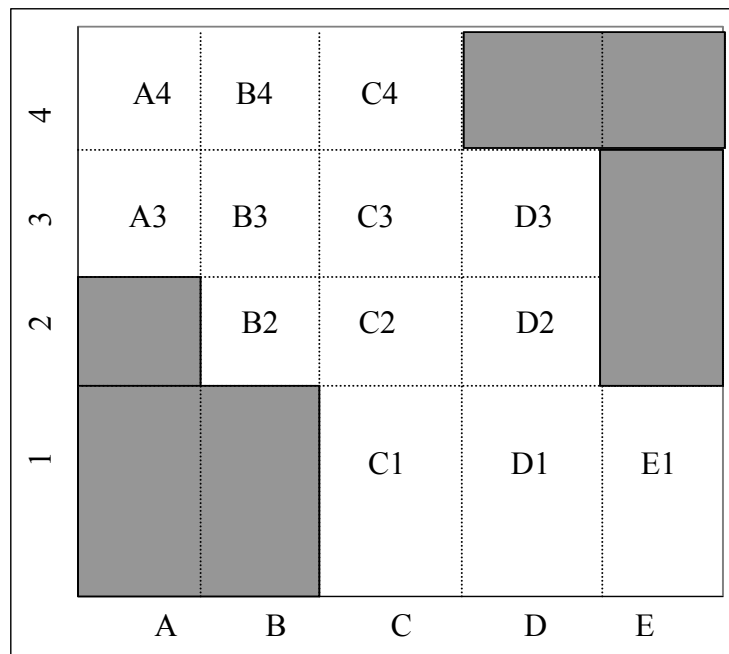


Figura 2 Zonificación Climática

#### **4.4 Variación con la orientación**

La limitación de la demanda energética debida a la transmisión a través de las fachadas se ha supuesto independiente de las orientaciones de dichas fachadas. Puesto que la excitación solar es diferente para orientaciones distintas, los valores límite serán diferentes para ellas en un doble sentido:

En régimen de calefacción se será más estricto (valor más reducido de la Transmitancia de los huecos) con las fachadas con menor acceso solar (Sur, Sureste-Suroeste, Este-Oeste y Norte por orden de mayor a menor acceso solar).

En régimen de refrigeración se será más estricto (valor más reducido del Factor Solar de los huecos) con las fachadas de mayor acceso solar (Este-Oeste, Sureste-Suroeste, Sur y Norte por orden de mayor a menor acceso solar).

#### **4.5 Variación con el porcentaje acristalado.**

El valor límite conceptual es la demanda energética de la fachada y puesto que los cerramientos opacos exteriores y los huecos contribuyen de manera

diferente a la demanda energética, es lógico que los valores límite dependan del porcentaje acristalado.

En principio se han previsto 6 rangos de porcentajes de huecos, con un valor máximo por fachada del 60%. A medida que aumenta el porcentaje de huecos se es más estricto (valor más reducido de la Transmitancia de los huecos) de forma que la demanda global permanezca invariable. Los edificios que tengan fachadas con un porcentaje de huecos superiores al 60% deben usar la opción prestacional.

#### **4.6 Compensaciones entre elementos de fachada.**

Con el fin de dotar de una cierta flexibilidad a la opción prescriptiva se han propuesto unos paquetes alternativos a la hora de limitar la calidad de los componentes de las fachadas. En estos paquetes intervienen tres conceptos:

Transmitancia de los cerramientos opacos.

Transmitancia de los huecos.

Inercia de los cerramientos opacos.

Se especifican dos rangos de Transmitancia de cerramientos opacos (superior e inferior respectivamente) y dos inercias (alta y baja respectivamente), de forma que dada una fachada con una orientación y un porcentaje de huecos, existen cuatro soluciones admisibles. Los paquetes alternativos originan lógicamente la misma demanda energética.

