

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



## **PROYECTO FIN DE CARRERA**

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRICIDAD**

---

# **LIMITACIÓN DE LA DEMANDA Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EL CORTE INGLÉS DE SALAMANCA**

**AUTOR: Guillermo Fernández Ruiz  
TUTOR: Esteban Patricio Domínguez González-Seco**

**Leganes, 16 de octubre de 2010**

**ÍNDICE**

<b>CONTENIDO DEL PROYECTO</b>	<b>6</b>
<b>1. Resumen.</b>	<b>6</b>
<b>2. Estructura del proyecto.</b>	<b>7</b>
<b>3. Objetivos.</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1. Antecedentes.</b>	<b>9</b>
<b>2. Reales decretos.</b>	<b>13</b>
2.1. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).	14
2.2. REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.	15
2.3. Anexos.	20
<b>EXIGENCIAS DE AHORRO ENERGETICO DEL CTE</b>	<b>23</b>
<b>1. HE1 Limitación de Demanda Energética.</b>	<b>24</b>
1.1. Generalidades.	24
1.2. Caracterización y cuantificación de las exigencias.	24
1.3. Cálculo y dimensionado.	25
1.4. Productos de construcción.	32
1.5. Construcción.	33
<b>2. HE 2 Rendimiento de las Instalaciones Térmicas.</b>	<b>34</b>
<b>3. HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.</b>	<b>34</b>
3.1. Generalidades.	34
3.2. Caracterización y cuantificación de las exigencias.	35
3.3. Cálculo.	39
3.4. Productos de construcción.	40



3.5.	Mantenimiento y conservación. _____	41
<b>4.</b>	<b>HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.</b> _____	<b>42</b>
4.1.	Contribución solar mínima. _____	43
4.2.	Cálculo de la demanda. _____	43
4.3.	Sistemas de la instalación solar térmica. _____	44
4.4.	Exigencias generales. _____	48
<b>5.</b>	<b>HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.</b> _____	<b>50</b>
5.1.	Ámbito de aplicación. _____	50
5.2.	Zonas climáticas. _____	50
5.3.	Determinación de la potencia a instalar. _____	50
5.4.	Condiciones generales de la instalación. _____	52
5.5.	Exigencias generales. _____	54
<b>6.</b>	<b>CALENER_GT.</b> _____	<b>54</b>
	<b><i>OPCIÓN GENERAL A TRAVÉS DE LIDER</i></b> _____	<b>57</b>
<b>1.</b>	<b>Introducción.</b> _____	<b>57</b>
<b>2.</b>	<b>Datos previos.</b> _____	<b>57</b>
<b>3.</b>	<b>Descripción del proyecto.</b> _____	<b>59</b>
<b>4.</b>	<b>Materiales, productos y elementos constructivos del edificio.</b> _____	<b>60</b>
4.1.	Materiales. _____	61
4.2.	Cerramientos. _____	62
4.3.	Vidrios. _____	62
4.4.	Marcos. _____	63
4.5.	Huecos. _____	63
4.6.	Puentes Térmicos. _____	64
4.7.	Espacio de trabajo. _____	64
4.8.	Construcción. _____	65
<b>5.</b>	<b>Definición geométrica.</b> _____	<b>66</b>

5.1.	Estructura general del edificio y elementos que lo forman. _____	67
5.2.	Medidas del Edificio. _____	67
5.3.	Grandes Edificios. _____	67
5.4.	Definición de edificios a partir de planos. _____	68
5.5.	Plantas. _____	68
5.6.	Líneas auxiliares (Líneas 2D). _____	69
5.7.	Espacios. _____	69
5.8.	Particiones horizontales. _____	70
5.9.	Generación automática de Cerramientos Verticales. _____	71
5.10.	Ventanas. _____	71
5.11.	Definición de cubiertas. _____	74
5.12.	Muros Trombe. _____	74
5.13.	Elementos singulares. _____	75
5.14.	Unión de espacios. _____	75
5.15.	Obstáculos remotos. _____	76
<b>6.</b>	<b>Cálculo, resultados y generación del informe de verificación _____</b>	<b>76</b>
	<b><i>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CALENER GT _____</i></b>	<b>77</b>
<b>1.</b>	<b>Estructura de CALENER GT. _____</b>	<b>77</b>
1.1.	Estructura visual. Árboles y Panel de revisión. _____	78
1.2.	Propiedades. _____	79
<b>2.</b>	<b>Importación del edificio desde LIDER a CALENER GT. _____</b>	<b>79</b>
<b>3.</b>	<b>Componentes Y Sistemas del edificio. _____</b>	<b>80</b>
3.1.	Datos generales. _____	80
3.2.	Horarios. _____	82
3.3.	Curvas de comportamiento. _____	84
3.4.	Subsistemas Primarios. _____	84
3.5.	Subsistemas secundarios. _____	88

<b>4.</b>	<b>Formulario de edición de los espacios.</b>	<b>93</b>
4.1.	Formulario de descripción y geometría.	93
4.2.	Formulario de ocupación equipos e infiltración.	94
4.3.	Formulario de iluminación artificial y natural.	95
<b>5.</b>	<b>Proceso de calificación. Niveles de referencia.</b>	<b>96</b>
5.1.	Indicadores de eficiencia energética.	96
<b>6.</b>	<b>Análisis de los resultados de la calificación energética.</b>	<b>99</b>
6.1.	Etiqueta.	99
6.2.	Informes mensuales.	101
6.3.	Informes anuales.	104
<b>MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA</b>		<b>106</b>
❖	<b>Instalación solar fotovoltaica.</b>	<b>106</b>
❖	<b>Instalación de iluminación.</b>	<b>110</b>
❖	<b>Combinación de instalación Solar Fotovoltaica e iluminación.</b>	<b>115</b>
❖	<b>Estudio económico.</b>	<b>119</b>
❖	<b>Conclusión.</b>	<b>121</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>123</b>
1.	<b>Conclusiones Limitación de la demanda.</b>	<b>123</b>
2.	<b>Conclusiones de la calificación energética.</b>	<b>124</b>
<b>ÍNDICE FIGURAS.</b>		<b>127</b>
<b>ÍNDICE TABLAS</b>		<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b>		<b>129</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>130</b>

## CONTENIDO DEL PROYECTO

### 1. Resumen.

La contaminación atmosférica en el sector de la edificación ha adquirido en las últimas décadas unos niveles comparables a los del sector industrial, convirtiéndose así en un grave problema para la sociedad. En este proyecto se aplican en el caso concreto del centro comercial de El Corte Inglés de Salamanca (E.C.I. de Salamanca) las medidas impuestas por el gobierno, a través del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), en materia de ahorro energético en los edificios.

Una vez presentada la normativa vigente del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE, se ha desarrollado la certificación energética del E.C.I. de Salamanca en dos etapas.

En una primera etapa, se ha verificado el cumplimiento de la limitación de demanda del edificio impuesta por la sección HE-1 del Documento Básico de Ahorro de Energía, empleando la aplicación informática de referencia LIDER. Los resultados del programa demuestran que el centro cumple con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración. Las demandas de calefacción y de refrigeración son respectivamente de un 55,3% y un 98.1% respecto a las del edificio de referencia.

En una segunda etapa, se ha obtenido la calificación energética del edificio, empleando la herramienta informática de referencia CALENER GT. El consumo del edificio de energía primaria del edificio es de 23.817,3 MWh por año y las emisiones del edificio son de 5.730,38 Tn CO<sub>2</sub> por año. El índice global de emisiones de CO<sub>2</sub> del centro es 0,83, lo que otorga al edificio una clase de eficiencia energética C. Esto significa que las emisiones totales del edificio están por debajo un 17% de las permitidas por la normativa.

Por último, y tras estudiar los resultados de la calificación, se han aplicado una serie de mejoras sobre los sistemas y equipos del edificio, lográndose como mejor resultado una reducción del 56% de las emisiones de CO<sub>2</sub> así como de la energía primaria requerida por el centro y obteniéndose un índice global de 0.44 que adjudica al centro la clase de eficiencia energética B.

## 2. Estructura del proyecto.

La memoria del proyecto se ha dividido en siete apartados. El apartado dos sirve de introducción y presenta las motivaciones y argumentos para llevar a cabo el proyecto, realizando una breve presentación de las carencias del estado energético español y exponiendo la necesidad de abogar por un consumo responsable en el sector de la edificación. Además se introducen los conceptos de certificación energética y calificación energética de un edificio, explicando la estructura de la etiqueta de eficiencia energética según se establece en el Real decreto 47/2007.

En el tercer apartado se resume la normativa obligatoria referente al ahorro energético, incluida en el nuevo Código Técnico de la Edificación que entró en vigor en el año 2006. Concretamente se desarrolla el documento básico de ahorro de energía DB-HE contenido en el artículo 15, desglosando las exigencias básicas de ahorro de energía HE-1 (limitación de demanda energética), HE-3 (eficiencia energética de las instalaciones e iluminación), HE-4 (Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria) y HE-5 (contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica).

En el cuarto apartado se explica el procedimiento seguido para la obtención del informe de verificación de limitación de demanda energética de E.C.I. de Salamanca mediante el programa LIDER. Se ha detallado en la medida de lo posible los pasos necesarios para la definición geométrica y constructiva del inmueble, si bien el elevado número de elementos de los que se compone impide la presentación exhaustiva de las características de cada uno de ellos.

En el quinto apartado se expone el procedimiento necesario para la obtención de la calificación energética de E.C.I. de Salamanca a través de la aplicación informática CALENER Grandes edificios Terciarios (CALENER\_GT). Se indican las características fundamentales de los sistemas y equipos que configuran las instalaciones del centro. Una vez obtenida la calificación, se han estudiado distintas alternativas para la mejora del consumo energético así como la limitación de emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio.

En el último apartado se citan las conclusiones a las que se ha llegado tras estudiar los resultados de los informes de la calificación así como los resultados obtenidos después de caracterizar la influencia de los parámetros más importantes de las instalaciones y equipos del edificio.

Por último, al final del documento se incluyen dos anexos. El primer anexo contiene el documento oficial generado por el programa LIDER que certifica el cumplimiento de la limitación de demanda de energía del edificio, de acuerdo a lo establecido en la sección HE-1 del documento básico HE del Código técnico de la Edificación. En este documento se resumen los datos introducidos en el programa y sus características principales.

En el segundo anexo se muestra el informe oficial de calificación energética del edificio, que resume de forma global y con un único índice la eficiencia de los sistemas e instalaciones del edificio, mediante la etiqueta de eficiencia energética adjudicada.

Además, en este documento se agrupan los datos de construcción, de los equipos y de los sistemas definidos para la calificación del centro.

### **3. Objetivos.**

Los objetivos que se persiguen con la elaboración de este proyecto son los siguientes:

- ❖ Obtener el informe de verificación de Limitación de Demanda Energética, empleando el programa LIDER, conforme a los requisitos de la sección HE-1 del documento básico de ahorro de energía HE del Código técnico de la Edificación para el centro comercial de El Corte Inglés ubicado en Salamanca.
- ❖ Obtener el informe de Calificación Energética, empleando el programa CALENER GT, del centro comercial El Corte Inglés de Salamanca, asignando la correspondiente etiqueta de eficiencia energética.
- ❖ Estudiar los distintos niveles de ahorro energético y la correspondiente mejora de la calificación del edificio en función de los parámetros principales de la instalación de iluminación del edificio.
- ❖ Estudiar los distintos niveles de ahorro energético y la correspondiente mejora de la calificación del edificio del edificio en función del origen de la energía demandada, es decir, introduciendo un generador fotovoltaico para determinar el grado de influencia en el ahorro energético.



## INTRODUCCIÓN

### 1. Antecedentes.

En 1997, en un encuentro llevado a cabo por los principales países en Kioto, se debatió el panorama medioambiental del planeta actual y venidero. De este encuentro se desprendió la necesidad de un cambio radical por parte de los Estados, para frenar el cambio climático global. Así se firmó el Protocolo de Kioto, el primer y único gran tratado medioambiental vinculante para la comunidad internacional en la que los estados firmantes se comprometían a poner coto a sus vertidos atmosféricos. Entre 2008 y 2010 deberán reducir, en conjunto, un 5,2% por debajo de los índices de 1990, año de referencia, las emisiones de 6 gases de efecto invernadero.

En la actualidad la sociedad empieza a ser consciente de que un mejor aprovechamiento energético conlleva reducir los consumos de energía y con ello la demanda. España ocupa el séptimo lugar en dependencia energética de la UE-27 con una tasa de dependencia del 81,4%, 4,7 puntos porcentuales más que en el año 2000, según los datos del Eurostat referentes al año 2006 recogidos hoy por el Instituto de Estudios Económicos (IEE). Una disminución de la dependencia energética con otros países, combinado con una estrategia de fomento de las energías renovables podría ser un gran avance para España económica y medioambientalmente.

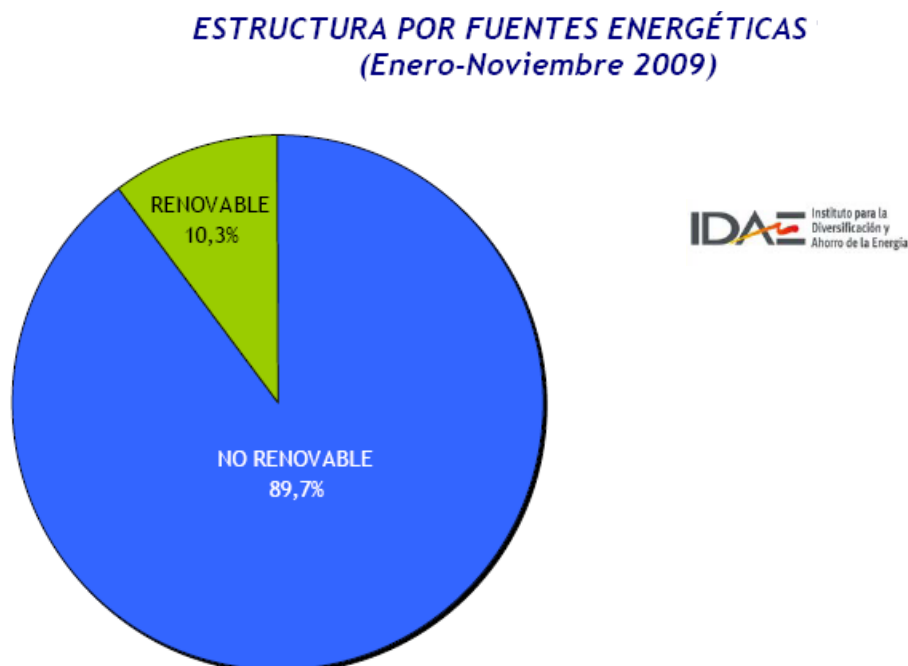


Figura 1.1. Estructura de la producción energética de España año 2009. *Fuentes: CORES, Enagas, REE, CNE e IDAE.*

El 16 de febrero de 2005 entró en vigor el Protocolo de Kioto en el que se comprometen 141 países, entre ellos España. España arrancó con una situación complicada, pues cuenta con un 30% de emisiones más de las permitidas.

Por otro lado, el sector de la vivienda y el de servicios absorbe más del 40% del consumo final de energía en la Comunidad Europea, y la tendencia es a seguir aumentando. Esto implica una parte importante de las emisiones de dióxido de carbono.

Durante la segunda mitad del siglo XX unos procesos de urbanización y edificación acelerados han configurado la realidad actual de una gran parte del patrimonio edificado de nuestro país. Estos grandes procesos de urbanización han generado unos entornos edificados que dan satisfacción razonable a las necesidades básicas de la mayoría de la población española. Sin embargo, la gran cantidad de nueva edificación construida en los últimos años y en décadas anteriores no siempre ha alcanzado unos parámetros de calidad adaptados a las nuevas demandas de los ciudadanos. Efectivamente, la sociedad española, como ocurre en los países de nuestro entorno, demanda cada vez más calidad en los edificios y en los espacios urbanos.

El edificio es un consumidor de energía de forma continuada, desde su construcción, durante su uso y hasta su destrucción, en cantidades muy importantes, generando al mismo tiempo emisiones contaminantes.

España es el país de la Unión Europea (UE) con mayor consumo energético en el sector terciario, además de ser el de mayor potencial de aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

Este consumo energético y el impacto ambiental a él asociado pueden y deben ser reducidos de forma drástica, mediante una serie de medidas, relacionadas, por un lado, con el planeamiento urbanístico y por otro, a través de la articulación de una serie de estrategias que permitan que la energía pueda entrar a formar parte de los criterios de partida de los proyectos.

Como estado miembro, ha llevado a cabo la transposición de esta Directiva aprobando el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, de Certificación Energética de los Edificios de Nueva Construcción. Además, en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, se aprobó el Código Técnico de la Edificación (CTE), en el que se establecen reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.

A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren, tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad para personas con movilidad reducida.

Entre otras Estrategias es importante mencionar:

Certificación energética de edificios, basada en proporcionar, a los compradores de edificios, una información clara y concreta sobre la eficacia energética del mismo, de forma que permita incorporar este criterio en su decisión de compra. Principal objetivo de este proyecto.

- ❖ Ordenanzas municipales y normativas urbanísticas comprometidas, en la medida que el ahorro energético y la protección del medio ambiente responden a objetivos asumidos por la sociedad.
- ❖ Beneficios fiscales para edificios de alta calidad energética y para los planes de ordenación con buenas soluciones energéticas.
- ❖ Disponibilidad de infraestructuras energéticamente eficientes. La oferta de alternativas energéticas basadas en esquemas eficientes o de bajo impacto ambiental, facilita la utilización de soluciones eficientes.
- ❖ Internalización de costes ambientales. La inviabilidad económica de algunas medidas de ahorro energético se debe a que los costes ambientales del consumo de energía no estén reflejados en su precio.

Esta normativa contribuye de manera decisiva al desarrollo de las políticas del Gobierno de España en materia de sostenibilidad, en particular del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, y se convierte en instrumento de compromisos de largo alcance del Gobierno en materia medioambiental, como son el Protocolo de Kyoto o la Estrategia de Göteborg.

La Estrategia de ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012, aprobado por el Gobierno el 28.11.2003, definió sobre un escenario al horizonte de dicha Estrategia, los potenciales de ahorro y las medidas a llevar a cabo al objeto de mejorar la intensidad energética<sup>1</sup> de nuestra economía e inducir un cambio de convergencia hacia los compromisos internacionales en materia de medio ambiente. Sobre esta Estrategia se concretó un Plan de Acción para el periodo 2005-2007, actualmente en vigor, con concreción en las medidas e instrumentos a activar en dicho periodo, la financiación del mismo y los objetivos energéticos y medioambientales a lograr en dicho periodo.

Un nuevo Plan de Acción, para el periodo 2008-2012, continuación en el tiempo del anterior completa el horizonte de aquella Estrategia, recoge el testigo y la experiencia de los tres años de gestión del anterior plan de acción, y se focaliza hacia los sectores menos visibles, denominados difusos (principalmente transporte y edificación), y en los que se requieren nuevos instrumentos orientados a un público objetivo muy atomizado y con patrones de comportamiento muy diversos.

<sup>1</sup> Con el objeto de poder cuantificar, o al menos hacerse una idea aproximada de la evolución de la eficiencia energética se suele emplear un indicador: la intensidad energética. Éste se define típicamente como el consumo de energía, primaria o final, por unidad de Producto Interior Bruto (PIB).

Gracias a esa experiencia, se ha introducido en la propuesta inicial con respecto a la E4, un esfuerzo adicional, fundamentalmente económico y normativo, en respuesta a la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia que persigue el cumplimiento español del protocolo de Kyoto, pues representa un reto adicional especialmente en los sectores difusos.

Así, la Directiva 2006/32/EC, sobre eficiencia en el uso final de la energía y los servicios energéticos, define un marco de esfuerzo común para conseguir un ahorro de un 9% en el año 2016.

En este contexto, el IDAE está promoviendo acciones para la eficiencia energética en edificación, en el marco de los Planes de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) y se pueden citar los siguientes:

Para edificios existentes, se consideran apoyos económicos, en el marco de la E4, a las siguientes medidas:

- ❖ Rehabilitación de la envolvente:
  - Incremento del nivel de aislamiento en fachadas, cubiertas y soleras.
  - Mejora del nivel de aislamiento y reducción de infiltraciones en ventanas.
  
- ❖ Renovación de las instalaciones térmicas:
  - Renovación del Parque de Calderas de Calefacción y ACS.
  - Renovación del Parque de Grupos de Frío.
  - Renovación del Parque de unidades de tratamiento de aire.
  
- ❖ Renovación de las instalaciones de iluminación interior:
  - Sustitución de lámparas incandescentes por otras de bajo consumo en residencial.
  - Renovación de la iluminación en edificios del terciario.

Para Edificios de Nueva Construcción, el IDAE, junto al Ministerio de la Vivienda, ha promovido una serie de medidas normativas a nivel estatal, fruto de la transposición de la Directiva de Eficiencia energética en Edificios.

Estas son:

- ❖ **EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.** La aprobación del CTE supone un gran avance en la reducción de los consumos directos de energía en el uso de los nuevos edificios en España, ya que incluyen exigencias que van a permitir una reducción entre el 30-40% del consumo de energía de los edificios.
  
- ❖ **EL REGLAMENTO PARA LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS (RITE),** supone la revisión y modificación de la reglamentación vigente sobre instalaciones térmicas de los edificios y recoge todo lo que es de obligado

cumplimiento sobre la seguridad, bienestar, higiene y eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios.

- ❖ Por último, LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS consiste en la implantación de un procedimiento de etiquetado energético del edificio que servirá como herramienta de información al consumidor en el momento de cualquier transacción comercial del mismo.

Se puede decir que la nueva normativa energética propone un cambio radical en la forma de diseñar los edificios y sus instalaciones consumidoras de energía. El proyecto, el edificio terminado y el edificio en uso serán calificados energéticamente a lo largo de su vida útil. Nos encontramos en las primeras etapas de este proceso, que en los próximos años se deberá ir consolidando. Además, el Plan de Acción de la E4 incorpora ayudas para la construcción de nuevos edificios con alta calificación energética, clases A y B.

## **2. Reales decretos.**

El Código Técnico de la Edificación da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente.