#### **4.7 Independencia de la compacidad del edificio.**

En relación con la variación con la compacidad, hay que decir en primer lugar que la discriminación por compacidad ha desaparecido de todas las Normativas prescriptivas recientes consultadas. Se piensa que tomando las fachadas de referencia para una compacidad baja, sería posible mantener dichos valores para las compacidades mayores y menores.

Al aplicar la misma calidad constructiva a un edificio más compacto, se va a reducir la demanda por  $m^2$ , es decir, el edificio más compacto va a demandar menos. Esta menor demanda no va a suponer una mayor inversión, sino más bien al contrario, por cuanto los  $m^2$  de fachada son menores a medida que el edificio es más compacto.

En cuanto a los edificios menos compactos se puede argumentar que no parece justo obligarles a construir mejor que el de compacidad de referencia ya que al tener más envuelta por  $m^2$  construido se le exigiría una inversión mayor por un doble motivo: mejores componentes en más envuelta.

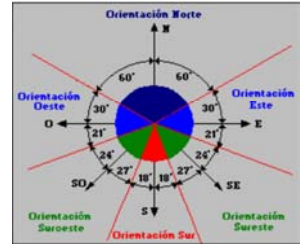
#### **4.8 Expresión formal de las prescripciones**

Para cada una de las 12 zonas climáticas se han confeccionado tablas que determinan los valores máximos admisibles de los parámetros que caracterizan la calidad de los componentes de los cerramientos.

La figura 3 muestra el conjunto correspondiente a la zona climática D3.

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>
<b>D3</b>

Transmitancia media cubierta < 0.38 (W/m2K)  
 Transmitancia media suelos < 0.49 (W/m2K)



**FACHADAS CON ORIENTACIÓN NORTE**

Transmitancia media muros < 0.57 (W/m2K)

Factor solar modificado de huecos. (Régimen de verano)

Transmitancia media de huecos (W/m2K)

% Huecos por orientación	Caso general		U Muros <0.48 (W/m2K)		Densidad de Fuentes Internas		
	Inercia Baja	Inercia Alta	Inercia Baja	Inercia Alta	<6	[6, 9]	[9,12]
<10	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	-
10.1<%<20	<2.7	<2.8	<3.0	<3.1	-	-	-
20.1<%<30	<2.2	<2.4	<2.4	<2.6	-	-	-
30.1<%<40	<2.0	<2.2	<2.1	<2.3	-	-	-
40.1<%<50	<1.8	<2.1	<1.9	<2.1	-	-	-
50.1<%<60	<1.7	<2.0	<1.8	<2.0	-	-	<0.55

**FACHADAS CON ORIENTACIÓN ESTE/OESTE**

Transmitancia media muros < 0.57 (W/m2K)

Factor solar modificado de huecos. (Régimen de verano)

Transmitancia media de huecos (W/m2K)

% Huecos por orientación	Caso general		U Muros <0.48 (W/m2K)		Densidad de Fuentes Internas		
	Inercia Baja	Inercia Alta	Inercia Baja	Inercia Alta	<6	[6, 9]	[9,12]
<10	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	-
10.1<%<20	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	-
20.1<%<30	<2.6	<3.0	<2.8	<3.1	-	<0.59	<0.49
30.1<%<40	<2.4	<2.8	<2.5	<2.9	<0.54	<0.45	<0.38
40.1<%<50	<2.2	<2.6	<2.3	<2.7	<0.44	<0.36	<0.31
50.1<%<60	<2.1	<2.5	<2.2	<2.6	<0.37	<0.31	<0.26

**FACHADAS CON ORIENTACIÓN SUR / SURESTE / SUROESTE**

Transmitancia media muros < 0.57 (W/m2K)

Factor solar modificado de huecos. (Régimen de verano)

Transmitancia media de huecos (W/m2K)

% Huecos por orientación	Caso general		U Muros <0.48 (W/m2K)		Orientación SE /SO			Orientación SUR		
	Inercia Baja	Inercia Alta	Inercia Baja	Inercia Alta	<6	[6, 9]	[9,12]	<6	[6, 9]	[9,12]
<10	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	-	-	-	-
10.1<%<20	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	-	-	-	-
20.1<%<30	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	-	-	<0.52	-	-	-
30.1<%<40	<3.1	<3.1	<3.1	<3.1	<0.57	<0.47	<0.40	-	<0.61	<0.51
40.1<%<50	<3.0	<3.1	<3.0	<3.1	<0.46	<0.38	<0.33	<0.60	<0.50	<0.42
50.1<%<60	<2.8	<3.1	<2.9	<3.1	<0.39	<0.33	<0.28	<0.51	<0.43	<0.36

Figura 3.- Valores límites de Opción Prescriptiva para la zona climática D3.

## **5. LA OPCIÓN PRESTACIONAL**

### **5.1 General**

En la Opción Prestacional se evalúa la demanda energética del edificio bajo dos situaciones: la primera situación es el denominado EDIFICIO OBJETO, es decir, el edificio tal cual ha sido diseñado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación. La segunda situación es el denominado EDIFICIO DE REFERENCIA que tiene:

- La misma forma y tamaño del edificio objeto.
- La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto.
- Los mismos obstáculos remotos del edificio objeto.
- Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta por un lado y unos elementos de sombra por otro que garantizan el cumplimiento de las demandas de referencia.

En síntesis, el edificio de referencia es el edificio objeto con las calidades constructivas impuestas en la Opción Prescriptiva..

El usuario solo define el edificio objeto. A partir de él y usando las leyes que determinan la demanda energética en función del clima, orientación de fachadas, porcentaje acristalado etc, la herramienta de cálculo genera automáticamente el edificio de referencia. Una vez definidos ambos edificios, la herramienta calcula la demanda energética de ambos y los compara.

El cumplimiento de la reglamentación implica que la demanda energética del edificio objeto es inferior a la del edificio de referencia.

La cumplimentación de la Opción Prestacional únicamente puede realizarse mediante un programa informático. Existe un método oficial de cálculo, si bien se podrá aceptar la utilización de programas alternativos, siempre que estos cumplan con requisitos de alcance y exactitud que lo hagan homologable con el citado.

La materialización del método oficial de cálculo la constituye la Herramienta de Cálculo de la Demanda Energética denominada CCTE2001.

### **5.2 Elementos de la Herramienta de Cálculo de la Demanda Energética**

CCTE2001 es una aplicación informática que integra un conjunto de programas y documentos informáticos orientados al Cálculo de la Demanda Energética de los edificios. La figura 2 muestra los principales módulos de dicha aplicación, cuyas funciones principales se describen a continuación:

- *Interfaz Gráfica para introducción y modificación de datos y visualización de resultados:* Es el núcleo central de la aplicación, su objetivo principal es facilitar al usuario la introducción de los datos para la descripción del edificio. Contiene formularios de visualización tridimensional del edificio a medida que se va definiendo. Coordina la ejecución del resto de los módulos de la aplicación.
- *Motor de cálculo:* El motor de cálculo obtiene la demanda energética del edificio objeto y la compara con la de un edificio de referencia. El motor de cálculo, pieza fundamental del conjunto, se describe con mayor detalle en otro apartado.
- *Librería o base de datos:* Está constituida por un conjunto de datos previamente cargados que facilitan al usuario la introducción de aquellos componentes repetitivos que aparecen en todos los proyectos, en se pueden encontrar: materiales, composición de cerramientos (soluciones técnicas), acristalamientos, marcos, ficheros meteorológicos, etc. Esta base de datos es accesible desde la interfaz Gráfica, pero el usuario no puede modificarla, por ser la base de todos los cálculos de verificación de la cumplimentación de la normativa.
- *Ayuda en formato electrónico:* La aplicación cuenta con un sistema de ayuda en pantalla en conexión directa con la interfaz gráfica, de forma que cuando utilizando la aplicación el usuario solicita ayuda sobre una propiedad o un tema en concreto el sistema le muestra la información pertinente.
- *Herramienta administrativa:* Una vez obtenida la demanda energética de un edificio y verificado el cumplimiento de la normativa, el usuario podrá obtener un informe de la verificación, que no es más que un archivo, en formato PDF, generado por la interfaz gráfica, en el cual se recoge el resultado de la verificación junto a los datos de entrada y los resultados más relevantes.