Por un lado, la aprobación del Código Técnico de la Edificación supone la superación y modernización del hasta el entonces vigente marco normativo de la edificación en España, regulado por el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre normativa de la edificación, que estableció las Normas Básicas de la Edificación, como disposiciones de obligado cumplimiento en el proyecto y la ejecución de los edificios.

Por otro, el Código Técnico de la Edificación crea un marco normativo homologable al existente en los países más avanzados y armoniza la reglamentación nacional existente en la edificación con las disposiciones de la Unión Europea vigentes en esta materia. En primer lugar, con las relativas a la libre circulación de productos de construcción dentro del mercado único europeo.

En segundo lugar ha de considerarse la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de los edificios, en virtud de la cual se han incorporado al Código Técnico de la Edificación las exigencias relativas a los requisitos de eficiencia energética de los edificios, que se establecen en los artículos 4, 5 y 6 de esta Directiva.

El Código Técnico de la Edificación se divide en dos partes, ambas de carácter reglamentario. En la primera se contienen las disposiciones de carácter general y las

exigencias que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación.

La segunda parte está constituida por los Documentos Básicos cuya adecuada utilización garantiza el cumplimiento de las exigencias básicas. En los mismos se contienen procedimientos, reglas técnicas y ejemplos de soluciones que permiten determinar si el edificio cumple con los niveles de prestación establecidos. Dichos Documentos no tienen carácter excluyente. Como complemento para la aplicación del Código se crean los Documentos Reconocidos como aquellos documentos técnicos externos e independientes del Código cuya utilización facilita el cumplimiento de determinadas exigencias y contribuyen al fomento de la calidad de la edificación.

## 2.1. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).

### ❖ Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE).

- 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 y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
- Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
- El Documento Básico «DB-HE Ahorro de Energía» especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

El objeto de éste proyecto será el de evaluar las siguientes Exigencias Básicas. Éstas recogen gran parte del ámbito eléctrico implementado en la edificación obviando todo aquello relacionado con la climatización, que queda contenida en la Exigencia Básica HE 2 debido a diversas particularidades.

Exigencias Básicas:

(15.3) Exigencia básica HE 3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Los *edificios* dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus *usuarios* y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

(15.5) Exigencia básica HE 5, Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

En los *edificios* que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

2.2. REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Artículo 1. Objeto, finalidad y definiciones.

- ❖ Constituye el objeto del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, con el que se inicia el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía, así como establecer las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados y aprobar un distintivo común en todo el territorio nacional denominado etiqueta de eficiencia energética.
- ❖ La finalidad de la aprobación de dicho Procedimiento básico es la promoción de la eficiencia energética, materializada en forma de un certificado de eficiencia energética que permita valorar y comparar sus prestaciones.
- ❖ A efectos del presente Procedimiento básico se establecen las siguientes definiciones:
  - Eficiencia energética de un edificio: Consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.
  - Calificación de eficiencia energética de un edificio: 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.
  - Certificación de eficiencia energética del edificio terminado: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto con la del edificio terminado y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio terminado.
  - Certificado de eficiencia energética del edificio terminado: Documentación suscrita por la dirección facultativa de la obra como resultado del proceso de

certificación, que incluye la calificación de eficiencia energética del edificio terminado, señalada en la escala de eficiencia energética.

- Etiqueta de eficiencia energética: Distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto de un edificio o por el edificio terminado.
- Documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética: Documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuenten con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda y que se encuentren inscritos en el Registro general creado a tal efecto.

#### Artículo 2. Ámbito de aplicación.

❖ Este Procedimiento básico es de aplicación en:

- Edificios de nueva construcción.
- Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1.000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25 por cien del total de sus cerramientos.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- Aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando no proceda.
- Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- Edificios industriales y agrícolas, en la parte destinada a talleres, procesos industriales y agrícolas no residenciales.
- Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.
- Edificios de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva que no tengan carácter residencial o público.

#### Artículo 3. Documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética.

- ❖ Con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico se crean los denominados documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, que se definen como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, debiendo contar con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda.
- ❖ Los documentos reconocidos podrán tener el contenido siguiente:
  - Programas informáticos de calificación de eficiencia energética.
  - Especificaciones y guías técnicas o comentarios sobre la aplicación técnico-administrativa de la certificación de eficiencia energética.



- Cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia energética, excluidos los que se refieran a la utilización de un producto o sistema particular o bajo patente.
- ❖ Se crea en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y adscrito a la Secretaría General de Energía, el Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, que tendrá carácter público e informativo.

#### Artículo 4. Calificación de eficiencia energética de un edificio.

- ❖ La calificación de eficiencia energética es la expresión del consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.
- ❖ La obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio se puede realizar mediante una de las dos opciones siguientes:
  - La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático que desarrolla la metodología de cálculo del Anexo I de una manera directa. Dentro de esta opción se puede utilizar:
    - El programa informático de Referencia que tiene la consideración de documento reconocido, será de aplicación en todo el territorio nacional, y cuya correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en este Procedimiento básico. La versión oficial de este programa informático de Referencia se denomina CALENER, y estará disponible al público para su libre utilización.
    - Un programa informático Alternativo, que cumpla con las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo, esté validado de acuerdo con lo que establece el Anexo I y cuente con el reconocimiento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda, a propuesta de la Comisión Asesora.
  - La opción simplificada, de carácter prescriptivo que desarrolla la metodología de cálculo del Anexo I de una manera indirecta.

#### Artículo 5. Certificación de eficiencia energética de un edificio.

- ❖ La certificación de eficiencia energética de un edificio es el proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto del edificio y por el edificio terminado y que conduce, respectivamente, a la expedición de un certificado de eficiencia energética del proyecto y de un certificado de eficiencia energética del edificio terminado.
- ❖ El certificado de eficiencia energética dará información exclusivamente sobre la eficiencia energética del edificio y no supone en ningún caso la acreditación del cumplimiento de ningún otro requisito exigible al edificio.

- ❖ El certificado de eficiencia energética contendrá como mínimo la siguiente información:
  - Identificación del edificio.
  - Indicación de la normativa energética que le es de aplicación en el momento de su construcción.
  - Indicación de la opción elegida, general o simplificada y en su caso programa informático de Referencia o Alternativo utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.
  - Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones normales de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.
  - Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta que figura en el Anexo II.
  - Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo durante la ejecución del edificio con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado de eficiencia energética con el edificio terminado al que se refiere el artículo 7.2.

En los Artículos 6 y 7, se incide en la distinción entre el certificado de eficiencia energética del proyecto y el certificado de eficiencia energética del edificio terminado. Para establecer la conformidad de la información contenida en el certificado de eficiencia energética con el edificio terminado, se realizarán las pruebas, comprobaciones e inspecciones necesarias durante la fase de ejecución del edificio. Los Artículos 8 y 9 definen las competencias en temas de control externo e inspecciones.

Artículo 10. Validez, renovación y actualización del certificado de eficiencia energética.

- ❖ El certificado de eficiencia energética tendrá una validez máxima de 10 años.
- ❖ El órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente establecerá las condiciones específicas para proceder a su renovación o actualización.
- ❖ El propietario del edificio es responsable de la renovación o actualización del certificado de eficiencia energética conforme a las condiciones que establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma. El propietario podrá proceder voluntariamente a su actualización, cuando considere que existen variaciones en aspectos del edificio que puedan modificar el certificado de eficiencia energética.

Artículo 11. Etiqueta de eficiencia energética.

- ❖ La obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización, durante el periodo de validez de la misma, de la etiqueta de eficiencia energética, cuyos contenidos se recogen en el Anexo II del presente Procedimiento básico.
- ❖ La etiqueta debe ser incluida en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio. Deberá figurar siempre, de forma clara e

inequívoca en la etiqueta, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

- ❖ Se prohíbe la exhibición de etiquetas, marcas, símbolos o inscripciones que se refieran a la certificación de eficiencia energética de un edificio que no cumplan los requisitos previstos en este Procedimiento básico y que puedan inducir a error o confusión.
- ❖ A los efectos de lo anteriormente establecido, en ningún caso se autorizará el registro de la etiqueta como marca.

#### Artículo 12. Obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética.

- ❖ Todos los edificios ocupados por la Administración pública o instituciones que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, con una superficie útil total superior a 1.000 m<sup>2</sup>, exhibirán de forma obligatoria, en lugar destacado y claramente visible por el público, la etiqueta de eficiencia energética. También podrá indicarse la gama de temperaturas interiores recomendadas y manifestar las registradas en cada momento, así como otros factores climáticos e información energética del edificio.
- ❖ Para el resto de edificios la exhibición pública de la etiqueta de eficiencia energética será voluntaria, y de acuerdo con lo que establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

#### Artículo 13. Información sobre el certificado de eficiencia energética.

- ❖ Cuando se venda o alquile un edificio, total o parcialmente, el vendedor o arrendador entregará al comprador o inquilino, según corresponda, el certificado de eficiencia energética del edificio terminado o, en su caso, de la parte adquirida o arrendada, según corresponda.
- ❖ Para las viviendas o para los locales destinados a uso independiente o de titularidad jurídica diferente, situados en un mismo edificio, la certificación de eficiencia energética se basará, como mínimo, en una certificación única de todo el bloque o alternativamente en la de una o varias viviendas o locales representativos del mismo edificio. Los locales destinados a uso independiente que no estén definidos en el proyecto del edificio, para ser utilizados posteriormente, se deben certificar antes de la apertura del local.
- ❖ El órgano competente de la Comunidad Autónoma determinará, la modalidad de la inclusión del certificado de eficiencia energética de los edificios de viviendas en la información que reglamentariamente el vendedor debe suministrar al comprador.

Los Artículos 14, 15 y 16 se refieren a las funciones, composición y organización de la comisión asesora para la certificación de eficiencia energética. Dichos Artículos no serán tratados en el presente documento. El Artículo 17 se refiere al régimen sancionador y no se va a tratar.

El Real Decreto 47/2007 consta también de dos Anexos en los que se detalla, de manera más concreta, la metodología de cálculo a seguir para la obtención de la calificación de eficiencia energética y la etiqueta de eficiencia energética.

### 2.3. Anexos.

#### *Anexo I. Especificaciones técnicas de la metodología del cálculo de la calificación de eficiencia energética (Opción general).*

El método a emplear se basa en el sistema denominado “auto-referente”, que consiste en comparar el edificio a certificar con otro denominado edificio de referencia. El edificio de referencia deberá tener las siguientes características:

- ❖ Misma forma y tamaño que el edificio a certificar.
- ❖ Misma zonificación interior y mismo uso de cada zona que tenga el edificio a certificar.
- ❖ Mismos obstáculos remotos del edificio a certificar.
- ❖ Calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta que cumplan con los requisitos que figuran en la opción simplificada de la sección HE1 del código técnico de la edificación (CTE).
- ❖ Mismo nivel de iluminación que el edificio a certificar y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos que figuran en la sección HE3 del CTE.
- ❖ Instalaciones térmicas de referencia en función del uso y del servicio del edificio acorde con los requisitos que figuran en la sección HE2 del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y en la sección HE4 del CTE.
- ❖ Contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica conforme a la sección HE5 del CTE en los casos en que así lo exija el documento básico de ahorro de energía del CTE.
- ❖ Mediante el uso del programa informático, se deberán obtener los siguientes datos:
  - Consumo de energía final hora a hora mediante el cálculo de la demanda horaria y el cálculo del rendimiento medio horario de los sistemas.
  - Cálculo del consumo horario de todos los equipos como luminarias, calderas, plantas enfriadoras, equipos autónomos de expansión directa, ventiladores, bombas, sistemas de condensación, etc.
  - Cálculo del consumo horario de todos los equipos en carga parcial.
  - Cálculo del consumo horario de equipos en función de la variación de los parámetros de operación como temperatura de distribución, temperatura del aire exterior, etc.
  - Cálculo de los consumos horarios asociados a demandas sensibles y latentes.
- ❖ El programa informático deberá contemplar los siguientes aspectos:
  - Disposición y orientación del edificio.
  - Condiciones ambientales interiores y condiciones climáticas exteriores.
  - Características térmicas de los cerramientos.
  - Sistemas solares pasivos y protección solar.

- Instalaciones térmicas de los edificios individuales y colectivas.
- Ventilación natural.
- Instalación de iluminación interior artificial.
- Iluminación natural.
- Sistemas solares activos.
- Electricidad producida por cogeneración.
- La última parte de este primer Anexo se refiere a la validación de programas informáticos alternativos y no se va a profundizar en ella.

## *Anexo II. Etiqueta de eficiencia energética.*

La etiqueta de eficiencia energética deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

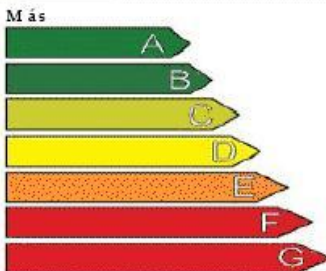
- ❖ Zona climática donde se ubique el edificio, de acuerdo a la sección HE1 del CTE.
- ❖ Valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio.
- ❖ Inclusión del texto siguiente: “El consumo de energía y sus emisiones de carbono es el obtenido por el programa ... para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio.
- ❖ El consumo real del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono (sólo cuando se utilice la opción general).
- ❖ Inclusión del texto siguiente: “La calificación de eficiencia energética se ha obtenido mediante el procedimiento simplificado recogido en el documento ..... (cuando se emplee la opción simplificada).
- ❖ Indicación de si se refiere a la calificación de eficiencia energética del proyecto o del edificio terminado.
- ❖ Fecha de validez de la etiqueta energética, con el rótulo: “Válida hasta dd/mm/aaaa”. También figuran en este anexo los colores que deben usarse en el distintivo y la calificación de eficiencia energética que se asigna al

A continuación se muestra la estructura de la etiqueta de eficiencia energética:

**Calificación Energética de Edificios**  
proyecto/edificio terminado

---

Más



Menos

Edificio: \_\_\_\_\_

Localidad/Zona climática: \_\_\_\_\_

Uso del Edificio: \_\_\_\_\_

Consumo Energía Anual: \_\_\_\_\_ kWh/año  
(\_\_\_\_\_ kWh/m<sup>2</sup>)

Emisiones de CO<sub>2</sub> Anual: \_\_\_\_\_ kgCO<sub>2</sub>/año  
(\_\_\_\_\_ kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)

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 operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.

Figura 1.2. Etiqueta energética de edificios. *Fuentes: REAL DECRETO 47/2007.*

Esta etiqueta permite evaluar y comparar las prestaciones energéticas y el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> de los edificios, aportado al usuario nuevos criterios para la compra.

En el caso de edificios destinados a otros usos, la asignación de cada uno de éstos índices se realiza en función de un único parámetro denominado C, que es el cociente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio a certificar y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia. Esta clasificación es recogida en la tabla II del RD.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

Tabla 1.1. Relación de calificación energética. *Fuentes: REAL DECRETO 47/2007*

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Este índice expresará, en tanto por uno, la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas del edificio a certificar, necesarias para satisfacer las demandas asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia.

## EXIGENCIAS DE AHORRO ENERGETICO DEL CTE

A través de este Código Técnico de la Edificación se crea un nuevo marco normativo para regular las exigencias básicas de calidad en los edificios. El CTE está dividido en 3 capítulos con un total de 15 artículos. El capítulo 3 contiene los documentos básicos de calidad que se desarrollan en los artículos 10, 11, 12, 13, 14 y 15. A continuación se muestra la estructura dada en el CTE:

Artículo 10: Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)

Artículo 11: Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

Artículo 12: Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)

Artículo 13: Exigencias básicas de salubridad (HS)

Artículo 14: Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)

Artículo 15: Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

Obligatoriamente el edificio debe cumplir con las exigencias de ahorro de energía del CTE. Como se acaba de ver, estas exigencias están recogidas en el **artículo 15** que se estructura como se muestra a continuación:

HE 1: Limitación de demanda energética

HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones e iluminación

HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS)

HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

El objetivo que persigue este requisito básico es lograr que se haga un uso racional de la energía en los edificios así como conseguir que una parte del consumo proceda de fuentes renovables (energía solar térmica y solar fotovoltaica fundamentalmente). En definitiva se pretende que el consumo sea un consumo sostenible. Es fundamental tener en cuenta que esta limitación del consumo energético no debe afectar a las condiciones de bienestar térmico de los ocupantes del inmueble. En los próximos puntos se detallan cada una de estas secciones que constituyen el documento básico de ahorro de energía HE.

## 1. HE1 Limitación de Demanda Energética.

### 1.1. Generalidades.

Esta Sección es de aplicación en:

- ❖ Edificios de nueva construcción.
- ❖ Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25% del total de sus *cerramientos*.

En el proyecto se optará por el procedimiento de comprobación denominado:

- ❖ **Opción general**, basado en la 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.

Se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos* y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

### 1.2. Caracterización y cuantificación de las exigencias.

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, ésta será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen su *envolvente térmica*, éstos valores están tabulados.

Los parámetros característicos que definen la *envolvente térmica* se agrupan en los siguientes tipos:

- ❖ transmitancia térmica de muros de fachada UM;
- ❖ transmitancia térmica de cubiertas UC;
- ❖ transmitancia térmica de suelos US;
- ❖ transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno UT;
- ❖ transmitancia térmica de huecos UH ;
- ❖ factor solar modificado de huecos FH;



- ❖ factor solar modificado de lucernarios FL;
- ❖ transmitancia térmica de medianerías UMD.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos* y *particiones* interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia límite, en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

- ❖ Condensaciones.

Las condensaciones superficiales en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil.

- ❖ Permeabilidad al aire.

Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los *cerramientos* se caracterizan por su permeabilidad al aire. La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los *cerramientos* que limitan los *espacios habitables* de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican.

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- ❖ para las zonas climáticas A y B:  $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ ;
- ❖ para las zonas climáticas C, D y E:  $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ .

### 1.3.Cálculo y dimensionado.

- ❖ Datos previos.
  - ❖ Zonificación Climática: la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas.
  - ❖ Clasificación de los espacios a efectos de cálculo de la demanda energética, se clasifican en:
  - ❖ Espacios habitables:
    - espacios con baja disipación de calor.
    - espacios con elevada generación de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes.

❖ *Espacios no habitables.*

- Clasificación de los espacios a efectos de la limitación de condensaciones en los cerramientos:
  - *Espacios habitables* se caracterizan por el *exceso de humedad interior*. De acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:
    - espacios de clase de higrometría 5: gran producción de humedad;
    - espacios de clase de higrometría 4: alta producción de humedad;
    - espacios de clase de higrometría 3 o inferior: no se prevea alta producción de humedad.
  - Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes.

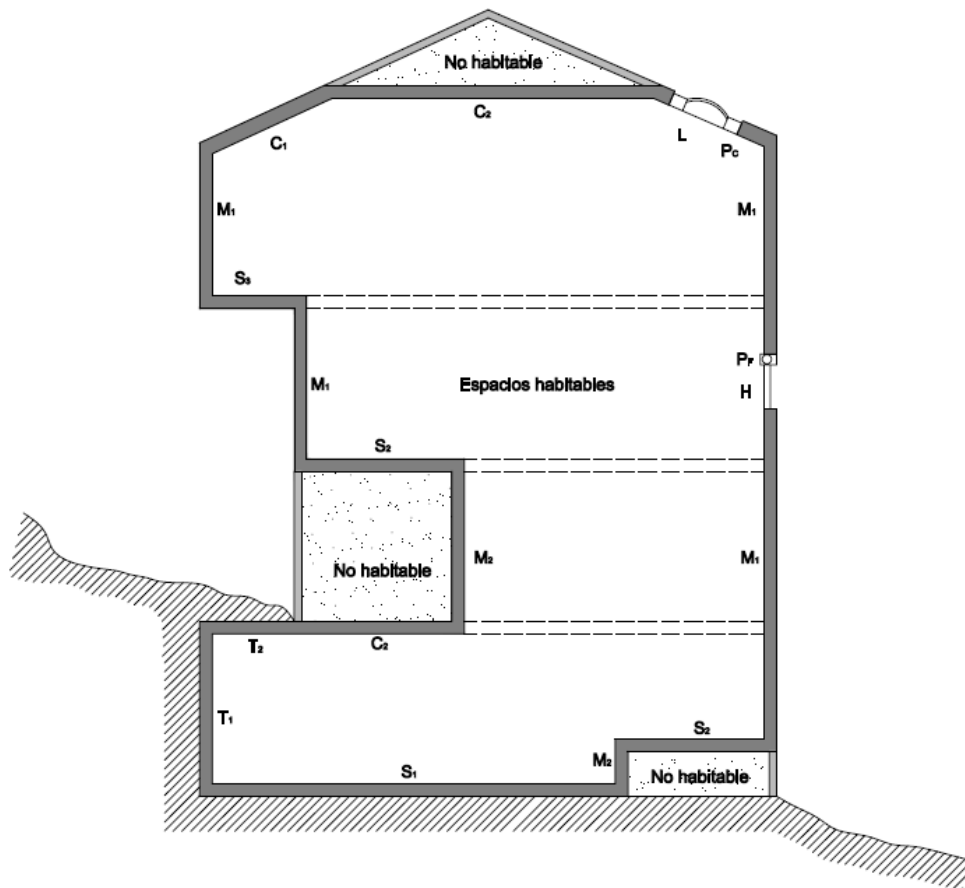


Figura 2.1. Esquema de envolvente térmica de un edificio.

- Los *cerramientos y particiones interiores* de los *espacios habitables* se clasifican según su situación en las siguientes categorías:
  - cubiertas;
  - suelos;
  - fachadas;

- medianerías;
- cerramientos en contacto con el terreno;
- particiones interiores;

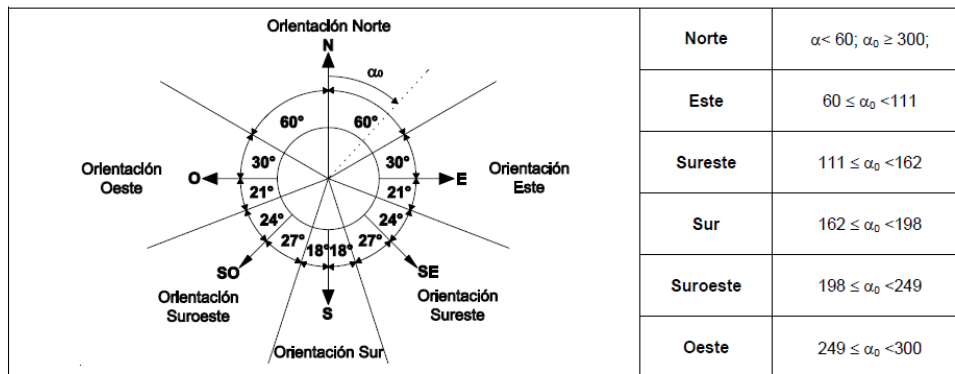


Figura 2.2. Orientación de las fachadas.