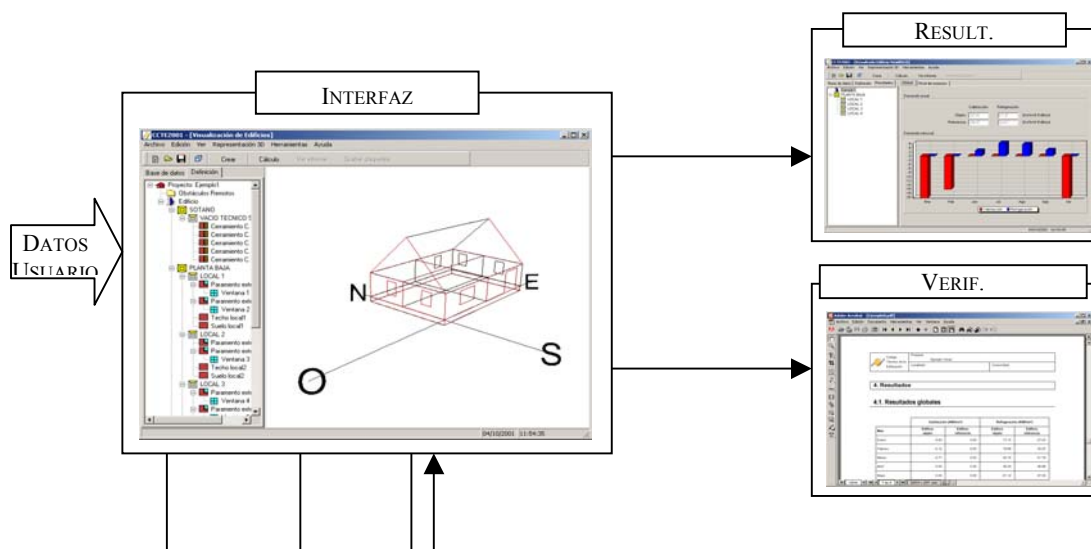


Figura 4. Elementos de la Herramienta de Cálculo de la Demanda Energética

### **El Motor de Cálculo**

El Motor de Calculo contiene los algoritmos que plantean y resuelven las ecuaciones que gobiernan los fenómenos de transferencia de calor y masa en los edificios.

Se trata de un programa de simulación en base horaria, régimen transitorio de conducción, capaz de tratar elementos multidimensionales y con carácter multizona.

Se trata de una herramienta original, específicamente orientada a servir como soporte para la cumplimentación de la Normativa, más que como programa de análisis térmico.

El desarrollo del motor de cálculo ha comprendido tres actividades fundamentales:

A.- Caracterización térmica de los diferentes componentes y fenómenos de transferencia de calor en el edificio.

B.- Establecimiento de las ecuaciones de acoplamiento de los distintos componentes y fenómenos y definición de la estrategia de resolución conjunta.

C.- Implementación informática de los algoritmos anteriores según una estrategia de programación orientada al objeto en lenguaje C++.

A continuación se enumera brevemente el alcance de los modelos desarrollados y se comenta la estrategia de resolución.

Los algoritmos utilizados han experimentado un doble proceso de validación:

- Comparación con modelos ya disponibles que fueron validados con anterioridad, normalmente en el marco de los Benchmarks de la Agencia Internacional de la Energía.
- Comparación con los resultados del módulo de demanda del programa D.O.E. 2.E del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

### **A Caracterización térmica de los diferentes componentes y fenómenos de transferencia de calor en el edificio.**

Se dividen en tres grupos:

A-1.- Caracterización de solicitaciones exteriores y modificadores.

A-2.- Caracterización de solicitaciones interiores.

A-3- Caracterización de componentes.

#### **A.1 Caracterización de solicitaciones exteriores**

Se incluyen en esta actividad:

La generación de datos meteorológicos horarios a través de un método sintético que proporciona el año tipo de las diferentes localidades en base a valores medios mensuales.

La obtención de variables meteorológicas derivadas como son las psicrométricas del aire húmedo y la temperatura del cielo.

Los modificadores de radiación solar, asociados a las fachadas concretas y a su relación con el entorno en el que se ubica el edificio, tales como temperatura del suelo y de los edificios y obstáculos adyacente. sombreado producido por obstáculos remotos y sombras propias del edificio.

## **A.2 Caracterización de solicitudes interiores.**

Incluye tanto la especificación de las condiciones de confort y de su variabilidad temporal como la caracterización de las denominadas fuentes internas, es decir ocupantes, iluminación y equipo diverso.

Estas condiciones se han fijado por defecto para 12 usos tipificados y no pueden ser alteradas o ampliadas por el usuario.

## **A.3 Caracterización de componentes.**

En general, cada uno de los componentes y fenómenos de transferencia presentes en un edificio admite diversos niveles de modelización.

Como filosofía se ha evitado el uso de los modelos llamados de referencia que operan a partir de los denominados datos fundamentales. Estos modelos son muy exactos y flexibles aunque tienen el grave inconveniente de requerir unos datos de entrada de los que difícilmente el usuario puede disponer.

En su lugar, se han implementado modelos basados en datos procedentes de ensayos normalizados o en métodos simples de caracterización incluidos en las Normativas C.E.N.

No obstante, para aquellos casos que por su complejidad o carácter innovador requieran modelos de referencia, se han preparado herramientas de preproceso, es decir que no estarán incluidos formalmente en el método sino que constituyen productos independientes. El resultado de operar dichas herramientas de preproceso será el dato o el fichero que se introducirá como dato de entrada para el programa general.

De manera muy resumida, el modelo usado para los diferentes componentes ha sido:

### **Cerramientos exteriores y cubiertas**

Conducción unidimensional en régimen transitorio usando Transformada de Laplace y funciones de transferencia Z

### **Cerramientos interiores**

Igual que para los cerramientos exteriores.

El programa identifica automáticamente la existencia de particiones y genera una construcción por defecto. Los forjados entre plantas los proporciona explícitamente el usuario. Las medianeras se tratan como muros adiabáticos.

### **Puentes térmicos masivos**

Transmitancias lineales basadas en las áreas interiores de los cerramientos. En el caso general el programa identifica automáticamente los puentes térmicos y utiliza valores por defecto. El usuario puede opcionalmente introducir valores específicos de transmitancias a partir de un catálogo de soluciones técnicas o utilizando una herramienta de preproceso.

### **Cerramientos en contacto con el terreno y soleras sobre cámaras de aire**

Transferencia de calor por conducción multidimensional mediante autovalores con solución en régimen periódico.

### **Vidrios simples y múltiples**

Transmitancia y factor solar basados en ensayos normalizados o catálogos de fabricantes con variación standard de las propiedades ópticas con el ángulo de incidencia.

Para vidrios complejos existe una herramienta de preproceso que proporciona los valores anteriores.

### **Elementos de control solar en fachada.**

Método detallado basado en la intersección de polígonos sombreantes y sombreados para voladizos, salientes laterales y retranqueos. Herramienta de preproceso para otras configuraciones.

### **Elementos de control solar exteriores interiores en integrados.**

Modificadores de la transmitancia y del factor solar. Los modificadores se obtendrán de tablas de valores por defecto para persianas y cortinas homogéneas. Para persianas heterogéneas (venecianas o similar) existe una herramienta de preproceso que proporciona los valores anteriores.