- Los *cerramientos* de los *espacios habitables* en las siguientes categorías:
  - cerramientos en contacto con el aire: parte opaca o parte semitransparente.
  - cerramientos en contacto con el terreno: suelos, muros o cubiertas enterradas.
  - particiones interiores en contacto con espacios no habitables: particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias); o suelos en contacto con cámaras sanitarias.

❖ Opción General.

1.3.1.1. Aplicación de la opción general.

El objeto de la opción general es cuádruple y consiste en:

- ❖ limitar la demanda energética de los edificios de una manera directa, evaluando dicha demanda mediante el método de cálculo especificado en 3.3.2. Esta evaluación se realizará considerando el edificio en dos situaciones:
  - como edificio objeto, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación;
  - como 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; y 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 exigencias de demanda energética;

- ❖ limitar la presencia de condensaciones en la envolvente térmica;
- ❖ limitar las infiltraciones de aire.

La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.

En el caso de utilizar soluciones constructivas no incluidas en el programa se justificarán en el proyecto las mejoras de ahorro de energía introducidas y que se obtendrán mediante método de simulación o cálculo al uso.

El procedimiento de aplicación para verificar que un edificio es conforme con la opción general consiste en comprobar que:

- ❖ las demandas energéticas de la envolvente térmica del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia. Como excepción, se admite que en caso de que para el edificio objeto una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja. Además para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.
- ❖ la humedad relativa media mensual en la superficie interior sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Comprobar, además, que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no sea mayor que el valor admisible para cada material aislante.
- ❖ el cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos establecidas en el apartado 2.2.2.
- ❖ en el caso de edificios de viviendas, la limitación de la transmitancia térmica de las particiones interiores que limitan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio.

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C <sub>1</sub>	En contacto con el aire	U <sub>C1</sub>	$U_{cm} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{pc} \cdot U_{pc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{pc} + \sum A_L}$	U <sub>Cm</sub> ≤ U <sub>Clim</sub>
	C <sub>2</sub>	En contacto con un espacio no habitable	U <sub>C2</sub>		
	P <sub>c</sub>	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PC</sub>		
	L	Lucernarios	U <sub>L</sub>	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F <sub>Lm</sub> ≤ F <sub>Llim</sub>
F <sub>L</sub>					
FACHADAS	M <sub>1</sub>	Muro en contacto con el aire	U <sub>M1</sub>	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	U <sub>Mm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	M <sub>2</sub>	Muro en contacto con espacios no habitables	U <sub>M2</sub>		
	P <sub>F1</sub>	Puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF1</sub>		
	P <sub>F2</sub>	Puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF2</sub>		
	P <sub>F3</sub>	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF3</sub>		
	H	Huecos	U <sub>H</sub>	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	U <sub>Hm</sub> ≤ U <sub>Hlim</sub>
F <sub>H</sub>			$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F <sub>Hm</sub> ≤ F <sub>Hlim</sub>	
SUELOS	S <sub>1</sub>	Apoyados sobre el terreno	U <sub>S1</sub>	$U_{sm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>Sm</sub> ≤ U <sub>Slim</sub>
	S <sub>2</sub>	En contacto con espacios no habitables	U <sub>S2</sub>		
	S <sub>3</sub>	En contacto con el aire exterior	U <sub>S3</sub>		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T <sub>1</sub>	Muros en contacto con el terreno	U <sub>T1</sub>	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>Tm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	T <sub>2</sub>	Cubiertas enterradas	U <sub>T2</sub>		
	T <sub>3</sub>	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U <sub>T3</sub>		

Tabla 2.1. Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite.

**NOTAS:**

*El cálculo se realizará para la zona de baja carga interna y para la zona de alta carga interna de los edificios.*

*La tabla no es exhaustiva en cuanto a los componentes de los cerramientos y particiones interiores.*

Estas comprobaciones se han de realizar mediante programas informáticos que desarrollen el método de cálculo.

❖ Método de cálculo.

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento de la opción general se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los aspectos siguientes:

- ❖ particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;
- ❖ determinación de las sombras producidas sobre los huecos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
- ❖ valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados considerando la radiación absorbida;
- ❖ transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;
- ❖ valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del hueco.
- ❖ cálculo de infiltraciones a partir de la permeabilidad de las ventanas;
- ❖ comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales;
- ❖ toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- ❖ valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
- ❖ valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los periodos sin ocupación);
- ❖ acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

Para la definición geométrica ha sido necesario especificar los siguientes datos o parámetros:

- ❖ situación, forma, dimensiones de los lados, orientación e inclinación de todos los cerramientos de espacios habitables y no habitables. De igual manera se precisará si están en contacto con aire o con el terreno;

- ❖ longitud de los puentes térmicos, tanto de los integrados en las fachadas como de los lineales procedentes de encuentros entre cerramientos;
- ❖ para cada cerramiento la situación, forma y las dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo;
- ❖ para cada hueco la situación, forma y las dimensiones de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior al hueco;
- ❖ para las persianas y cortinas exteriores no se definirá su geometría sino que se incluirán coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco;
- ❖ La situación, forma y dimensiones de aquellos obstáculos remotos que puedan arrojar sombra sobre los cerramientos exteriores del edificio.

Para la definición constructiva se precisarán para cada tipo de cerramiento los datos siguientes:

- ❖ Parte opaca de los cerramientos: espesor y propiedades de cada una de las capas, absorptividad de las superficies exteriores frente a la radiación solar y el factor de temperatura de la superficie interior.
- ❖ Puentes térmicos: transmitancia térmica lineal.
- ❖ Huecos y lucernarios: transmitancia del acristalamiento y del marco, factor solar del acristalamiento, absorptividad del marco, corrector del factor solar y corrector de la transmitancia para persianas o cortinas exteriores, y

Se especificará para cada espacio si se trata de un *espacio habitable* o *no habitable*, indicando para estos últimos, si son de baja carga interna o alta carga interna.

Se indicarán para cada espacio la categoría del mismo en función de la clase de higrometría o, en caso de que se pueda justificar, la temperatura y la humedad relativa media mensual de dicho espacio para todos los meses del año.

#### 1.3.1.2. Programa informático de referencia.

El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el apartado anterior, previa entrada de los datos necesarios.

La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización. El programa realiza de forma automática todos los cálculos vistos en la opción simplificada, si previamente se introduce la geometría constructiva del edificio.

Para la definición geométrica, es necesario especificar los siguientes datos:

- ❖ Situación, forma, dimensiones, orientación e inclinación de todos los cerramientos de espacios habitables y no habitables.
- ❖ Longitud de los puentes térmicos.
- ❖ Situación, forma y dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) de cada cerramiento.
- ❖ Forma y dimensiones de los obstáculos de fachada (retranqueos, voladizos, toldos,...) de cada hueco.
- ❖ Coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco para persianas y cortinas exteriores.
- ❖ Situación forma y dimensiones de los obstáculos remotos.

Para la definición constructiva es necesario precisar los siguientes datos:

- ❖ Parte opaca de los cerramientos (se deben definir todas las propiedades necesarias de las capas del muro).
- ❖ Puentes térmicos (transmitancia lineal).
- ❖ Huecos y lucernarios (transmitancia del acristalamiento y del marco, factor solar, absorptividad, permeabilidad, etc.)

Además, se deben dividir los espacios según tres criterios: que sean habitables o no habitables, que sean de baja o alta carga interna y en función de su clase hidrométrica. Una vez introducidos todos los datos necesarios, se podrá obtener el cálculo de la demanda del edificio objeto en relación al edificio de referencia.

#### 1.3.1.3. Métodos alternativos de cálculo.

Para la verificación de la opción general se podrán utilizar otros programas de ordenador alternativos basados en el método de cálculo y que sean Documentos Reconocidos del CTE.

Con el fin de que cualquier programa informático que desarrolle el método de cálculo pueda ser aceptado como procedimiento válido para cumplimentar la opción general, éste debe ser validado con el procedimiento que se establezca para su reconocimiento.

#### 1.4. Productos de construcción.

- ❖ Características exigibles a los productos.

Los edificios se caracterizan térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica. Se distinguen los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas, de los productos para los huecos



y lucernarios. Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas: la conductividad térmica  $\lambda$  (W/mK); el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu$ .

En su caso, además se podrán definir las siguientes propiedades: la densidad  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>); el calor específico  $c_p$  (J/kg.K).

Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- ❖ Parte semitransparente del hueco por: la transmitancia térmica  $U$  (W/m<sup>2</sup>K); el factor solar,  $g_{\perp}$
- ❖ Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por: la transmitancia térmica  $U$  (W/m<sup>2</sup>K); la absorptividad  $\alpha$ .

Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según marcado CE, o de Documentos Reconocidos para cada tipo de producto. En el pliego de condiciones del proyecto debe expresarse las características higrotérmicas de los productos utilizados en los *cerramientos y particiones interiores* que componen la envolvente térmica del edificio. Si éstos están recogidos de Documentos Reconocidos, se podrán tomar los datos allí incluidos por defecto. Si no están incluidos, en la memoria deben incluirse los cálculos justificativos de dichos valores y consignarse éstos en el pliego.

En todos los casos se utilizarán valores térmicos de diseño, los cuales se pueden calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001.

- ❖ Características exigibles a los *cerramientos y particiones interiores* de la envolvente térmica.

Las características exigibles a los *cerramientos y particiones interiores* son las expresadas mediante los parámetros característicos de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.2 de éste Documento Básico.

El cálculo de estos parámetros deberá figurar en la memoria del proyecto. En el pliego de condiciones del proyecto se consignarán los valores y características exigibles a los *cerramientos y particiones interiores*.

### 1.5.Construcción.

En el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la Parte I del CTE.

## **2. HE 2 Rendimiento de las Instalaciones Térmicas.**

Según esta exigencia básica, los edificios deben disponer de instalaciones térmicas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia no se desarrolla propiamente en este documento de ahorro de energía HE. Su descripción detallada se encuentra en el vigente reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

## **3. HE 3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.**

### 3.1. Generalidades.

Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- ❖ edificios de nueva construcción;
- ❖ rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup>, donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- ❖ reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

- ❖ Procedimiento de verificación.

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- ❖ cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI en cada zona, constatando que no se superan los valores límite;
- ❖ comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural;
- ❖ verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Asimismo debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

### 3.2. Caracterización y cuantificación de las exigencias.

#### ❖ Valor de Eficiencia Energética de la Instalación.

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

Siendo:

- P** la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];  
**S** la superficie iluminada [ $\text{m}^2$ ];  
**E<sub>m</sub>** la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- ❖ Grupo 1: Zonas de no representación en las que el nivel de iluminación.
- ❖ Grupo 2: Zonas de representación en las que el diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario son los criterios preponderantes.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla 2.2. Estos valores excluyen las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	salas de diagnóstico (4)	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios (2)	4,0
	habitaciones de hospital (3)	4,5
	zonas comunes (1)	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5,0
	aparcamientos	5,0
	espacios deportivos (5)	5,0
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
2 zonas de representación	administrativo en general	6,0
	estaciones de transporte (6)	6,0
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6,0
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6,0
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8,0
	hostelería y restauración (8)	10,0
	religioso en general	10,0
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10,0
	tiendas y pequeño comercio	10,0
	zonas comunes (1)	10,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12,0	
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10,0

Tabla 2.2 Valores límite de eficiencia energética de la instalación.

❖ Sistemas de control y regulación.

Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:

- ❖ toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización;
- ❖ se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos;

- Zonas con cerramientos acristalados al exterior.

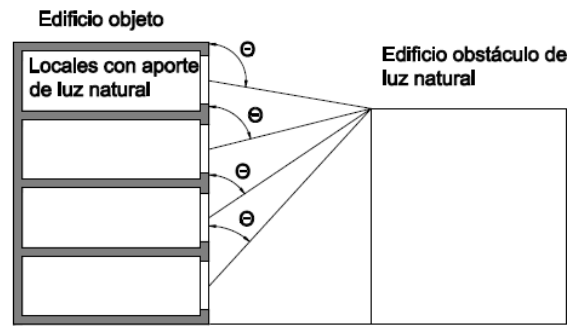


Figura 2.3. Esquema distribución de ángulos.

- que el ángulo  $\theta$  sea superior a  $65^\circ$  ( $\theta > 65^\circ$ ), siendo  $\theta$  el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales;
- que se cumpla la expresión:  $T \cdot \left(\frac{A_w}{A}\right) > 0,07$

Siendo:

**T** coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno.

**A<sub>w</sub>** área de acristalamiento de la ventana de la zona [ $m^2$ ].

**A** área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [ $m^2$ ].

❖ Zonas con cerramientos acristalados a patios o atrios:

- en el caso de patios no cubiertos cuando éstos tengan una anchura (**a<sub>i</sub>**) superior a 2 veces la distancia (**h<sub>i</sub>**), siendo **h<sub>i</sub>** la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio, y la cubierta del edificio;

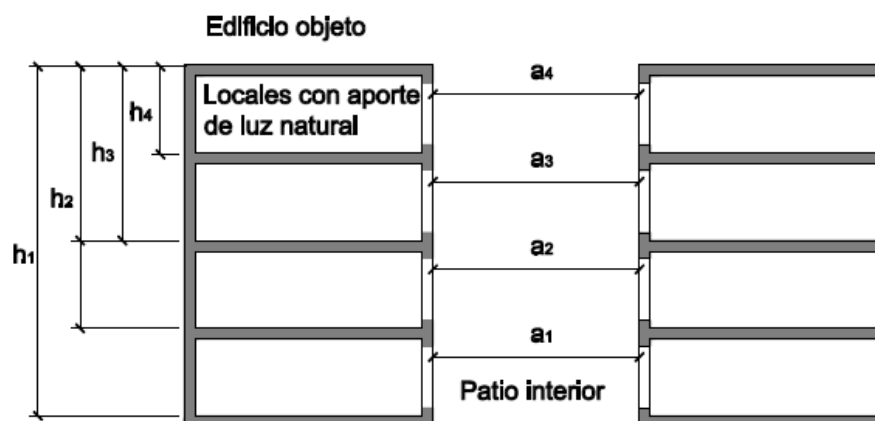


Figura 2.4. Esquema distribución de alturas.

- ❖ Zonas con cerramientos acristalados a patios cubiertos por acristalamiento.

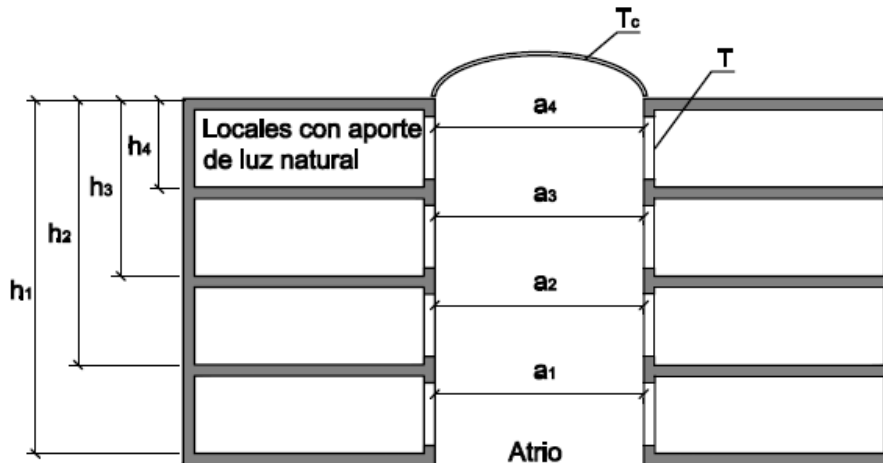


Figura 2.5. Esquema de distribución patios.

- que se cumpla la expresión:  $T \cdot \left(\frac{A_w}{A}\right) > 0,07$

Siendo:

**T** coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno.

**A<sub>w</sub>** área de acristalamiento de la ventana de la zona [m<sup>2</sup>].

**A** área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m<sup>2</sup>].

Los sistemas de aprovechamiento de luz natural se basan en regular de forma automática el flujo luminoso (lúmenes) de una instalación en función del flujo luminoso que aporte la luz natural. La regulación de estos sistemas puede ser todo/nada (la iluminación se enciende/apaga por debajo/encima de un cierto umbral prefijado) o puede tratarse de una regulación progresiva (la iluminación se va ajustando poco a poco en función de la luz natural hasta lograr el nivel prefijado). Debe tenerse siempre presente que los objetivos fundamentales de la implantación de un sistema de aprovechamiento de luz natural son el ahorro de energía, la economía de costes y el confort del usuario.

En esta sección HE-3 se opta por recomendar un sistema de regulación de iluminación artificial en función de la luz natural, pero no se debe olvidar que existen otros sistemas de regulación. Un ejemplo es un sistema de regulación complejo basado en un sistema de gestión centralizada o un sistema mucho más sencillo basado en potenciómetros o mandos a distancia que regula directamente el usuario.

### 3.3.Cálculo.

- ❖ Índice del local (K): se trata de un parámetro geométrico adimensional y de su valor depende del número mínimo de puntos a considerar en el cálculo de la iluminancia media. Se define mediante la expresión:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

- L longitud del local [m].
- A anchura del local [m].
- H distancia del plano de trabajo a las luminarias [m].

El número de puntos mínimo que se debe considerar para el cálculo de la iluminancia media E es:

$$\left\{ \begin{array}{l} 4 \quad \text{si } K < 1 \\ 9 \quad \text{si } 1 \leq K < 2 \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} 16 \quad \text{si } 2 \leq K < 3 \\ 9 \quad \text{si } K \geq 3 \end{array} \right\}$$

- ❖ Luminancia (L): energía luminosa emitida o reflejada en dirección al ojo del observador, medida en cd/m<sup>2</sup>. Luminancias inferiores a 1 cd/m<sup>2</sup> no son apreciables por el ojo humano y las luminancias superiores a 500 cd/m<sup>2</sup> provocan efectos deslumbrantes.
- ❖ Flujo luminoso (Φ): potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se mide en lúmenes.
- ❖ Iluminancia (e): relación entre el flujo luminoso y el área de un elemento que contiene al punto iluminado. La escala recomendada va desde los 20 hasta los 5000 lux.

$$e = \frac{\Phi}{A} \times \left[ \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} \right] = \text{lux}$$

- ❖ Iluminancia media horizontal (E): iluminancia promedio sobre el área horizontal.
- ❖ Iluminancia media horizontal mantenida (Em): valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media del área especificada. En áreas ocupadas de modo continuo no debe ser inferior a 200 lux.
- ❖ Eficacia luminosa o rendimiento luminoso (η): es la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida por la fuente.

$$UGR = 8 \times \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \times \sum \frac{L^2 \times \omega}{\rho^2} \right)$$

- $L_b$  luminancia de fondo [cd/m ].  
 $L$  luminancia en la dirección del ojo del observador [cd/m ].  
 $\omega$  ángulo sólido de cada luminaria en el ojo del observador [estereradianes].  
 $\rho$  índice de posición de Guth.

- ❖ Índice de rendimiento de color (Ra): medida del efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. Su valor máximo es 100.
- ❖ Factor de mantenimiento (Fm): es el cociente de la luminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media obtenida bajo la misma condición para la instalación considerada como nueva.

#### 3.4.Productos de construcción.

- ❖ Equipos.

Particularmente, las lámparas fluorescentes cumplirán con los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

La potencia del conjunto lámpara más equipo auxiliar no superará los valores indicados en las tablas 2.3 y 2.4:

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	Vapor halogenurosmetálicos
50	60	62	--
70	--	84	84
80	92	--	--
100	--	116	116
125	139	--	--
150	--	171	171
270	250	277	270 (2,15A) 277(3A)
425	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

Tabla 2.3. Lámparas de descarga.

*NOTA: Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.*



Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia nominal del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

Tabla 2.4. Lámparas halógenas de baja tensión.

### 3.5. Mantenimiento y conservación.

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación **VEEI**, se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

#### Normas de referencia.

A efectos del cumplimiento de las exigencias de esta sección, se consideran aceptables los valores de los distintos parámetros de iluminación que definen la calidad de las instalaciones de iluminación interior, dispuestos en la siguiente normativa:

- ❖ UNE-EN 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.
- ❖ Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la norma EN 12.464 y ha sido elaborada en virtud de lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y en la disposición final primera del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, que desarrollan la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- ❖ Norma UNE EN 12193: Iluminación. Alumbrado de instalaciones deportivas.

#### Recomendaciones.

**UNE 72 112** Tareas visuales. Clasificación.

**UNE 72 163** Niveles de iluminación. Asignación de Tareas.

#### 4. HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

En esta exigencia básica se establece la mínima parte de la demanda de Agua caliente sanitaria (ACS) y/o climatización de piscina cubierta que debe cubrirse mediante el empleo de un sistema de energía solar de baja temperatura. Esta contribución mínima será menor o mayor en función de la ubicación y la demanda de ACS del edificio.

##### ❖ Zonas Climáticas.

Se establecen 5 zonas climáticas según la radiación solar global media diaria:

Zona climática	MJ/m2	kWh/m2
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 2.5. Zonas climáticas según radiación solar global.

No se deben confundir estas zonas climáticas con las que se definieron en el apartado 2.3.1, pues el criterio de división para la limitación de la demanda es la severidad climática, no la radiación solar global. En España, la distribución es bastante irregular aunque existen amplias zonas con un mismo aporte solar.

En la siguiente figura se muestra este reparto:

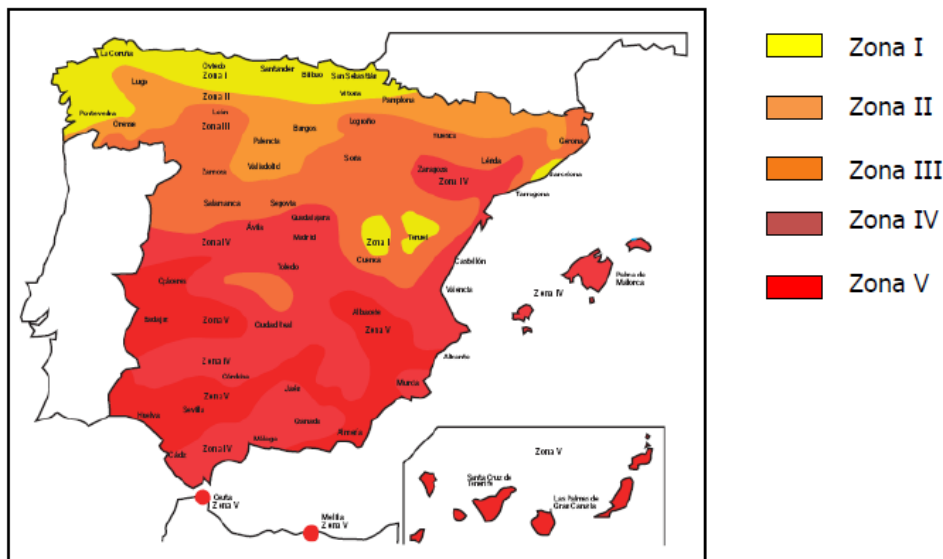


Figura 2.6. Zonas climáticas en España.

Además de la información gráfica, se pueden consultar tablas más detalladas en este mismo documento.

#### 4.1. Contribución solar mínima.

La contribución solar anual representa la fracción de la demanda anual que se debe aportar mediante energía solar:

$$\text{Contribución solar}(\%) = \frac{\text{demanda ACS anual aportada con energía solar}}{\text{demanda ACS energética anual}} \times 100$$

Para cada zona climática y según la demanda de ACS del edificio, se establecen unos valores mínimos de contribución solar comprendidos entre un 30% y un 70%. Se distinguen 2 casos:

- ❖ Caso general: el sistema de apoyo energético se basa en combustibles fósiles como gasóleo, gas natural, propano, etc.
- ❖ Caso efecto Joule: el sistema de apoyo energético se basa en la electricidad mediante efecto Joule.

En general la contribución solar mínima obligatoria según esta exigencia básica HE-4 es superior en el caso en que la instalación emplee como apoyo la energía eléctrica. En el caso en que el sistema de apoyo se base en combustibles fósiles, el rendimiento asociado será el rendimiento de combustión, que puede estar alrededor del 80% si bien depende en gran medida del tipo y el tamaño de la caldera, por tanto:

$$\eta_{comb} = \frac{Q}{m_{comb} \times PCI} \rightarrow Q = \eta_{comb} \times m_{comb} \times PCI \cong 0,80 \times m_{comb} \times PCI$$

En el caso en que el sistema de apoyo sea eléctrico por efecto Joule, el rendimiento asociado será el de la central de producción eléctrica, que en España se encuentra alrededor del 35% (valor medio del conjunto de centrales térmicas, nucleares, ciclo combinado, etc.) por tanto:

$$\eta_{comb} = \frac{Q}{m_{comb} \times PCI} \rightarrow Q = \overline{\eta_{comb}} \times m_{comb} \times PCI \cong 0,35 \times m_{comb} \times PCI$$

Se entiende entonces que la condición sea más restrictiva sobre este tipo de sistemas ya que aprovechan peor la energía primaria y en definitiva son menos eficientes.

#### 4.2. Cálculo de la demanda.

A continuación se va a explicar qué significa que la demanda de referencia es a una temperatura de 60°C. La potencia térmica necesaria para calentar el agua será:

$$Q = m \times C_p \times (T - T_{af}) = \rho \times D \times C_p \times (T - T_{af})$$

Donde:

- Q** potencia o demanda térmica [KW].  
**m** gasto másico del agua [Kg/s].  
**C<sub>p</sub>** calor específico del agua [KJ/Kg°C].  
**ρ** densidad del agua [Kg/m ].  
**D** caudal de agua o demanda [m /s].  
**T** temperatura de consumo [°C].  
**T<sub>af</sub>** temperatura del agua fría de la red [°C].

Si se supone una temperatura máxima de consumo de referencia (temperatura del acumulador) se tiene la expresión: **T<sub>ref</sub>**

$$Q(T_{ref}) = \rho \times D(T_{ref}) \times C_p \times (T_{ref} - T_{af})$$

Si se supone una temperatura máxima de consumo genérica **T** se tiene la expresión:

$$Q(T) = \rho \times D(T) \times C_p \times (T - T_{af})$$

Si se quiere cubrir una misma demanda térmica **Q** a las temperaturas

**T<sub>ref</sub>** y **T** habrá que imponer **Q(T<sub>ref</sub>) = Q(T)** con lo que:

$$D(T_{ref}) \times (T_{ref} - T_{af}) = D(T) \times (T - T_{af}) \rightarrow \boxed{D(T) = D(T_{ref}) \times \left( \frac{T_{ref} - T_{af}}{T - T_{af}} \right)}$$

La demanda anual se obtiene por acumulación de las demandas mensuales:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T)$$

#### 4.3.Sistemas de la instalación solar térmica.

Los sistemas que componen la instalación térmica de ACS son:

- ❖ Sistema de captación.
- ❖ Sistema de acumulación.
- ❖ Circuito hidráulico.
- ❖ Sistema de intercambio.
- ❖ Sistema auxiliar de energía.

En la figura que se muestra a continuación se pueden identificar los principales componentes de una instalación solar sencilla. El sistema de control se verá posteriormente y no se ha representado en este esquema.

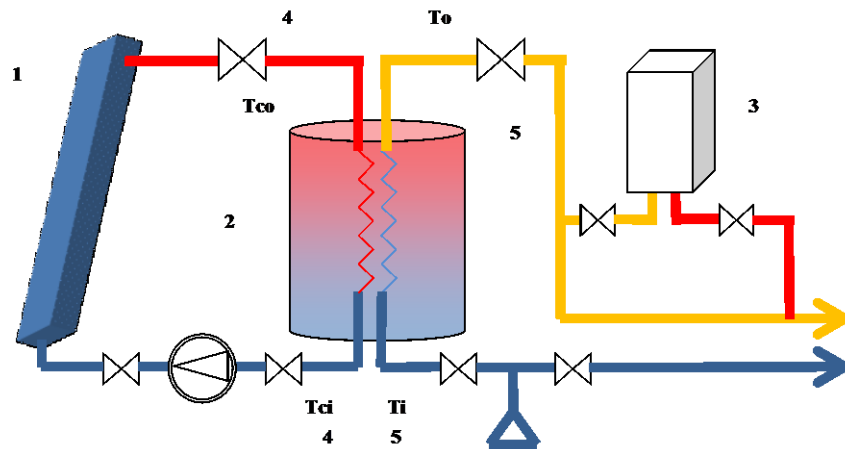


Figura 2.7. Componentes de un sistema solar básico con intercambiador incorporado al acumulador.

1. Sistema de captación (campo de colectores solares).
2. Sistema de acumulación/intercambiador (depósito de almacenamiento).
3. Sistema de apoyo (caldera de combustión o termo eléctrico).
4. Circuito primario.
5. Circuito secundario.

#### *Sistema de captación.*

El captador seleccionado debe cumplir las condiciones de homologación que se estipulan en el RD 891/1980.

El rendimiento del colector es una función de la diferencia entre la temperatura de entrada al colector  $t_{eco}$  y la temperatura ambiente  $t_a$ .

El rendimiento de colector se calcula como la relación entre el calor útil que es capaz de absorber y la radiación global (directa más difusa) que llega.

$$\eta_{col} = \frac{Q_u}{I_{gl}} = F_R \times \tau\alpha - F_R \times U_{col} \times \left( \frac{t_{eco} - t_a}{I_{gl}} \right)$$

Donde:

- $Q_u$  calor útil que se transfiere al fluido por unidad de área [ $W/m^2$ ].  
 $I_{gl}$  radiación global [ $W/m^2$ ].

- $F_R$  eficiencia del convertidor: relación entre el calor transferido al fluido y el máximo calor que se podría transmitir si la temperatura de la placa fuese igual que la del fluido.
- $U_{col}$  coeficiente global de transferencia de calor del colector [ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ].
- $t_{eco}$  temperatura de entrada al colector [ $^\circ C$ ].
- $t_a$  temperatura ambiente [ $^\circ C$ ].
- $\tau$  transmitancia de la cubierta transparente.
- $\alpha$  absortancia del captador.

#### *Sistema de acumulación solar.*

El diseño de este sistema debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación (siempre existe un desajuste temporal entre producción y demanda). Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores debe cumplir la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad \rightarrow \quad 50 \times A < V < 180 \times A$$

donde:

- $V$  es el volumen del depósito de acumulación [ $l$ ].
- $A$  es el área total de la superficie de los captadores [ $m^2$ ].

De forma preferente, el sistema de acumulación se compondrá de un solo depósito, situado en posición vertical y ubicado en zonas interiores. En la placa del acumulador debe figurar siempre la pérdida de carga.

Aunque en esta exigencia HE-4 no se menciona, es relevante explicar la importancia del fenómeno de estratificación. Lo que interesa de este fenómeno es conseguir retornar agua a los colectores lo más fría posible para aumentar así el rendimiento de los mismos. Para potenciar este efecto de estratificación, conviene que los depósitos sean cilíndricos y guarden una relación altura/anchura  $> 2$ .

#### *Sistema de intercambio.*

En el caso de que el intercambiador sea independiente, la potencia mínima del intercambiador debe ser tal que:

$$P \geq 500 \times A$$

Donde:

- $P$  es la potencia mínima del intercambiador (obtenida suponiendo  $I = 1000 W/m^2$  y  $\eta_{\text{conversión solar-térmica}} = 50\%$ ).
- $A$  es el área total de la superficie de los captadores [ $m^2$ ].

En el caso de que el intercambiador esté incorporado en al acumulador se debe verificar:

$$\frac{S_{\text{útil intercambio}}}{S_{\text{total captación}}} \geq 0,15$$

La eficiencia del intercambiador se mide según la temperatura de salida que alcanza el fluido frío en el intercambiador. Si el intercambiador tuviera un área infinita se alcanzaría la temperatura  $T_{co}$  en la salida (véase figura 2.8.), así:

$$\varepsilon = \frac{(mC_p)_h \times (T_{co} - T_{ci})}{(mC_p)_{max,c} \times (T_{co} - T_i)} \quad \text{si ambos fluidos son iguales} \rightarrow \varepsilon = \frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{co} - T_i}$$

$T_{co}$  es la temperatura de salida del colector [°C].

$T_{ci}$  es la temperatura de entrada al colector [°C].

$T_i$  es la temperatura de entrada del fluido frío [°C].

En general, se deben emplear de forma preferente los intercambiadores de placas puesto que son más eficientes que los de tubo-carcasa.

#### *Circuito hidráulico.*

La longitud de las tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y se deben evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Para evitar posibles estancamientos, no se instalarán tramos totalmente horizontales.

#### *Sistema de energía auxiliar o de apoyo.*

El sistema se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Este sistema debe situarse siempre en el circuito secundario y debe contar con un termostato de control sobre la temperatura de preparación. Por último se van a especificar las características más importantes del sistema de control.

#### *Sistema de control.*

El sistema de control es el que debe asegurar el correcto funcionamiento de la instalación. Engloba el sistema de seguridad contra sobrecalentamientos y el sistema de seguridad contra heladas. El control para el funcionamiento de las bombas debe ser siempre de tipo diferencial, estableciéndose como consigna  $\Delta T_{off} = T_{co} - T_i = 7^\circ\text{C}$  para el arranque y  $\Delta T_{off} = T_{co} - T_i = 2^\circ\text{C}$  para el corte.

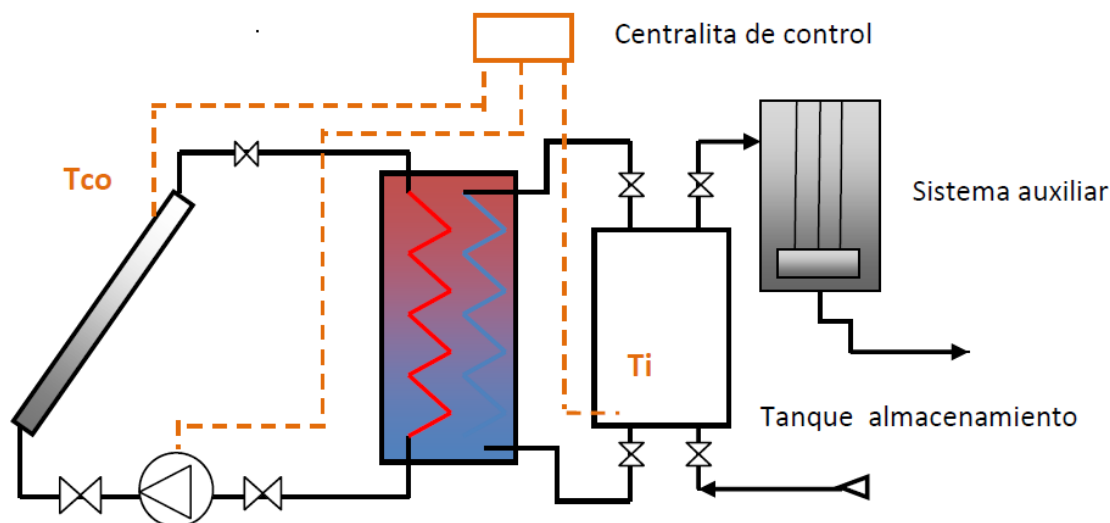


Figura 2.8. Sistema de control.

#### 4.4.Exigencias generales.

A continuación se describen los requisitos más importantes que deben cumplir las instalaciones solares térmicas:

La energía producida por la instalación no podrá superar, en ningún mes del año, el 110% de la demanda energética ni el 100% de la demanda durante tres meses seguidos. En el caso en el que no cumplir con alguna de estas exigencias, se deberán adoptar medidas especiales como el tapado parcial del campo de captadores, el vaciado parcial del campo de captadores, el desvío de los excedentes energéticos, etc. La orientación, inclinación y las posibles sombras del sistema generador estarán limitadas.

En función de la disposición y la funcionalidad de los módulos se distinguen tres casos:

- ❖ Caso general.
- ❖ Integración arquitectónica de los captadores. En este caso, los captadores cumplen una doble función: energética y arquitectónica.

Superposición de los captadores. Los captadores se colocan paralelos a la envolvente del edificio no aceptándose la disposición horizontal.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 2.11. Pérdidas límite.



En los 3 casos se deben cumplir las 3 condiciones. Los detalles del cálculo de estas pérdidas, que dependen de los ángulos de inclinación  $\beta$  y de acimut  $\alpha$ , no se van a indicar aquí.

- ❖ La orientación óptima será el Sur y la inclinación óptima se establecerá dependiendo del periodo de utilización, así:
  - Demanda constante anual: la latitud geográfica.
  - Demanda preferente en invierno: latitud geográfica + 10.
  - Demanda preferente en verano: latitud geográfica – 10.

Se puede demostrar que la inclinación  $\beta$  óptima del colector es:

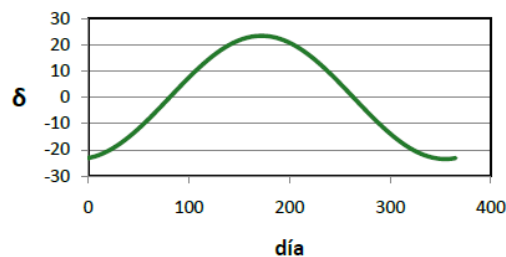
$$\left\{ \begin{array}{ll} \beta_{opt} = \phi - \delta & \text{si } \delta > 0^\circ \\ \beta_{opt} = \phi + \delta & \text{si } \delta < 0^\circ \end{array} \right\}$$

$\phi$  es la latitud geográfica.

$\delta$  es la declinación (ángulo que forma el eje polar de la tierra con la perpendicular al plano de la órbita terrestre).

La declinación varía de forma senoidal con el día del año, según la expresión aproximada

$$\delta = 23.45 \text{sen} \left( 360 \cdot \frac{(284 + n)}{365} \right)$$



Gráfica 2.1. Declinación.

De esta forma el valor medio anual se puede aproximar a  $0^\circ$ , por lo que si la instalación se proyecta para un uso más o menos constante a lo largo de todo el año, se tendrá  $\beta_{opt} = \phi$ .

Como se observa en la gráfica, en el periodo de invierno la declinación tiene valores negativos comprendidos entre  $-23.45^\circ$  y  $0^\circ$  por lo que el valor medio de  $\delta$  se puede aproximar por  $-10^\circ$ , resultando  $\beta_{opt} = \phi + 10^\circ$ . Durante el periodo de verano ocurre que  $0^\circ < \delta < 23.45^\circ$  con lo que el valor medio se aproxima por  $10^\circ$ , resultando  $\beta_{opt} = \phi - 10^\circ$ .

## 5. HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

### 5.1.Ámbito de aplicación.

Los edificios de los usos indicados, a los efectos de esta sección, en la tabla 2.12 incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos cuando superen los límites de aplicación establecidos en dicha tabla

<b>Tipo de uso</b>	<b>Límite de aplicación</b>
Hipermercado	5.000 m <sup>2</sup> construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m <sup>2</sup> construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m <sup>2</sup> construidos
Administrativos	4.000 m <sup>2</sup> construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m <sup>2</sup> construidos

Tabla 2.6. Ámbito de aplicación.

### 5.2.Zonas climáticas.

Las zonas climáticas son las mismas que se establecen en el HE-4 en función de la radiación solar incidente.

### 5.3.Determinación de la potencia a instalar.

La potencia de pico se obtiene con la fórmula:

$$P = C \times A \times S + B$$

**P** es la potencia pico a instalar [kW<sub>p</sub>].

**A** y **B** son coeficientes definidos en función del uso del edificio.

**C** es un coeficiente definido en función de la zona climática.

**S** es la superficie del edificio [m<sup>2</sup>].

Los valores de los coeficientes que se deben emplear para el cálculo de la potencia de pico se muestran en las siguientes tablas:

Tipo de uso	A	B
Hipermercado	0,001875	-3,13
Multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81
Administrativos	0,001223	1,36
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81
Hospitales y clínicas	0,00074	3,29
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81

Tabla 2.7. Coeficientes de uso.

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

Tabla 2.8. Coeficiente climático.

Si la potencia resultante del cálculo es menor de  $6.25\text{KW}_p$  se debe tomar este valor como potencia a instalar considerando un inversor con una potencia mínima de  $5\text{KW}_p$ .

En el caso en que la instalación se diseñe para cubrir varios edificios dentro de un mismo recinto, la superficie  $S$  a considerar será:

- ❖ Edificios destinados al mismo uso  $S = \sum_j S_j$  donde  $S_j$  es la superficie del edificio  $j$  [m].
- ❖ Edificios con distintos usos (o un único edificio con varios usos)  $S = \sum_k S_k$  donde  $S_k$  es la superficie del edificio  $k$  [m].

$$P_k = C \times A \times S_k + B \quad \text{potencia de pico de la zona } k.$$

$$P = \sum_k P_k \quad \text{potencia de pico de la instalación.}$$

La disposición de los módulos se hará de tal manera que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo sean inferiores a los límites de la tabla 2.9.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 2.9. Pérdidas límite.

#### 5.4. Condiciones generales de la instalación.

Una instalación solar fotovoltaica conectada a red está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, generando energía eléctrica en forma de corriente continua y adaptarla a las características que la hagan utilizable por los consumidores conectados a la red de distribución de corriente alterna. Este tipo de instalaciones fotovoltaicas trabajan en paralelo con el resto de los sistemas de generación que suministran a la red de distribución.

Los sistemas que conforman la instalación solar fotovoltaica conectada a la red son los siguientes:

- ❖ sistema generador fotovoltaico.
- ❖ inversor.
- ❖ conjunto de protecciones, elementos de seguridad, de maniobra, de medida y auxiliares.

Se entiende por potencia pico o potencia máxima del generador aquella que puede entregar el módulo en las condiciones estándares de medida. Estas condiciones se definen del modo siguiente:

- ❖ irradiancia 1000 W/m<sup>2</sup>;
- ❖ distribución espectral AM 1,5 G;
- ❖ incidencia normal;
- ❖ temperatura de la célula 25 °C.

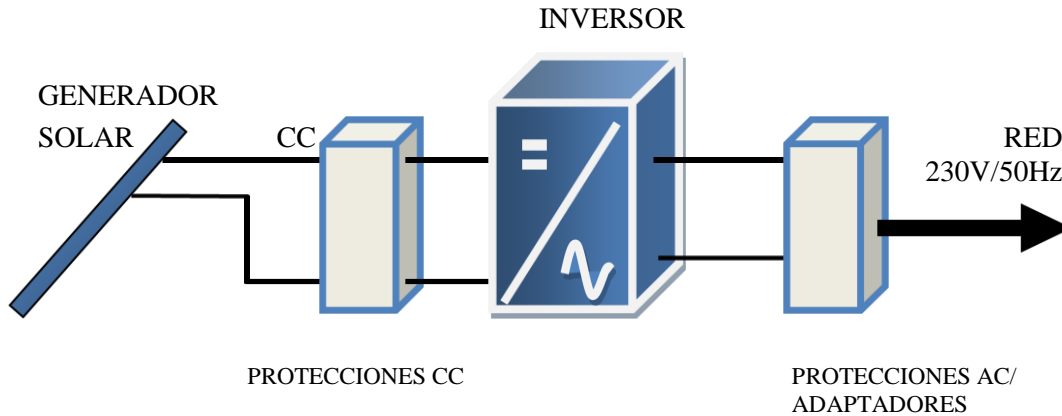


Figura 2.9. Esquema instalación solar fotovoltaica conectada a red.

Para instalaciones conectadas, aún en el caso de que éstas no se realicen en un punto de conexión de la compañía de distribución, serán de aplicación las condiciones técnicas que procedan del RD 1663/2000, así como todos aquellos aspectos aplicables de la legislación vigente.