### **Marcos de ventana - transmisión**

Transmitancia lineal.

### **Marcos de ventana y puertas - infiltración**

Permeabilidad por m<sup>2</sup> a partir de valores de ensayos a 100 Pa.

## **B.- Establecimiento de las ecuaciones de acoplamiento de los distintos componentes y fenómenos y definición de la estrategia de resolución conjunta.**

Se ha utilizado un método indirecto basado en la aplicación del principio de superposición de las solicitaciones y en la aplicación de leyes de convolución que ligan las solicitaciones con las respuestas.

La respuesta global del edificio se calcula a partir de lo que se denomina respuestas unitarias, lo cual conlleva un proceso diferido que supone las siguientes etapas:

- Cálculo de las ganancias o pérdidas de calor del edificio frente a cada una de las solicitaciones exteriores (una a una), suponiendo que la temperatura interior es constante.
- Cálculo de las ganancias o pérdidas de calor del edificio frente a cada una de las solicitaciones exteriores (una a una), suponiendo que la temperatura interior es constante.

- Cálculo de la respuesta del edificio en términos de carga térmica para cada una de las solicitaciones unitarias (Funciones de transferencia) que caracterizan las ganancias o pérdidas instantáneas.
- Cálculo de la carga térmica a temperatura constante, aplicando los resultados de la etapa tercera a las dos primeras.
- Cálculo de la respuesta del edificio frente a una excitación unitaria de la temperatura interior.
- Cálculo de la carga térmica a temperatura variable (aplicando los resultados de la etapa quinta a la cuarta) y teniendo en cuenta el comportamiento del equipo acondicionador.

El método indirecto es menos detallado y menos flexible que los métodos pero tiene a cambio las siguientes ventajas.:

Es más rápido.

Proporciona resultados desglosados por componentes, con lo cual facilita el posterior análisis para mejora de la demanda.

No requiere una información detallada de la compartimentación del edificio.

## 6. CONCLUSIONES

Se ha realizado una actualización de la Normativa de Aislamiento Térmico, encuadrada en el nuevo Código Técnico de la Edificación, de acuerdo con las siguientes características principales:

- Está planteada con un doble enfoque, la denominada Opción Prescriptiva o método simplificado de aplicación manual y la Opción Prestacional que se implementa a través de un programa informático. Esta última opción constituye el “enfoque por objetivos” que se postula como filosofía global del Código Técnico.
- Es aplicable a todo tipo de edificios de nueva planta.
- Controla las necesidades energéticas tanto en régimen de invierno como de verano, en el caso de que ambos regímenes sean significativos para el edificio y el clima considerado.
- La expresión de las exigencias se realiza en términos de la demanda energética del edificio y contiene información a los usuarios de los aspectos térmicos que se relacionan con el consumo de energía del edificio a lo largo de su vida útil, así como de las mejoras que podrían conducir a una mejora de su situación (reducción de la demanda).
- Propone soluciones técnicas aceptables (homologadas) para los diferentes edificios y climas.

- Es consistente con la calificación energética a la cual el edificio podrá eventualmente optar.
- Es dinámica, en el doble sentido de permitir la incorporación de nuevos componentes y de posibilitar la modificación de los coeficientes limitadores de forma que éstos se adecuen a planteamientos variables de política energética.

## **7. AGRADECIMIENTOS**

El trabajo técnico que soporta el presente artículo se ha realizado en el marco del proyecto B.18.015.2391 denominado “Actualización de la Normativa de Aislamiento Térmico y Desarrollo del Proceso de Calificación Energética de Edificios” confiado al Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla por IDAE y El Ministerio de Fomento. Los autores quieren hacer explícito su agradecimiento por su decisiva contribución al mismo a Pedro Prieto por parte de IDAE y a Javier Serra y Rafael Salgado por parte del Ministerio de Fomento.