*Generador fotovoltaico.*

Es una asociación en paralelo de varias ramas fotovoltaicas. Cada rama está compuesta por varios módulos o paneles en agrupaciones serie o serie/paralelo. A su vez, cada módulo consta de muchas células. Los módulos deben ser de clase II y tendrán un grado de protección mínimo IP65 (estancos al polvo, con protección total contra contactos y salpicaduras de agua). La curva que modela el comportamiento eléctrico de una célula fotovoltaica es la curva característica

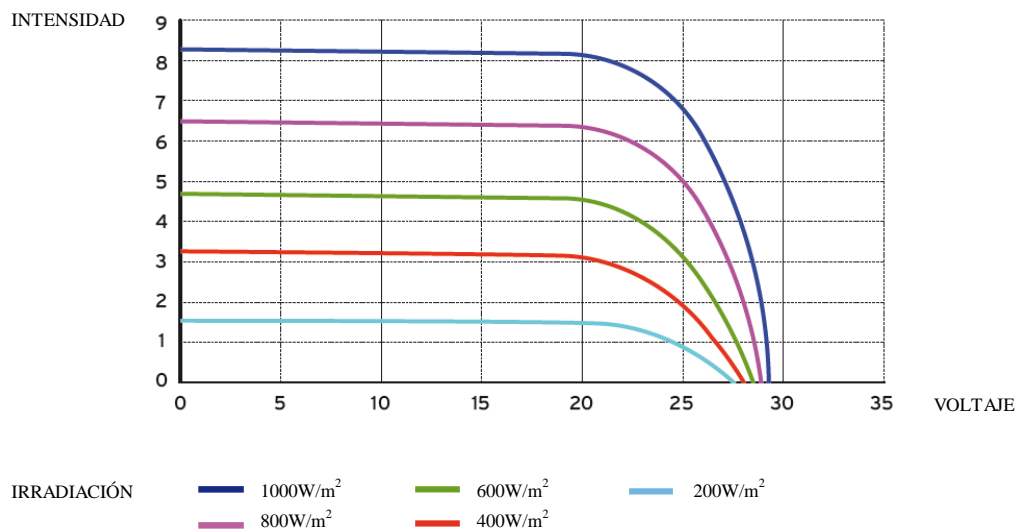


Figura 2.10. Curva característica I-V célula fotovoltaica.I-V:



Como se aprecia en la figura, por encima de un determinado voltaje la intensidad que proporciona la célula cae drásticamente. Se evitará la zona de caída que se da para voltajes superiores a  $20V_p$ .

*Inversor.*

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica en Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- ❖ principio de funcionamiento: fuente de corriente;
- ❖ autoconmutado;
- ❖ seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador;
- ❖ no funcionará en isla o modo aislado.

La potencia del inversor será como mínimo el 80% de la potencia pico real del generador fotovoltaico.

*Protecciones y elementos de seguridad.*

En la parte de corriente continua de la instalación se empleará protección de clase II (doble aislamiento o aislamiento reforzado). Para los materiales situados a la intemperie el grado de protección mínimo será IP65 que engloba la protección contra el polvo, protección completa frente a contactos y protección contra salpicaduras de agua desde cualquier dirección.

El inversor se debe poder desconectar y seccionar tanto en el lado de CC como en el de AC.

#### 5.5.Exigencias generales.

A continuación se describen los requisitos más importantes que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas:

- ❖ La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras estarán limitadas de forma que las pérdidas sean inferiores a las tabuladas.
- ❖ Para instalaciones conectadas a red, se aplicarán las condiciones técnicas del RD 1663/2000.

## 6. CALENER\_GT.

El Programa informático CALENER es una herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, y por el Ministerio de Vivienda, que permite determinar el nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio. El

programa consta de dos herramientas informáticas para una utilización más fácil por el usuario NT.

CALENER es un entorno de aplicaciones y documentos informáticos destinado a la Calificación Energética de edificios. La versión GT de CALENER realiza la calificación de “Grandes Edificios Terciarios”.

A continuación se detallan cuáles son los principales componentes que constituyen el entorno CALENER-GT, que se encuentran esquematizados en la figura 2.11.

- ❖ **Interfaz Windows para introducción/modificación de datos:** El objetivo principal de esta aplicación es facilitar al usuario la introducción de los datos para la descripción del edificio y sus sistemas; cuenta para ello con un elaborado sistema de valores por defecto. Esta aplicación incluye además una herramienta de edición tabular orientada a la rápida revisión y/o modificación de los datos de un proyecto.
- ❖ **Librería o Base de datos:** Está constituida por un conjunto de objetos previamente cargados que facilitan al usuario la introducción de aquellos componentes repetitivos que aparecen en todos los proyectos. En ella se pueden encontrar: materiales, composición de cerramientos, acristalamientos, ficheros meteorológicos, etc. Esta base de datos (también llamada librería) es accesible desde la interfaz Windows.
- ❖ **Ayuda en formato electrónico:** El programa cuenta con un sistema de ayuda en el cual se incluye toda la documentación. Este sistema, además de contar con diversos documentos en formato PDF, contiene una conexión directa con la interfaz Windows, de forma que, cuando utilizando el programa el usuario solicita ayuda sobre una propiedad o un tema en concreto, el sistema de ayuda le muestra toda la información relativa encontrada.
- ❖ **Motor de cálculo:** El motor de cálculo realiza las operaciones de simulación necesarias para la obtención de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los distintos conceptos de consumo presentes en el edificio. Se ha adoptado el uso de un motor de amplia reputación y plenamente validado como es DOE-2.2.
- ❖ **Herramienta Administrativa:** Una vez obtenida la calificación energética de un proyecto el usuario podrá crear el documento administrativo de dicha calificación; que no es más que un informe en formato PDF generado automáticamente por la interfaz Windows, en el cual se recoge la calificación del proyecto y los datos de entrada más relevantes en función de los cuales se ha obtenido la anteriormente mencionada calificación.
- ❖ **Herramienta de Resultados:** Es una aplicación independiente que tiene como objetivo la visualización de los principales resultados energéticos del proyecto. Estos datos pueden visualizarse de forma individual (proyecto a proyecto) o de forma comparativa entre distintos proyectos. Una vez examinados estos resultados

- el usuario puede volver a la interfaz de introducción de datos de CALENER-GT y realizar una modificación a su proyecto en función de los mismos.
- ❖ CALENER-GT, tras ser aplicado, ofrece como resultado final la Calificación obtenida por el Edificio Objeto. Adicionalmente la Calificación debe incluir una descripción de las características energéticas del inmueble; dicho de otra manera: CALENER-GT debe producir un documento adicional, donde al reflejar esas características energéticas del edificio objeto, manifieste que la calificación obtenida lo ha sido en función de los méritos acreditados por el edificio y así recogidos. Este documento se denomina Herramienta Administrativa.
  - ❖ Esta Herramienta Administrativa en la que aparece la Calificación provisional del edificio sirve adicionalmente como elemento para la adjudicación de la calificación definitiva.

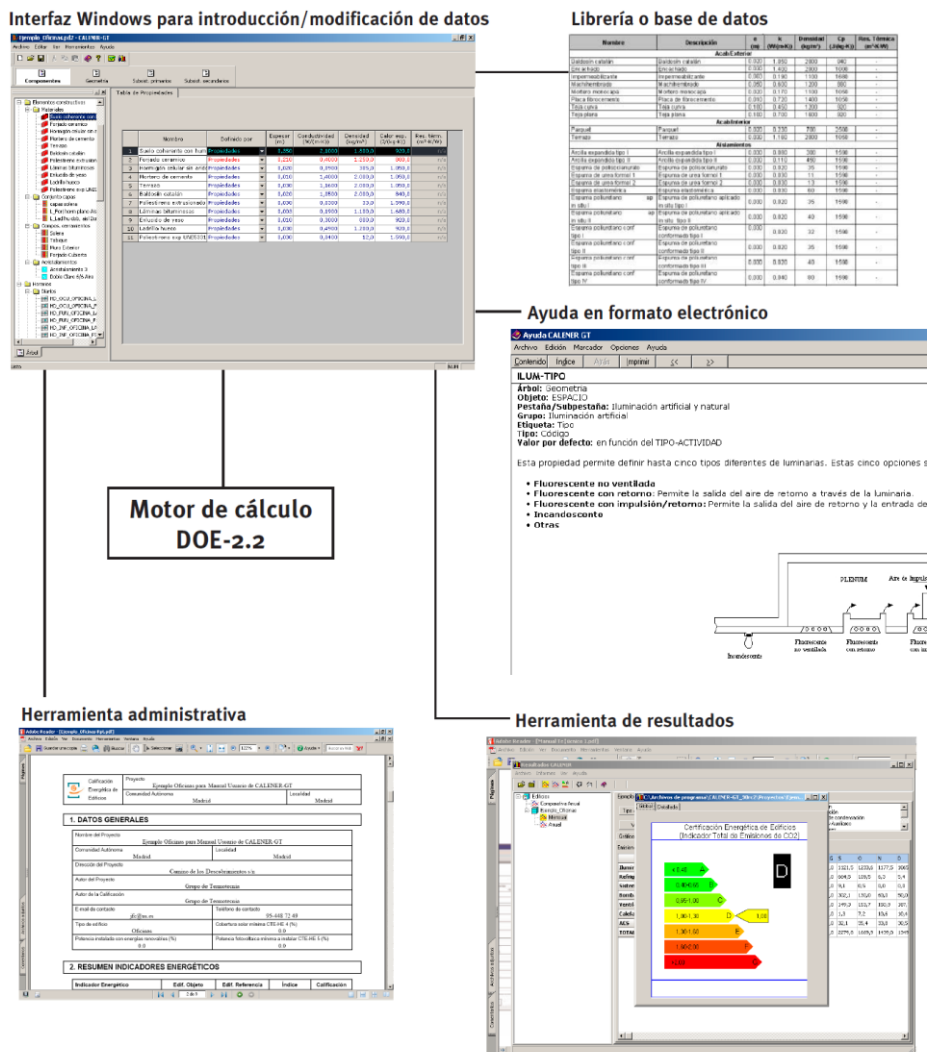


Figura 2.11. Esquema de la aplicación informática CALENER GT.





## OPCIÓN GENERAL A TRAVÉS DE LIDER

### 1. Introducción.

La aplicación LIDER es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de demanda energética (HE1), citada en el apartado dos de este proyecto. Ofrecida por el Ministerio de la Vivienda y por el IDAE, y realizada por el Grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía, AICIA, con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETCC.

El presente documento se apoya continuamente en el mencionado documento básico, en lo sucesivo referido como CTE-HE1.

El objetivo es la explicación del uso de la herramienta informática, diseñada para la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios, así como para llevar a cabo todos los cálculos recogidos en el documento básico referido anteriormente, así como la impresión de la documentación administrativa pertinente.

La definición de los edificios es compatible con la requerida por el programa base de la Certificación energética de los edificios, CALENER GT, del que se hablará posteriormente.

### 2. Datos previos.

Para la verificación de la normativa CTE-HE1 de un edificio mediante el programa LIDER se comienza de la siguiente manera:

- ❖ **Análisis del edificio y recopilación de la información:**
  - Selección de la zona climática a la que pertenece el edificio, de acuerdo con el párrafo 3.1.1 del CTE-HE1.
  - Partiendo de los planos del edificio y del proyecto, realizar las simplificaciones y divisiones pertinentes en plantas y espacios para su introducción en el programa. La división en espacios será coherente con la definición posterior de los sistemas de climatización.
  - Clasificación de los espacios del edificio de acuerdo con el apartado 3.1.2 del CTE-HE1 y con el apartado espacios del presente capítulo.
  - Recopilación de todas las propiedades higrotérmicas de todos los materiales y productos de construcción que conforman los cerramientos, huecos y particiones interiores, así como la información relativa a los puentes térmicos del edificio.

- ❖ Indicar la localidad, orientación y los datos generales del proyecto.
- ❖ Volcar en la base de datos del programa los materiales y productos, así como la composición de los cerramientos y particiones interiores.
- ❖ Asignar la composición constructiva por defecto a los distintos cerramientos y particiones interiores del edificio, incluyendo los puentes térmicos.
- ❖ Definición de la geometría **3D** del edificio. El proceso de definición geométrica se realizará sucesivamente planta por planta y de abajo a arriba repitiendo los siguientes pasos:
  - Si se dispone de planos, se carga del archivo de la planta .DXF o .BMP a la cota correspondiente.
  - Crear la planta especificando su cota, y su relación con las plantas anteriores.
  - Definir el polígono de la planta.
  - Definir los espacios mediante la orden **Crear espacio**, ayudado si es preciso de líneas auxiliares.
  - Modificar las condiciones de operación de aquellos espacios cuyas características sean diferentes a las definidas por defecto.
  - Definir las particiones horizontales y/o suelos.
  - Levantar automáticamente los cerramientos y particiones interiores verticales y si alguno de ellos no fuera un cerramiento en contacto con el aire exterior (medianería, cerramiento en contacto con el terreno, etc.) o se tratara de un muro Trombe, se editará y modificará el tipo de muro en la visualización de la geometría.
  - Definir los huecos de los cerramientos, asegurándose de que se encuentra en la "planta actual" correspondiente.
  - Definir las cubiertas planas o inclinadas en su caso.
- ❖ En el caso de existir obstáculos que generen sombras sobre el edificio (por ejemplo, otros edificios existentes) deberán tenerse en cuenta y ser definidos al igual que si existen elementos de sombra del propio edificio, (aleros, salientes no pertenecientes a ningún espacio, etc.).
- ❖ **Calcular**. El programa verificará el cumplimiento de la sección HE-1 del Código Técnico de la Edificación.

Posteriormente para la calificación energética del edificio, se exporta el archivo al programa CALENER GT.

### 3. Descripción del proyecto.

El formulario *Descripción* contiene una serie de datos generales del proyecto, como información geográfica, orientación y datos funcionales, nombre del proyecto, dirección, autor del proyecto, etc.

Es necesario seleccionar la localidad en la que se encuentra el edificio, Salamanca. Se accede a ella a través de la selección previa de la zona climática en que se encuentra, o directamente por orden alfabético, seleccionando la opción **Todas** en la zona climática. Al seleccionar la localidad, el campo **Latitud** se rellena automáticamente. Si no se selecciona la localidad.

Figura 3.1. Formulario *Descripción*.

De seguido, se introduce la orientación del edificio respecto del norte. Se define la orientación como el ángulo que forma el norte con el eje Y positivo del edificio, medido desde el norte, y siendo positivo en el sentido de las agujas del reloj. En el plano de trabajo se indica la dirección del norte mediante una flecha orientada.

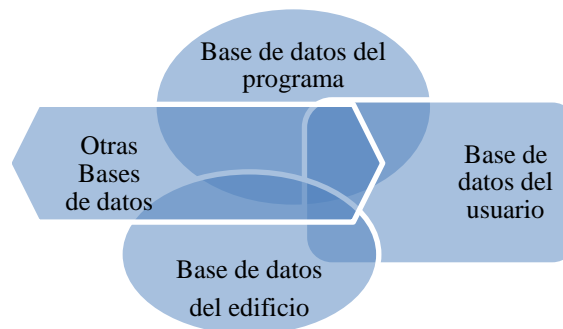
A continuación, debe seleccionarse el tipo de uso del edificio, Edificio sector terciario (intensidad alta media baja de 8, 12, 16 o 24 horas de duración); así como las condiciones higrométricas de los locales. El valor seleccionado se tomará por defecto para todos los espacios que se definan en el edificio. Posteriormente se podrán modificar las condiciones particulares de aquellos espacios en que prevalezcan condiciones diferentes.

La selección del tipo de edificio (vivienda unifamiliar, en bloque o edificio terciario) es necesaria para exportar adecuadamente la información geométrica y constructiva a los programas CALENER.

Por último se indicará el nivel de ventilación requerido por el edificio: se introduce un número de renovaciones por hora, a suministrar por defecto para todos los espacios que se definan.

#### 4. Materiales, productos y elementos constructivos del edificio.

El programa LIDER se alimenta de la información relativa a los materiales y productos de construcción contenida en diferentes bases de datos, comunicadas de la siguiente manera.



Los solapes representan información de una base de datos que es utilizada en otra.

Existen dos tipos de bases de datos: las del programa y las del usuario. Las primeras tienen una procedencia controlada, no necesitan justificación; en cambio, las propiedades provenientes de otras fuentes siempre han de ser justificadas.


En la Base de Datos del Programa, se incorporan una amplia variedad de materiales y productos, suficientes para definir la mayor parte de los elementos constructivos de cualquier edificio.

Para la Base de Datos del Edificio, los elementos constructivos del edificio que se está estudiando deben ser importados de las bases de datos a disposición del usuario, o definidos por el usuario si no aparecen en ninguna de ellas.

Y en la Base de Datos del Usuario, cuando el usuario prevea la oportunidad de utilizar un material o elemento constructivo en más de un edificio, tiene la posibilidad de incorporarlo en esta base de datos.

Cuando se crean elementos nuevos, o cuando se importan de una librería, aparece una subdivisión en Grupos. Ello es conveniente para agrupar los elementos constructivos en familias. Por ejemplo en el caso de materiales: Aislantes, Fábricas de Ladrillo, Fábricas de

Bloques de Hormigón, etc.; o en el caso de marcos se podrían agrupar en Metálicos, de Madera, de PVC, etc.

Al pulsar el botón  , se inicia el gestor de la base de datos, con lo que se denomina la base de datos del edificio. Desplegando las ramas del árbol se muestran las clases en que se dividen los materiales y elementos constructivos del edificio: Los cerramientos se clasifican en opacos y semitransparentes; los primeros se subdividen en materiales y cerramientos, mientras que los segundos se subdividen en vidrios, marcos y huecos. Se muestra a continuación el proceso de creación, importación y exportación de cada una de las clases de elementos constructivos.

#### 4.1. Materiales.

Los MATERIALES se utilizan para especificar las propiedades que definen la transferencia de calor a través de cada una de las capas homogéneas, u hojas de fábrica, que forman parte de un Cerramiento.

Además del nombre, el material está definido por un conjunto de propiedades que se pueden especificar de dos maneras: por el detalle de las propiedades térmicas o por la resistencia térmica. También se necesita conocer el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua.

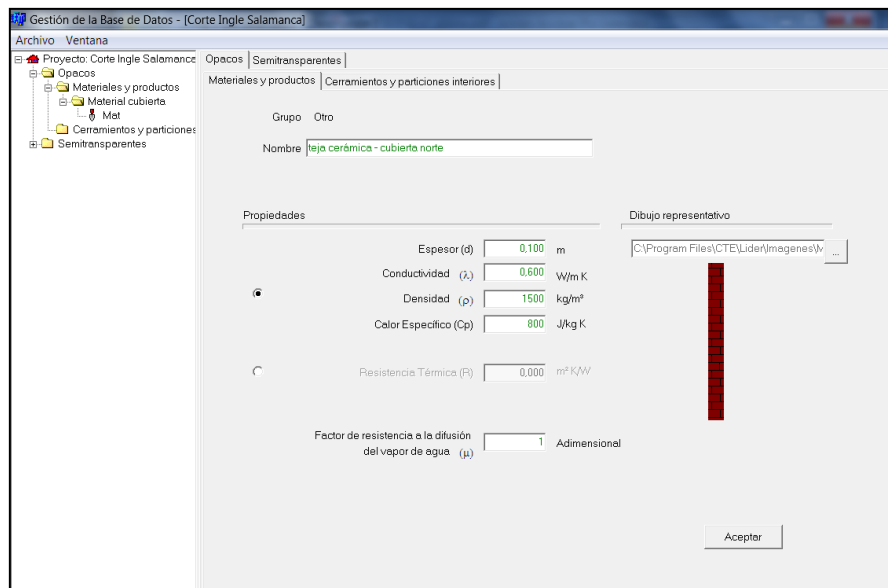


Figura 3.2. Definición de materiales en la Base de datos.

#### 4.2. Cerramientos.

Las composiciones de cerramientos se utilizan para agrupar los materiales que componen un cerramiento, su orden y su espesor.

En el formulario de definición de las composiciones de cerramientos, se definen los materiales seleccionando primero el grupo a que pertenecen, y seguidamente eligiendo el material entre los pertenecientes al grupo seleccionado; a continuación se especifica el espesor en el cuadro de texto de la parte inferior;

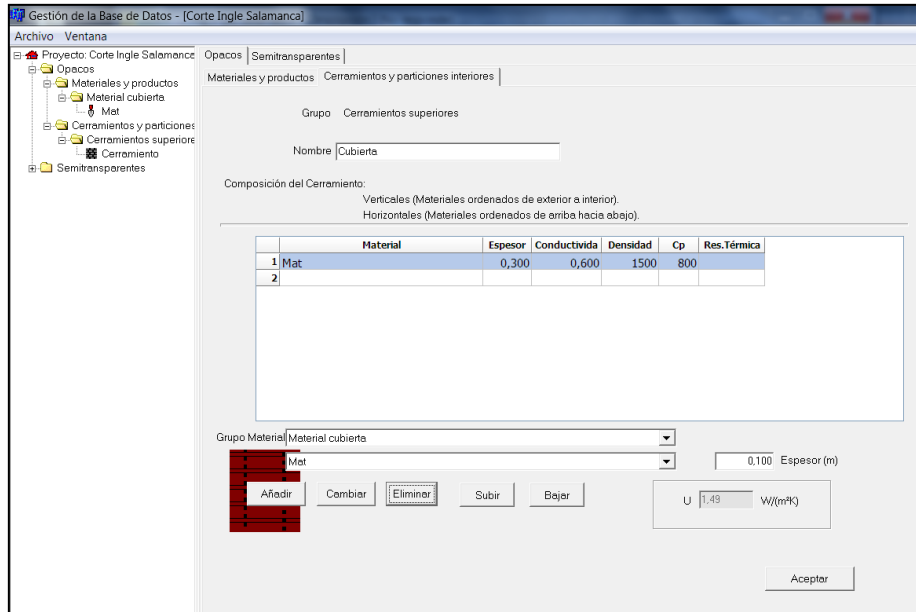


Figura 3.3. Definición cerramientos en la Base de datos.

Al final del proceso, puede verse un esquema del cerramiento creado, a partir de los gráficos seleccionados para representar a cada uno de los materiales empleados.

Una vez definido el cerramiento, y utilizado en el edificio, si se hacen cambios en la definición del cerramiento se afectarán todos los cálculos posteriores que se realicen.

#### 4.3. Vidrios.

Los VIDRIOS se utilizan para especificar las propiedades que definen la transferencia de calor y radiación a través de los cerramientos semitransparentes que forman parte de los huecos. Además del nombre, el vidrio está definido por las siguientes propiedades: transmitancia térmica  $W/(m^2K)$ , factor solar.

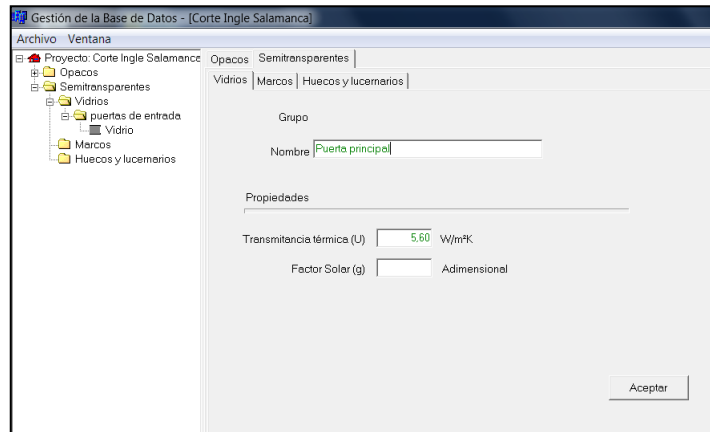


Figura 3.4. Definición de vidrio en la Base de datos.

#### 4.4. Marcos.

Los MARCOS se utilizan para especificar las propiedades que definen la transferencia de calor a través de los cerramientos semitransparentes que forman parte de los huecos. El marco está definido por las siguientes propiedades: Transmitancia Térmica del marco de la ventana, incluyendo los coeficientes de película exterior e interior convectivo-radiantes; Absortividad, se refiere al color de la cara exterior del marco y el Ancho del perfil del marco que es un valor de referencia.

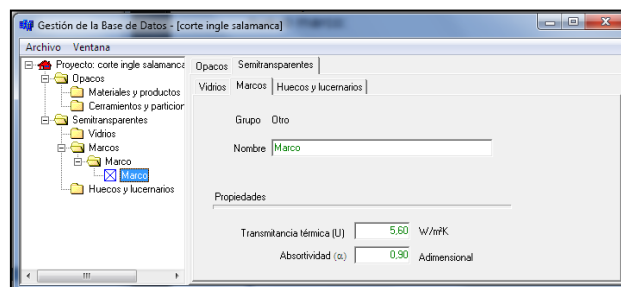


Figura 3.5. Definición de marco en la Base de datos.

#### 4.5. Huecos.

Los HUECOS permiten especificar las propiedades de las ventanas o puertas existentes en los cerramientos exteriores. El hueco está definido por las siguientes propiedades: Vidrio, Marco, Porcentaje de hueco ocupado por el marco; Infiltración, cuyas unidades son  $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$  de hueco y es la cantidad de aire que se infiltra a través del hueco para unas condiciones de diferencia de presión de 100 Pa.

#### 4.6. Puentes Térmicos.

El acceso a los parámetros característicos de los puentes térmicos se realiza desde el formulario de Opciones, dentro de la definición de las opciones de Construcción.

De acuerdo con la clasificación realizada en el Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico, se dispone de una serie de detalles constructivos de cada uno de los tipos de puente térmico identificados automáticamente por el programa, con sus correspondientes valores de los parámetros característicos, conductancia térmica lineal,  $Y$ , y factor de temperatura superficial,  $f$ .

Para cada una de las zonas climáticas se han seleccionado unos detalles constructivos que son utilizados por defecto; el usuario puede aceptar otros valores acreditándolos mediante un programa de cálculo separado, o mediante valores resultantes de un experimento, puede cambiarlos por los nuevos.

#### *Opciones.*

En este formulario se incluyen datos que serán usados como valores por defecto para los distintos elementos que se crearán, además de una serie de opciones generales del programa. Por un lado configuramos el Espacio de Trabajo y por otro las características constructivas de los cerramientos en Construcción.

#### 4.7. Espacio de trabajo.

Es el rectángulo de terreno sobre el que se sitúa el edificio en la representación gráfica 3D. Aquí se pueden especificar las dimensiones y la cota de dicho rectángulo, así como el color con el que se representará.

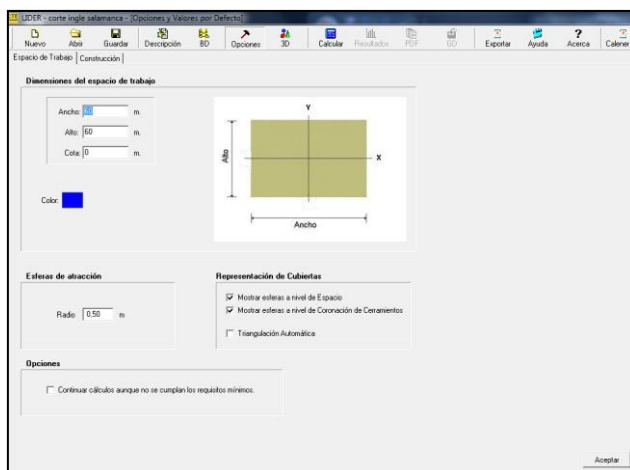


Figura 3.6. Opciones del Espacio de Trabajo.



En el cuadro dedicado a Esferas marcamos el radio que tendrán éstas. El tamaño de las esferas define el radio de atracción de los vértices y líneas que se definen en la aplicación. Dos vértices definidos a distancia inferior al radio de las esferas se considerarán el mismo vértice.

Por último, se muestran las definiciones relativas a la colocación de las esferas para marcar los vértices que se utilizarán para la definición de las cubiertas y otros cerramientos singulares. Tenemos la posibilidad de utilizar la Triangulación automática para evitar posibles errores en el motor de cálculo y elegir si queremos que el programa pare de hacer cálculos cuando detecte un error.

#### 4.8. Construcción.

Aquí se especifican las características constructivas de los tipos de cerramiento, que se asignarán en el momento de la creación de los diferentes elementos constructivos identificados automáticamente por el programa.

##### ❖ Cerramientos.

Cada una de las cajas de selección muestra al usuario la lista de composiciones de cerramientos, o huecos, que se han incorporado en la base de datos del edificio. El usuario seleccionará para cada una de las categorías aquella que sea más frecuente, o la única si fuera el caso, en el edificio.

The screenshot displays the 'Opciones y Valores por Defecto' (Options and Default Values) window in the LIDER software. The window is organized into several sections, each with a dropdown menu for selecting a composition type and various input fields for specific parameters.

- Muro:** Muros de fachada. Verticales y rectangulares. Composition type: "Muro" (None).
- Huevo:** Composition type: "Huevo" (None). Parameters: Altura del hueco (1,00 m), Anchura del hueco (1,00 m), Posición Y respecto al suelo (1,00 m), Retranqueo (0,00 m), and Protección solar (None).
- Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior:** Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior. Composition type: "Cerramiento horizontal" (None).
- Cerramiento o partición interior geométricamente singular:** Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc. Composition type: "Cerramiento singular" (None).
- Medianería:** Composition type: "Medianería" (None).
- Suelo en contacto con el terreno:** Composition type: "Suelo en contacto con el terreno" (None). Includes a checkbox for "Aislamiento perimetral" and input fields for D (0,0 m) and R<sub>se</sub> (0,0 m<sup>2</sup>/K/W).
- Muro en contacto con el terreno:** Composition type: "Muro en contacto con el terreno" (None).
- Partición interior horizontal:** Composition type: "Partición interior horizontal" (None).
- Partición interior vertical:** Composition type: "Partición interior vertical" (None).

An 'Aceptar' (Accept) button is located at the bottom right of the window.

Figura 3.7. Opciones Constructivas de los cerramientos.

## ❖ Puentes Térmicos.

Los valores de los parámetros característicos suministrados por defecto provienen del Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación. Los valores que aparecen por defecto han sido seleccionados para cada zona climática, tal como se ha indicado en la sección de Puente térmicos de la base de datos.

En ésta pestaña podemos modificar los Forjados, los Cerramientos Verticales y definir el Contacto con el terreno.

## 5. Definición geométrica.



El formulario **3D** es el corazón de la definición geométrica del edificio. Desde él se podrán cargar los planos que se utilizarán como base para definir las plantas de los edificios, se definirán los distintos elementos y sus propiedades, etc.

La zona superior da acceso a distintas opciones de la visualización, como seleccionar los elementos visibles, seleccionar el punto de vista, cargar planos, medir distancias, colocar vértices por sus coordenadas y también muestra las coordenadas en el espacio 3D del punto sobre el que se encuentra colocado el puntero.



Para edificios complejos éste botón facilita considerablemente la revisión de las propiedades de los diferentes elementos, o la simple consulta de las mismas. La vista que se obtiene es la de un árbol de exploración del edificio. El edificio se divide en Plantas; éstas contienen Espacios, los cuales contienen cerramientos exteriores, interiores, en contacto con el aire o con el terreno. Los cerramientos exteriores y algunos de los interiores, pueden contener huecos.



Movimientos de cámara. Permiten modificar el punto de vista.



Desde este menú se pueden ocultar y mostrar todos los elementos de un edificio pertenecientes a una categoría determinada.



Hay dos modos de visualización: Transparente y Opaco.



Estando seleccionada ésta opción, al hacer clic sobre alguno de los nombres de elementos que aparecen, se accede a un submenú, en el que se puede ocultar el elemento,

editarlos, cambiarlos a otro tipo, eliminarlos o mostrar la normal exterior. Si el elemento es una planta o un espacio además se podrá mostrar u ocultar todos los elementos pertenecientes a esa planta o espacio.

El resto de los botones tendrán una explicación especial en las secciones siguientes.

### 5.1. Estructura general del edificio y elementos que lo forman.

El edificio se considera formado por una serie de **plantas**, cada una de ellas representada por un polígono, que en el área de visualización aparecerán en color azul. Cada una de las plantas contendrá una serie de **espacios**. Los espacios, al igual que las plantas, se representarán por un polígono, que en este caso se representarán en color verde. Los espacios a su vez contendrán un **suelo**, que será un cerramiento en contacto con el terreno (color rosa claro), un cerramiento interior (color verde caqui) o un cerramiento exterior (color gris).

Los cerramientos que separan unos espacios de otros serán **cerramientos interiores**. Los cerramientos exteriores, alguno de los interiores y las cubiertas, podrán a su vez contener **huecos** (color azul claro). Además de los elementos propios del edificio tendremos **Sombras** (color negro).

### 5.2. Medidas del Edificio.

En el programa de cálculo de la demanda, se han utilizado las siguientes convenciones:

- ❖ **Plantas:** el origen de la planta estará a la altura de su suelo. El polígono que define la forma geométrica de la planta se creará con las medidas interiores de la planta. La altura de la planta es la distancia entre forjados, de suelo a suelo. Los polígonos no pueden tener huecos en su interior.
- ❖ **Espacios:** el origen de coordenadas del espacio se elige automáticamente y siempre se sitúa en el primer vértice del polígono que lo represente. La altura del espacio es, por definición, la altura entre plantas (de suelo a suelo). Partiendo de la información relativa a los puentes térmicos, se determinará la altura correcta del espacio.
- ❖ **Cerramientos:** por defecto, la altura del cerramiento es la del espacio, la cual a su vez es, por defecto, la de la planta.

### 5.3. Grandes Edificios.

El programa LIDER permite definir edificios relativamente grandes, de hasta un centenar de espacios aproximadamente. El número concreto depende de diversos factores, como la

complejidad de los espacios (número de elementos, especialmente número de huecos) y la memoria del ordenador.

#### 5.4. Definición de edificios a partir de planos.

La definición del edificio se facilita enormemente si se cuenta con los planos que definen su geometría. Los planos que se necesitan son las vistas en planta de las distintas plantas del edificio. Existen dos posibilidades: escaneados en formato BMP, o en archivos en formato DXF.



Pulsando el botón se pueden cargar nuevos planos, controlar los que son visibles en cada momento o cambiar la cota a la que se situarán.

Si hay varias plantas, todos los planos deben estar referenciados sobre el mismo origen de coordenadas. Si no es así se pueden definir puntos de referencia que sitúen los planos adecuadamente.

#### 5.5. Plantas.

Las Plantas se definen como *contenedores de espacios*, con el único propósito de agrupar todos los Espacios físicamente situados en la misma planta del edificio. Principalmente, facilitan la definición geométrica de los espacios.


Tras pulsar el botón de crear plantas , aparece el siguiente formulario, donde se puede ver y modificar: el nombre de la nueva planta, la planta anterior a la que se acaba de crear, el número de plantas iguales a la que se define, la altura de los espacios que pertenecen a esa planta y la cota de dicha planta. La propiedad MULTIPLICADOR permite especificar el número de plantas idénticas que existen.

Figura 3.8. Creación de Planta.



### 5.6. Líneas auxiliares (Líneas 2D).

Para definir los espacios que pertenecen a una planta se parte del polígono que define a la misma, y se trazan una serie de líneas auxiliares, denominadas **Líneas 2D**. Estas líneas, al cortarse entre ellas y con el contorno de la planta, definirán una serie de puntos, que serán los que se utilicen como vértices de los espacios a definir.

Las líneas auxiliares se representan en el dibujo como cilindros grises, con esferas en los extremos de los mismos.



### 5.7. Espacios.

Una vez definidas las líneas auxiliares pueden definirse los espacios. Los vértices de los espacios que se vayan creando quedarán marcados en verde sobre la representación. La forma del espacio se va dibujando de verde (gris cuando se mezcla con el azul de la planta) a medida que se construye.

Al igual que en las plantas, es posible eliminar o añadir vértices intermedios al espacio que se está creando. Las propiedades del espacio son las siguientes:

- ❖ **TIPO DE ESPACIO:** esta propiedad permite definir si el espacio se encuentra acondicionado, no acondicionado, o es no habitable.
- ❖ **TIPO DE USO:** para cada espacio se debe elegir el tipo de uso asignado de entre la lista desplegable ofrecida por el programa, la misma que en la definición de los datos del edificio: para los espacios no habitables se permite elegir entre los niveles de ventilación normalizados para desvanes y vacíos sanitarios. Para cada uno de ellos aparecen los niveles poco, medianamente o muy ventilados.
- ❖ **NÚMERO DE PILARES:** se introduce el número de pilares que contiene el espacio que se está definiendo, en los cerramientos que lo separan del exterior. El efecto de los pilares es añadir a los elementos del espacio una conductancia lineal, del valor suministrado en la definición de los puentes térmicos de este tipo, multiplicada por la altura de la planta y el número de pilares introducido aquí.
- ❖ **MULTIPLICADOR:** se indicará el número de espacios que representa el espacio que se define. Los valores de la **altura, área y volumen**, se suministran para información del usuario, son de utilidad en los programas CALENER, y no se pueden modificar.
- ❖ **CONDICIONES HIGROMÉTRICAS INTERIORES:** se definen las condiciones higrométricas interiores, si son diferentes de las indicadas en las opciones generales. Dichas condiciones pueden definirse por la clase de higrometría, por la tasa de producción de humedad (se suministra el ritmo de producción de humedad del espacio y la tasa de renovación de aire) o por la

humedad relativa que se supone mantenida constante. En los dos últimos casos habrá que aportar documentación justificativa de los valores utilizados.

- ❖ **REDISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA RADIACIÓN:** por defecto, la aplicación considera que el 60% de la radiación que alcanza el interior del espacio va al suelo, y el resto se distribuye proporcionalmente a las áreas de las paredes. Sin embargo, si el espacio contiene masas acumuladoras de la radiación absorbida, que deseen estudiarse con cuidado, es posible utilizar dos alternativas sucesivamente más refinadas (asociadas a mayores tiempos de cálculo). En la primera se utilizan unas correlaciones dependientes del número de ventanas del espacio y de la relación de aspecto del mismo. En la segunda se realiza un cálculo detallado de la distribución de la radiación durante todo el año, mediante un método basado en el seguimiento de la trayectoria de los rayos.
- ❖ **NÚMERO DE RENOVACIONES HORA REQUERIDO:** es posible corregir el valor suministrado por defecto a partir del indicado en el formulario **Descripción**.
- ❖ **ILUMINACIÓN:** para compatibilidad con los programas CALENER, es necesario definir además el sistema de iluminación.

The screenshot shows a software window titled 'Espacio' with two tabs: 'Propiedades' and 'Iluminación'. The 'Iluminación' tab is active and contains three input fields with their respective values and units:

Potencia instalada de iluminación	4.40	W/m²
Valor de eficiencia energética de la instalación del edificio objeto (VEEI)	7.0	W/(m²100 lux)
VEEI limite según CTE - HE3	10.0	W/(m²100 lux)

Figura 3.9. Definición de Iluminación.



### 5.8.Particiones horizontales.

Se puede utilizar la generación automática de particiones horizontales cuando se quiera definir de forma automática todas las particiones que separan los espacios pertenecientes a dos plantas consecutivas.

Si se desea definir los forjados uno a uno, la primera operación será elegir el tipo de elemento que se va a definir: suelo o techo, y si el tipo de cerramiento será: cerramiento en contacto con el terreno, cerramiento exterior o cerramiento interior.



### 5.9. Generación automática de Cerramientos Verticales.

Una vez creados todos los espacios que forman parte de una planta, se pueden crear los cerramientos verticales que delimitan los espacios de esa planta.

El cálculo del comportamiento de los cerramientos puede hacerse suponiendo que son estándar o adiabáticos. Los primeros son todos los cerramientos que limitan con el exterior u otros espacios del edificio. Se considera el tipo adiabático para las medianerías, que separan el edificio objeto de otro edificio o local, con el que linda, pero cuyas condiciones de acondicionamiento no son conocidas. Un cerramiento adiabático no transfiere calor a su través, pero sí afecta a la inercia térmica del edificio por ser capaz de almacenar energía. También se considerarían medianerías las particiones que se establezcan al utilizar los multiplicadores de plantas, y las que fuesen necesarias en caso de dividir un edificio muy grande en trozos.

*Cambiar el tipo de cerramiento creado por defecto:* En ocasiones, el tipo de cerramiento creado no es adecuado; por ejemplo, las medianeras que limitan con otro edificio son creadas como exteriores. La opción **Cambiar a** permite seleccionar el tipo adecuado.



### 5.10. Ventanas.

El contorno de las ventanas que se van creando se visualiza en la representación de color azul claro. Aunque se puede seleccionar el espacio en que se quieren definir las ventanas, en la práctica no es necesario hacerlo, ya que la aplicación determina automáticamente el espacio al que pertenece el cerramiento en que se está definiendo la ventana. Las ventanas que existen en las cubiertas se definen mediante la opción de edición de las propiedades del cerramiento.

Una vez definida una ventana se pueden editar sus propiedades, seleccionándola en la vista 3D, o en el árbol, y eligiendo la opción editar.

Las propiedades que definen la ventana son:

- ❖ **DEFINICIÓN DE HUECO:** Se elige de la lista ofrecida por el programa y debe haber sido definido con anterioridad.
- ❖ **X:** Distancia (m) del borde izquierdo de la ventana al borde izquierdo del cerramiento que la contiene, mirando al cerramiento desde fuera.
- ❖ **Y:** Distancia (m) del borde inferior de la ventana al borde inferior del cerramiento que la contiene, mirando al cerramiento desde fuera.
- ❖ **ALTURA:** Altura (m) del hueco de la ventana.
- ❖ **ANCHURA:** Anchura (m) del hueco de la ventana.



- ❖ **RETRANQUEO:** Distancia (m) desde el plano de la ventana al plano exterior del cerramiento que la contiene.
- ❖ **COEFICIENTES DE CORRECCIÓN POR PERSIANA EXTERIOR:** Se utilizan para considerar dispositivos de sombra no incluidos en los predefinidos en el programa (es decir, diferentes de toldos, voladizos, salientes laterales o persianas exteriores de lamas). Se introducen los factores correctores estacionales (verano e invierno) que deben aplicarse a la transmitancia térmica y al factor solar de la ventana. Su valor ha de ser siempre justificado.

**Protecciones:** se pueden definir protecciones para las ventanas en el siguiente formulario, donde podemos editar Salientes laterales y voladizos, o Dispositivos basados en lamas verticales u horizontales.

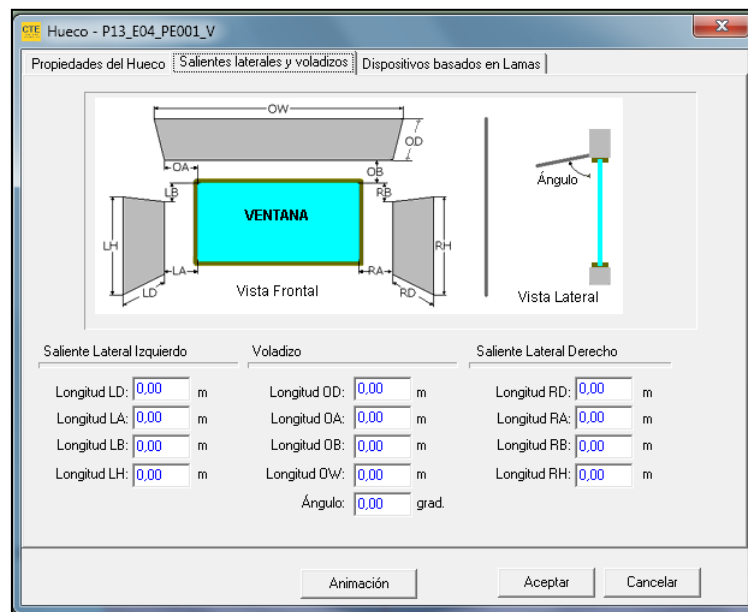


Figura 3.10. Edición de protecciones de ventana.



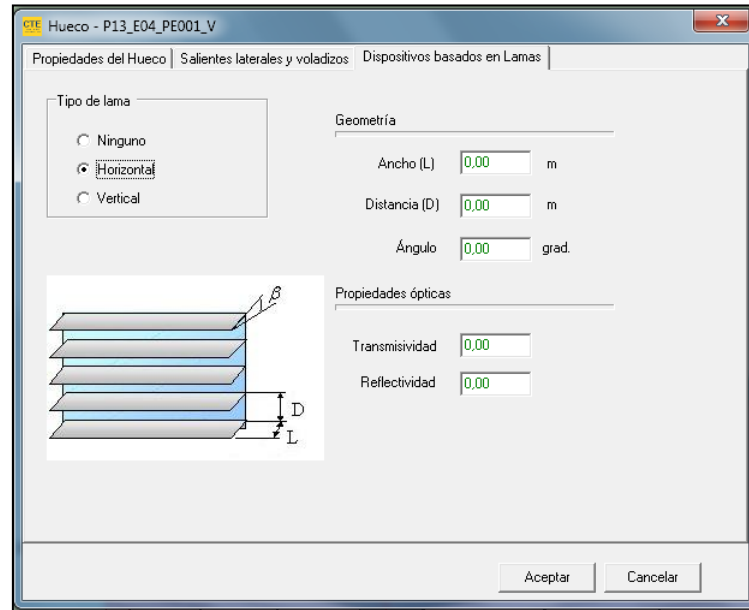


Figura 3.11. Definición de lamas para ventanas.

En la parte inferior del formulario de Salientes, en **Animación** se tiene acceso a una pequeña utilidad para representar las sombras arrojadas por el dispositivo de sombra sobre la ventana. Permite la visualización de la geometría detallada de la ventana, la evolución de las sombras proyectadas por las protecciones sobre el cristal y la fachada, además de la representación de las trayectorias solares en una proyección estereográfica.

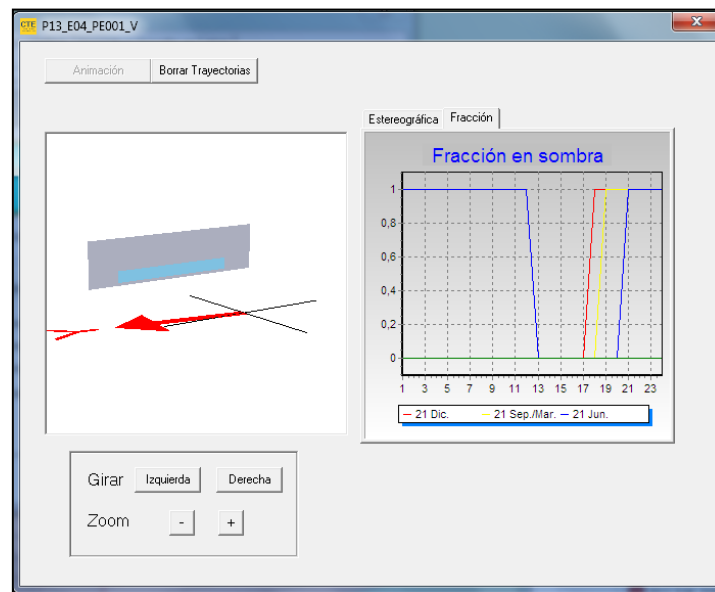


Figura 3.12. Evaluación del efecto de las protecciones.

### 5.11. Definición de cubiertas.

Las cubiertas horizontales, se definen como otras particiones horizontales, sin más que indicar que están en contacto con el exterior.

En caso de no ser horizontales, se definen utilizando los cerramientos singulares como paso intermedio. Para ello, se necesita definir antes una serie de líneas auxiliares. Estas líneas auxiliares, denominadas **Líneas 3D**, servirán para definir las cumbreras de la cubierta. El proceso de definición de estas líneas auxiliares es similar al de las líneas auxiliares para los espacios. Cada vez que se define una línea aparece una ventana que pregunta la cota absoluta de los extremos de la línea.

Una vez definidas las líneas auxiliares de la cubierta, se pueden definir los distintos cerramientos que la componen.

El proceso para definir los elementos de la cubierta es similar al proceso de definición de particiones horizontales en el caso en que no son iguales al espacio.

En las cubiertas se pueden colocar huecos (lucernarios) como en cualquier otro cerramiento exterior.

### 5.12. Muros Trombe.

Los muros Trombe se caracterizan por una pared de gran inercia térmica que se separa del exterior por un vidrio. Entre el vidrio y el cerramiento opaco existe un canal que permite la circulación de aire, en diversas configuraciones.

La aplicación LIDER no define automáticamente muros Trombe, sino que cualquiera que sea exterior, puede ser cambiado a muro Trombe mediante la opción del menú cambiar a que se despliega al seleccionar el cerramiento exterior.

Se pueden definir los elementos constructivos y el modo de operación del muro Trombe como:

- **COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO:** la construcción deberá haber sido definida previamente en la base de datos del edificio.
- **ACRISTALAMIENTO:** el acristalamiento se toma de la base de datos de elementos constructivos. No se tiene en cuenta el posible marco que pudiera haber instalado.
- **TIPO DE OPERACIÓN:** los valores posibles son DENTRO-DENTRO, FUERA-DENTRO, DENTROFUERA y FUERA-FUERA, refiriéndose la primera palabra a la toma de aire inferior y la segunda a la superior.
- **CAUDAL DE AIRE:** Unidades: m<sup>3</sup>/h Cantidad de aire que circula por la cavidad, promedio entre las estaciones de verano e invierno.

### 5.13. Elementos singulares.

Los elementos singulares son aquellos cuya forma geométrica no es rectangular, o cuya posición no es vertical, o bien elementos que no son de la envuelta térmica del edificio, como elementos de sombra propios del edificio: aleros, voladizos (no asociados a ventanas), etc.

Por defecto se crean elementos de cubierta, el tipo de elemento que se va a crear se indica en la barra de estado en la parte inferior izquierda de la ventana del programa.

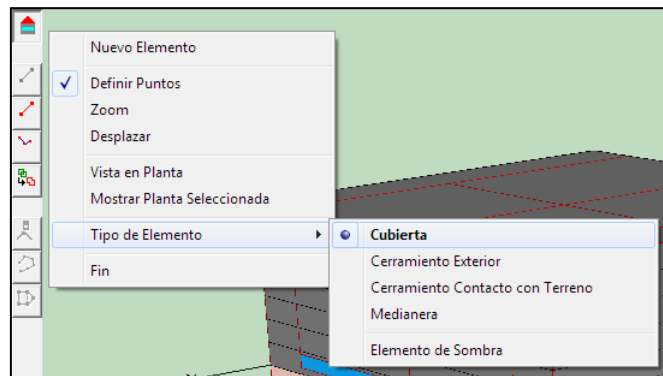


Figura 3.13. Definición de elementos singulares.

En función de su uso en el edificio, los elementos singulares se dividen en:

- **Elementos de la envuelta térmica del edificio:** los cerramientos singulares son aquellos que tienen una forma no rectangular, y/o una inclinación diferente de la vertical. El caso más frecuente es el de las cubiertas no planas, y para otras clases de cerramientos, un ejemplo típico sería el del edificio de las Torres Kio en Madrid: dos de las fachadas no son verticales y las otras dos no son rectangulares.
- **Elementos de sombra propios del edificio:** los elementos de sombra propios del edificio son aquellos que no están asociados a la envolvente térmica del edificio, ni a las ventanas, y sin embargo proyectan sombras sobre elementos del edificio; como ejemplos se pueden citar: los aleros de los tejados, los voladizos creados por salientes de los forjados, los pasillos y galerías en los exteriores o patios del edificio.

### 5.14. Unión de espacios.

La unión de espacios es un proceso por el cual dos espacios definidos independientemente pasan a ser un único espacio. Para unir espacios hay que haberlos definido completamente; es decir, tienen que tener definidos los muros verticales y las particiones horizontales, ya

que una vez unidos los espacios no será posible definir muros en los espacios que han sido eliminados por la unión.

#### 5.15. Obstáculos remotos.

Los elementos **Obstáculos Remotos** permiten especificar la posición, tamaño y orientación de aquellos obstáculos que, sin formar parte del edificio, proyectan sombras sobre éste; por ejemplo, edificios adyacentes.

### 6. Cálculo, resultados y generación del informe de verificación.

Tras calcular el edificio, se muestra la comparación entre la demanda de calefacción y refrigeración del edificio objeto con el de referencia, en porcentaje y en un diagrama de barras.

En realidad el programa no indica cuál es el consumo del edificio, sino que compara el edificio en estudio (edificio objeto) con el edificio de referencia. Este último lo obtiene el programa a partir del edificio objeto, sustituyendo los cerramientos por otros que cumplen con los requisitos dados en la opción simplificada (véase punto 3.2 del capítulo 2). En el resultado global se muestra de forma gráfica la demanda anual para calefacción y refrigeración del edificio en relación a la del edificio de referencia.

A continuación se presentan los resultados del proyecto ECI Salamanca:

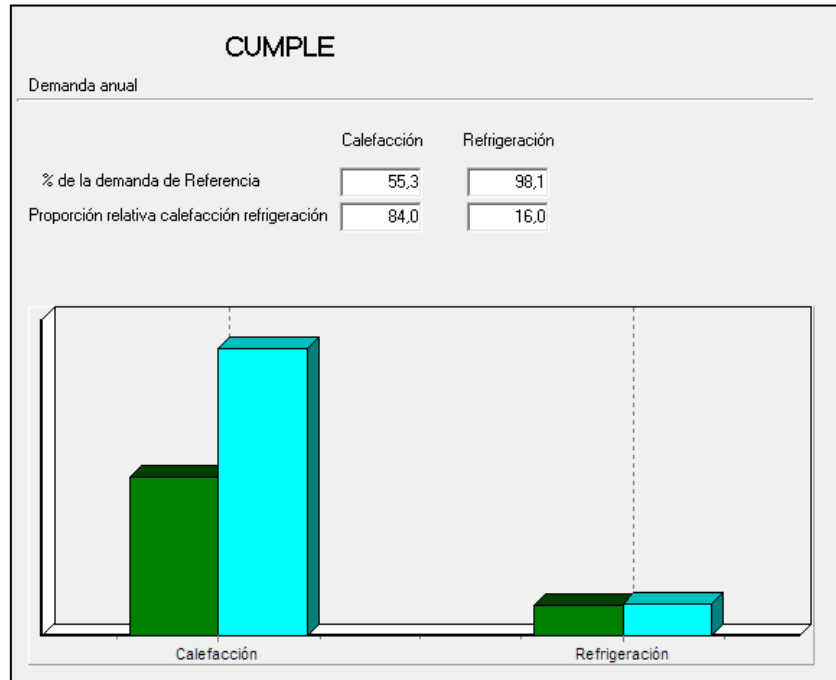


Figura 3.14. Resultados del cálculo.

La representación es doble: Por un lado, la altura de la barra de demanda del edificio objeto representa la importancia relativa calefacción/refrigeración. Por otro lado, la diferencia de altura con respecto a la barra azul (edificio de referencia) en calefacción y en refrigeración muestra el % de la demanda del edificio de referencia. Si alguna de las barras (calefacción o refrigeración) se muestra roja significa que la demanda del edificio objeto supera a la del de referencia (barras azules) y por lo tanto el edificio no cumple con la normativa.

Como se aprecia en el resultado, el edificio demanda prácticamente 3 veces más energía en calefacción que en refrigeración. La demanda de calefacción del edificio es un 55,3% de lo que demanda el edificio de referencia. En refrigeración el resultado es mucho más ajustado, pues el edificio demanda un 98,1% respecto a la del edificio de referencia. El edificio CUMPLE con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración. No es necesario aplicar medidas de mejora sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias máximas, transmitancias límite y condensaciones marcadas en el Código Técnico de la Edificación. Nótese que este resultado evalúa exclusivamente la envuelta térmica del edificio y no tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas del edificio. El informe de la verificación del cumplimiento de la normativa HE-1 del Código técnico de la edificación que se ha obtenido se encuentra en el anexo 1 al final de la presente memoria.

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CALENER GT

### 1. Estructura de CALENER GT.

CALENER es un entorno de aplicaciones y documentos informáticos destinado a la Calificación Energética de edificios. La versión GT de CALENER realiza la calificación de “Grandes Edificios Terciarios”.

La descripción de un edificio, en su sentido más amplio, esto es, las características constructivas ocupacionales y funcionales, las instalaciones térmicas y lumínicas. Requieren cierto nivel de abstracción, que permita su definición a partir de una serie de elementos fundamentales que en adelante denominaremos *objetos*. Así la introducción de todos los datos de entrada necesarios para calificar un edificio y sus instalaciones se traduce a la creación de un conjunto de objetos relacionados entre sí, cada uno de ellos con un conjunto de propiedades que lo describen.

### 1.1. Estructura visual. Árboles y Panel de revisión.

Al igual que LIDER el programa CALENER\_GT agrupa los elementos en estructuras de tipo árbol. Los árboles contienen conjuntos de objetos ordenados en una estructura jerárquica, y son cuatro:

❖ **Componentes.**

Muestra diversos objetos clasificados en carpetas que serán utilizados mediante referencias por otros objetos del proyecto, cuyos componentes son:

- El polígono define la geometría del edificio a través de los materiales, conjunto de capas y composición de cerramientos.
- Los horarios son los perfiles de variación de una magnitud con el tiempo.
- Curvas de comportamiento que son utilizadas para modificar los parámetros de determinadas variables como por ejemplo el COP de una bomba.

❖ **Geometría.**

Formado por objetos que constituyen la epidermis del edificio y los obstáculos remotos.

❖ **Subsistemas primarios.**

Conectan los equipos de producción de energía térmica entre sí con los sistemas de tratamiento de aire. El objeto fundamental del árbol de subsistemas primarios es el circuito hidráulico, ya que es el que relaciona mediante referencias cruzadas a los demás objetos de este árbol.

❖ **Subsistemas secundarios.**

Aparecen todos los sistemas de tratamiento de aire, tanto los conectados a equipos centrales a través de circuitos, como los autónomos. Cada uno de los subsistemas abastece a un conjunto determinado de zonas térmicas que aparecen conectadas a él en el árbol.

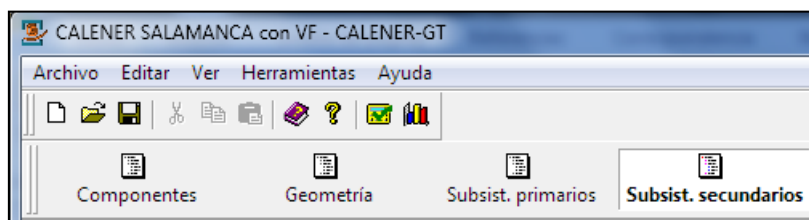


Figura 4.1. Menú Árboles.

Por otro lado, tenemos el Panel de revisión. La información mostrada en este panel depende de la opción elegida en la barra de navegación.

En el panel de revisión se muestran todos los objetos del mismo tipo que el objeto seleccionado en el árbol, y se listan todas las propiedades de los mismos. De esta forma se

puede realizar con facilidad una comprobación de la información introducida además de poder editarla para su posible corrección sin necesidad de abrir el cuadro de diálogo específico del objeto en cuestión.

Si la opción seleccionada en el panel de navegación es la de Geometría, el panel de revisión muestra además una visión tridimensional del edificio.

Cuando la opción del panel de navegación es la de subsistemas primarios o secundarios, entonces el panel de revisión también muestra dos pestañas, una para la lista de propiedades de los objetos y otra para el esquema de.

### 1.2. Propiedades.

Los objetos necesarios para la definición de un edificio poseen una serie de características o atributos que los definen, que en CALENER-GT denominaremos propiedades. Así, por ejemplo, la conductividad térmica es una propiedad del objeto material, la altura es una propiedad de los objetos espacio y el caudal es una propiedad del objeto bomba.

Según el valor, puede hacerse la clasificación según:

- ❖ Valor usuario: Son aquellas que introduce el usuario (color rojo).
- ❖ Valor defecto: Valores por defecto estáticos (color verde)
- ❖ Expresión defecto: Valores por defecto dinámicos (color verde).
- ❖ Valor librería: Son aquellas que se importan de la librería (color azul).
- ❖ Valor conectado: Son aquellas cuyo valor es igual a la misma propiedad de otro objeto con el cual se encuentra conectado (color morado).
- ❖ No aplicable: Son aquellas que el usuario no puede rellenar debido a que en el contexto actual, es decir, para los valores de las propiedades que el usuario ya ha definido, esa propiedad carece de sentido (fondo gris oscuro).

## 2. Importación del edificio desde LIDER a CALENER GT.

Debido a la diferente finalidad de cada uno de los programas, LIDER verificar el cumplimiento de la HE1 del código técnico de la edificación, y CALENER-GT calificación energética del edificio, los programas necesitan distinto nivel y cantidad de datos de entrada, y por tanto algunas propiedades en LIDER no serán exportadas, por no ser necesarias en CALENER-GT y otras muchas deben completarse en CALENER-GT puesto que no han sido demandadas en LIDER.

Hay que recordar que CALENER-GT realiza una simulación térmica horaria de los sistemas de climatización, calefacción, agua caliente sanitaria. Estos sistemas no es necesario definirlos en LIDER y por tanto habrá que definirlos por completo.

La definición geométrica y constructiva del edificio se realiza de forma muy similar a la desarrollada en el capítulo 3 con el programa LIDER, motivo por el cual no se va a presentar aquí.

Al igual que se realizó con LIDER, para la parte constructiva se han creado los materiales, conjunto de capas y cerramientos y para la parte geométrica se han definido las plantas, espacios, muros y ventanas mediante el empleo de polígonos determinados por coordenadas. Todos estos elementos se crean en el árbol de geometría. Tras la introducción de todos los componentes constructivos y geométricos, el aspecto del edificio en CALENER es el siguiente:

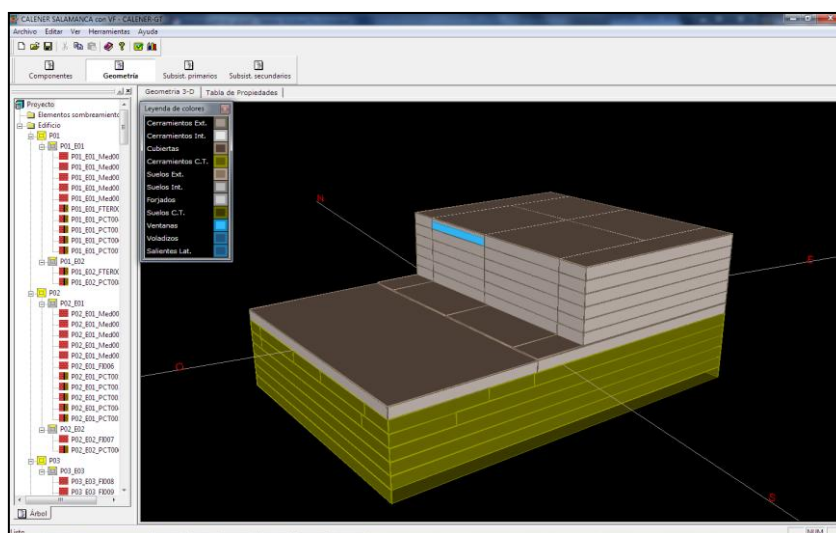


Figura 4.2. Visualización 3D de El Corte Inglés de Salamanca.

### 3. Componentes y Sistemas del edificio.

A continuación se detallará el procedimiento que se ha llevado a cabo para la definición de todos los elementos participes en la calificación energética del edificio.

#### 3.1. Datos generales.

##### ❖ Contribución de energía Fotovoltaica.

En la apartado 6.3 del capítulo 3 se explicó la metodología que se debe emplear para obtener la contribución mínima de producción eléctrica mediante energía fotovoltaica requerida según la exigencia HE-5 del CTE.

En el caso de que se buscara aplicar dicha exigencia la instalación debería tener una potencia pico aproximadamente de:



$$P = C \times A \times S + B$$

- $P$  [kW<sub>p</sub>] es la potencia pico a instalar.  
 $A$  y  $B$  son coeficientes definidos en función del uso del edificio.  
 $C$  es un coeficiente definido en función de la zona climática.  
 $S$  [m<sup>2</sup>] es la superficie del edificio.

La superficie del edificio es la suma del conjunto de plantas que forman el edificio. Consta de doce plantas con tres tipos de superficie diferentes.

$$S = P1 \times 5 + P6 \times 2 + P8 \times 5 =$$

$$S = 9358,76 \times 5 + 9358,75 \times 2 + 4703,46 \times 5 = \mathbf{89028,6 \text{ m}^2}$$

Salamanca se encuentra en la zona climática III con lo que  $C=1.2$

El uso del edificio es de multitienda y centro de ocio con lo que  $A=0.004688$  y  $B=-7.81$ .

La potencia de pico resulta ser:

$$P = 1,2 \times 0,004688 \times 89028,6 + (-7,81) = 493,02$$

$$P \sim \mathbf{500 \text{ kW}_p}$$

En los datos generales del proyecto de CALENER\_GT se debe introducir la energía anual por producción eléctrica renovable en kWh/año. Para esto se supone que los paneles fotovoltaicos pueden funcionar en condiciones aceptables aproximadamente durante la sexta parte del tiempo, esto es, unas 1460 horas por año. El dato a introducir es de 730.000,0 kWh/año.

<i>Energía solar térmica para A.C.S.</i>	
Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4):	<input type="text" value="0"/> %
<i>Generación de energía eléctrica con energías renovables</i>	
Energía generada:	<input type="text" value="719.822,8"/> kWh/año

Figura 4.1 Definición de energía eléctrica generada.

En el apartado Mejora Energética, se valorará la opción de complementar al edificio con este tipo de energía haciendo un estudio técnico-económico del caso.

❖ Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

La contribución mínima que le correspondería a la localidad de Salamanca, independientemente de la demanda de ACS, sería de un 70%, debido a la radiación solar global que incide en la zona climática III (véase 3.5.2). Ocurre que en este caso, la Licencia de construcción del edificio se solicitó con anterioridad a la fecha en la que el documento HE-4 adquirió carácter obligatorio. Por este motivo no se proyectó ningún sistema solar para cubrir la demanda de ACS.

### 3.2.Horarios.

Los objetos horarios son extraordinariamente importantes en CALENER-GT, ya que definen los perfiles de variación a lo largo del tiempo de muchas variables como son la ocupación, infiltración, funcionamiento de ventiladores, temperaturas de consigna, etc.

El primer paso consiste en la creación de un horario diario para, posteriormente, definir un horario semanal que se construye asignando un horario diario a cada día de la semana. Por último, es posible definir un horario anual que será un compendio de periodos con distintos horarios semanales.

En CALENER\_GT existen ocho tipos distintos de horarios. En este proyecto, sólo se han empleado tres de estos tipos: el de tipo “fracción”, el de tipo “temperatura” y el de tipo “todo/nada”. En el horario de tipo “fracción” las operaciones horarias se expresan a través de un valor de un parámetro que varía entre 0 y 1. Por su parte, el horario de tipo “temperatura” se emplean las temperaturas de consigna para controlar las operaciones horarias. El horario tipo “todo o nada” es un caso particular del fraccional en el que los parámetros sólo pueden tomar los valores 0 y 1.

A continuación se presentan dos de los horarios empleados para describir las operaciones horarias de ECI de Salamanca.

Seleccionar Horario Diario: **Horario Sábado Extra**

Nombre: **Horario Sábado Extra**

Tipo: **Todo/nada**

**Valores Horarios**

0 - 1:	0	8 - 9:	1	16 - 17:	1
1 - 2:	0	9 - 10:	1	17 - 18:	1
2 - 3:	0	10 - 11:	1	18 - 19:	1
3 - 4:	0	11 - 12:	1	19 - 20:	1
4 - 5:	0	12 - 13:	1	20 - 21:	1
5 - 6:	0	13 - 14:	1	21 - 22:	1
6 - 7:	0	14 - 15:	1	22 - 23:	1
7 - 8:	0	15 - 16:	1	23 - 24:	1

Figura 4.2. Horario para aquellos sabados abierto hasta las 24 horas.

Este horario describe la operación de funcionamiento en un día abierto durante una jornada de dieciséis horas, de 8 de la mañana a 12 de la noche. Se trata de un horario todo/nada y como se ve, se ha supuesto un horario de operación comercial especial que comprende un día entero (valor=1). Su horario semanal asociado se completa días normales y sábados y domingos con el horario ampliado hasta las doce.

Seleccionar Horario Semanal: **Horario Extra**

Nombre: **Horario Extra**

Tipo: **Todo/nada**

**Asignación de Horarios Diarios**

Lunes:	<b>Horario diario</b>
Martes:	<b>Horario diario</b>
Miércoles:	<b>Horario diario</b>
Jueves:	<b>Horario diario</b>
Viernes:	<b>Horario diario</b>
Sábado:	<b>Horario Sábado Extra</b>
Domingo:	<b>Horario Sábado Extra</b>

Figura 4.3. Horario semanal para días con horario extra.

Uno de los dos horarios de tipo “temperatura” definidos en el proyecto para llevar a cabo el control de los equipos de climatización es el denominado Día Siempre a 20°C. En este caso, la temperatura de consigna asignada es de 20°C que sirve para el control en invierno.

Aunque no se incluye aquí, también se ha creado un horario idéntico pero con temperatura de consigna de 25°C que se emplea para el control en verano.

Seleccionar Horario Diario: <span style="color: red;">Día Siempre 20°C</span>		
Nombre: <span style="color: red;">Día Siempre 20°C</span>		
Tipo: <span style="color: blue;">Temperatura</span>		
Valores Horarios		
0 - 1:	20,0 °C	8 - 9:
1 - 2:	20,0 °C	9 - 10:
2 - 3:	20,0 °C	10 - 11:
3 - 4:	20,0 °C	11 - 12:
4 - 5:	20,0 °C	12 - 13:
5 - 6:	20,0 °C	13 - 14:
6 - 7:	20,0 °C	14 - 15:
7 - 8:	20,0 °C	15 - 16:
		16 - 17:
		17 - 18:
		18 - 19:
		19 - 20:
		20 - 21:
		21 - 22:
		22 - 23:
		23 - 24:

Figura 4.4. Horario diario para días de invierno.

### 3.3. Curvas de comportamiento.

Estas curvas describen la variación de determinadas características de algunos de los equipos que simula CALENER\_GT según se varían los parámetros de operación de los mismos. Estas curvas permiten la simulación de los equipos en condiciones distintas a las nominales. Para algunos de estos equipos como plantas enfriadoras, calderas, bombas, torres de refrigeración, etc. el programa permite realizar modificaciones sobre las curvas de comportamiento incluidas en la base de datos, pero esto requiere un elevado conocimiento del equipo que se está tratando (datos técnicos de los fabricantes). En el caso de ECI de Salamanca no se han realizado modificaciones de los valores por defecto que ofrece el programa para las curvas de comportamiento. La información detallada de las curvas de comportamiento y sus valores por defecto se encuentra en el manual de CALENER\_GT denominado “manual de curvas de comportamiento”.

### 3.4. Subsistemas Primarios.

Como ya se ha mencionado los subsistemas primarios son todos los equipos encargados de la producción de energía calorífica y frigorífica así como de su transporte y distribución a los equipos consumidores centrales.

Todos los elementos se crean mediante la opción “crear nuevo” que aparece en el menú contextual emergente al pulsar el botón derecho del ratón sobre cada una de las carpetas de los elementos.

## ❖ Calderas

CALENER\_GT permite elegir entre cuatro tipos de calderas de combustible: convencional, de baja temperatura, de condensación o de biomasa. Además, dispone de seis tipos de combustibles: gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP y biomasa.

El sistema de producción de calor de ECI de Salamanca es centralizado y funciona mediante 2 calderas no eléctricas de tipo convencional que emplean gas natural que desarrollan una potencia nominal de 1500 KW. Además del dato de potencia, se ha de indicar un valor para el rendimiento térmico de la caldera, relación entre la potencia nominal a plena carga que entrega la caldera y la potencia calorífica que consume (Poder calorífico inferior del combustible, PCI).

El valor de rendimiento de las calderas del ECI de Salamanca se ha fijado en 0.9, valor que no coincide con el proporciona por defecto por el programa.

	Nombre caldera	Tipo	Subtipo	Potencia nominal. (kW)	Rendimiento térmico (ratio)	Rendimiento eléctrico (ratio)	Temperatura de consigna (°C)
1	CALDERA 1	Caldera de co	Convencional	1.500,00	0,90	n/a	90,0
2	CALDERA 2	Caldera de co	Convencional	1.500,00	0,90	n/a	90,0

Figura 4.5. Características de Calderas instaladas en ECI Salamanca.

Para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) se dispone de otra caldera con las mismas características que las anteriores.

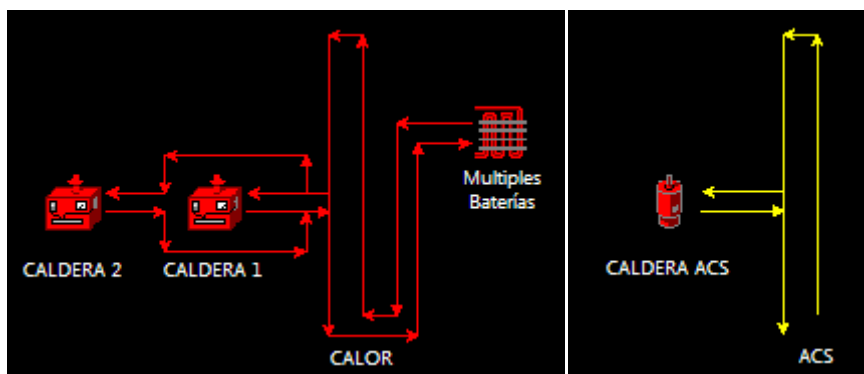


Figura 4.6. Esquema de los circuitos de los que forman parte las calderas.

## ❖ Plantas enfriadoras.

CALENER\_GT permite elegir entre siete tipos de plantas enfriadoras: de compresor eléctrico (con o sin recuperador de calor), de absorción de simple etapa, de absorción de

doble etapa, de absorción por llama directa, de motor de combustión interna y de bomba de calor (2T o 4T).

El sistema de producción de agua fría del edificio es centralizado y consta de 4 plantas enfriadoras de compresor eléctrico sin bomba de calor, condensadas por aire que proporcionan una potencia nominal de 1350 KW. En este caso, al tratarse de plantas convencionales de compresor eléctrico, los datos a introducir son la capacidad nominal en KW (según condiciones Eurovent) y el Energy Efficiency Ratio (EER) de la enfriadora.

Para todas las enfriadoras se ha considerado EER=2,8. Por último, es necesario indicar las conexiones que involucran a las plantas enfriadoras y el salto de temperatura que experimenta el agua en entre la entrada y la salida de la máquina. Como se ha introducido el dato de capacidad nominal, este salto es de 5°C puesto que así lo marcan las condiciones Eurovent (temperatura de entrada del agua 12°C y temperatura de salida 7°C).

	Nombre planta enfriadora	Tipo	Capacidad nominal refri. (kW)	Capacidad nominal calef. (kW)	EER (electricidad)	COP (electricidad) (kWh/kWh)
1	ENFRIADORA 1	Compresor eléctrico	1.350,00	n/a	2,80	n/a
2	ENFRIADORA 2	Compresor eléctrico	1.350,00	n/a	2,80	n/a
3	ENFRIADORA 3	Compresor eléctrico	1.350,00	n/a	2,80	n/a
4	ENFRIADORA 4	Compresor eléctrico	1.350,00	n/a	2,80	n/a

Figura 4.7. Parámetros de las enfriadoras del ECI Salamanca.

	Nombre planta enfriadora	Nombre Circ. Agua Fría	Bomba Circ. Agua Fría	Salto T Circ. Agua Fría (°C)
1	ENFRIADORA 1	FRÍO		5,0
2	ENFRIADORA 2	FRÍO		5,0
3	ENFRIADORA 3	FRÍO		5,0
4	ENFRIADORA 4	FRÍO		5,0

Figura 4.8. Configuración de las conexiones a circuitos.

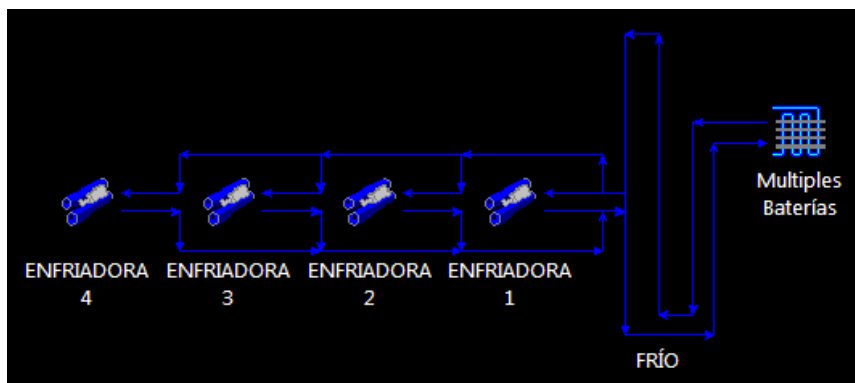


Figura 4.9. Esquema de los circuitos de los que forman parte las enfriadoras.

## ❖ Torres de refrigeración.

Dado que los equipos son condensados por aire, el sistema no dispone de ninguna torre de refrigeración.

## ❖ Bombas.

Los datos que se pueden especificar son el caudal (l/h), la altura (m.c.a), la potencia en KW, el número, el rendimiento del motor, el rendimiento mecánico y el tipo de control (velocidad constante, velocidad variable o dos velocidades). También se pueden modificar las curvas de comportamiento que ofrece el programa por defecto y que describen la variación del incremento de presión en el fluido y la variación de la potencia nominal de la bomba.

Para configurar el sistema de distribución y transporte de agua del edificio se han definido 6 tipos de bombas. Se distinguen según pertenezcan al circuito de frío (FRÍO), de calor (CALOR) o de agua caliente sanitaria (ACS) y según estén sobre la rama del primario o del secundario. Sus propiedades son las siguientes:

	Nombre bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia	Número de bomba
1	PRIMARIO CALOR	65.000	14,0	4,07	2
2	PRIMARIO FRÍO	195.000	10,0	8,73	4
3	PRIMARIO ACS	10.000	11,0	0,49	1
4	SECUNDARIO CALOR	65.000	35,0	10,19	2
5	SECUNDARIO FRÍO	195.000	30,0	26,19	4
6	SECUNDARIO ACS	9.000	10,0	0,40	1

Figura 4.10. Propiedades de las bombas.

Obsérvese que la potencia aparece como valor no modificable, esto se debe a que ha sido calculado por el programa basándose en los otros datos introducidos.

No es necesario definir ninguna bomba para el circuito de condensación, pues como se verá más adelante todos los equipos son condensados por aire.

## ❖ Circuitos hidráulicos

Son los elementos más importantes pues todos los equipos se encuentran conectados a través de ellos. En CALENER\_GT se pueden definir hasta siete tipos de circuitos: de agua caliente, de agua fría, de agua bruta, de condensación, de doble tubo, de bomba de calor en circuito cerrado y de agua caliente sanitaria. El tipo de circuito es un parámetro de obligada introducción. Además se pueden indicar datos de subtipo (circuito primario o secundario), la bomba del circuito y datos de control.

Se han definido 3 circuitos hidráulicos, uno de agua caliente que distribuye el agua desde las calderas hasta las baterías de las unidades de tratamiento de aire (UTA), otro de agua fría que distribuye el agua desde las enfriadoras hasta las baterías de frío de las unidades de tratamiento de aire y el circuito que distribuye el agua caliente sanitaria.

En lo que respecta a los datos de control, CALENER\_GT dispone de cuatro modos de operación; disponibilidad permanente, disponibilidad bajo demanda, disponibilidad en función de horario y cambio estacional por temperatura y tres modos para el control de la temperatura del agua; fijo, ley de correspondencia de temperatura exterior y en función de horario.

Tanto para el circuito de agua fría como para el circuito de agua caliente se ha optado por un modo de operación de disponibilidad bajo demanda y un control fijo de la temperatura de consigna de 90°C para el agua caliente y 6°C para el agua fría. No es necesario definir ningún circuito de condensación, pues como ya se ha mencionado todos los equipos son condensados por aire.

	Nombre circuito hidráulico	Subtipo	Circuito primario	Bomba circuito	Caudal recirculado (l/h)	Porcentaje caudal prim. (%)
1	FRÍO	Primario	n/a	PRIMARIO FRÍ	0	n/a
2	CALOR	Primario	n/a	PRIMARIO CA	0	n/a
3	ACS	Primario	n/a	PRIMARIO AC	0	n/a
4	ACS CONSUMO	Secundario	ACS	SECUNDARIO	4.500	100
5	FRÍO UTAS	Secundario	FRÍO	SECUNDARIO	0	100
6	CALOR UTAS	Secundario	CALOR	SECUNDARIO	0	100

Figura 4.11. Parámetros de Circuitos hidráulicos.

### 3.5.Subsistemas secundarios.

Los sistemas secundarios son los encargados de tratar y distribuir el aire a los espacios climatizados. En CALENER\_GT se distinguen dos niveles para los subsistemas secundarios o “equipos del lado del aire”. Por un lado está el “nivel de sistema” o “nivel de UTA” que recoge las unidades de tratamiento de aire (UTA) que son los equipos encargados de tratar el aire antes de distribuirlo a las zonas. Por otro lado está el “nivel de zona” que incluye los equipos y dispositivos que se ubican directamente en las zonas a las que prestan servicio.

Las unidades de tratamiento de aire se crean dentro de la carpeta de subsistemas secundarios que se encuentra en el árbol de subsistemas secundarios. Los equipos de nivel de zona como las unidades terminales se crean como “objetos hijos” de los subsistemas secundarios, empleando la opción “crear objeto hijo” del programa.



### ❖ Datos operativos para las UTAs

CALENER\_GT permite definir multitud de tipos de equipos a nivel de sistema como sistemas autónomos o de expansión directa, sistemas de tipo todo agua o fan-coil, sistemas de ventilación, sistemas todo aire de caudal variable, sistemas todo aire de caudal constante, etc.

Las UTAs son equipos centrales que engloban una gran cantidad de equipos y que puede variar en función de los requerimientos del aire que se impulsa. Para la definición completa de una UTA, en CALENER\_GT se pueden especificar datos relativos a:

- Especificaciones básicas.
- Ventiladores.
- Ventilador de impulsión y ventilador de retorno refrigeración.
- Baterías, equipos autónomos, enfriamiento evaporativo y economizador de agua calefacción.
- Fuentes de calor, baterías, precalentamiento, equipos autónomos y bomba de calor.
- Control.
- Técnicas de recuperación. Curvas de comportamiento.

Como ya se ha mencionado, las unidades de tratamiento de aire pueden no incluir determinados elementos.

Las UTAs de ECI de Salamanca no disponen de sistema de humidificación, carece de precalentamiento del aire y tampoco existe de una fuente de calor auxiliar, de ahí que estos elementos hayan sido representados con línea discontinua.

El sistema principal de distribución de aire está compuesto por 15 UTAs que cubren la demanda de la totalidad del edificio agrupando zonas de naturaleza semejante.

Todas las unidades son tipo todo aire de caudal variable, carecen de control de humedad y tienen retorno por conductos. Para los ventiladores de impulsión y de retorno los datos más importantes son el horario, el caudal de aire en m<sup>3</sup>/h y la potencia en KW.

El esquema de la sección común a todas las UTAs es de la siguiente manera:

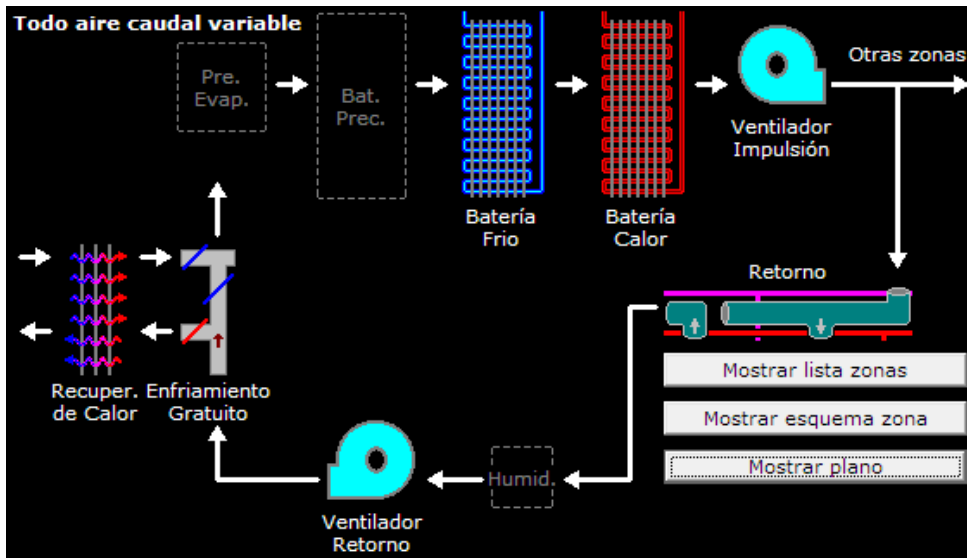


Figura 4.12. Esquema de la sección de una UTA.

Se ha especificado el horario anual Siempre funcionando, de manera que los ventiladores pueden funcionar todos los días del año las 24h del día. Los ventiladores se encuentran aguas abajo de las baterías de frío y de calor. Esta posición se indica en la casilla correspondiente marcando “draw-through”, el ventilador “tira” del flujo de aire.

	Subsist. Secund.	Horario	Potencia (kW)	Caudal (m³/h)	Control	Posición ventilador
1	UTA 1	Siempre funciona	80,00	180.000	Velocidad variabl	Draw-Through
2	UTA 2	Siempre funciona	75,00	160.000	Velocidad variabl	Draw-Through
3	UTA 3	Siempre funciona	75,00	160.000	Velocidad variabl	Draw-Through
4	UTA 4	Siempre funciona	80,00	180.000	Velocidad variabl	Draw-Through
5	UTA 5	Siempre funciona	15,00	30.000	Velocidad variabl	Draw-Through
6	UTA 6	Siempre funciona	15,00	25.000	Velocidad variabl	Draw-Through
7	UTA 15	Siempre funciona	1,10	1.600	Velocidad variabl	Draw-Through
8	UTA 16	Siempre funciona	1,10	1.600	Velocidad variabl	Draw-Through
9	UTA 17	Siempre funciona	3,00	5.500	Velocidad variabl	Draw-Through
10	UTA 21	Siempre funciona	3,00	5.500	Velocidad variabl	Draw-Through
11	UTA 23	Siempre funciona	1,10	1.600	Velocidad variabl	Draw-Through
12	UTA 28	Siempre funciona	1,10	1.600	Velocidad variabl	Draw-Through
13	UTA 25	Siempre funciona	5,50	13.000	Velocidad variabl	Draw-Through
14	UTA 51	Siempre funciona	5,50	13.000	Velocidad variabl	Draw-Through
15	UTA 20	Siempre funciona	1,10	1.600	Velocidad variabl	Draw-Through

Figura 4.13. Parámetros de los ventiladores que utiliza la instalación.

En cuanto a las baterías de refrigeración, los datos más relevantes son la potencia en KW (total y sensible) y el salto térmico del agua previamente especificado en el circuito de agua fría. También se debe indicar el tipo de válvula (de 2 vías en este caso) que permite variar el caudal de la batería cuando ocurre una variación de carga. El caudal aparece como valor no modificable pues es calculado por el programa a partir de la potencia y el salto térmico del agua fría.

	Subsist. Secund.	Pot. Total (kW)	Pot. Sens. (kW)	Circuito	Caudal Agua (l/h)	Salto Térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	UTA 1	1.037,20	814,50	FRÍO UTAS	178.398	5,0	Dos vías
2	UTA 2	922,10	814,50	FRÍO UTAS	158.601	5,0	Dos vías
3	UTA 3	922,10	814,50	FRÍO UTAS	158.601	5,0	Dos vías
4	UTA 4	1.037,20	814,50	FRÍO UTAS	178.398	5,0	Dos vías
5	UTA 5	263,00	199,00	FRÍO UTAS	45.236	5,0	Dos vías
6	UTA 6	221,00	166,30	FRÍO UTAS	38.012	5,0	Dos vías
7	UTA 15	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
8	UTA 16	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
9	UTA 17	48,50	36,50	FRÍO UTAS	8.342	5,0	Dos vías
10	UTA 21	48,50	36,50	FRÍO UTAS	8.342	5,0	Dos vías
11	UTA 23	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
12	UTA 28	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
13	UTA 25	115,10	86,50	FRÍO UTAS	19.797	5,0	Dos vías
14	UTA 51	115,10	86,50	FRÍO UTAS	19.797	5,0	Dos vías
15	UTA 20	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías

Figura 4.14. Parámetros de las baterías de enfriamiento.

En lo que respecta a las baterías de calefacción, los datos más relevantes son la potencia en KW y el salto térmico del agua caliente previamente especificado en el circuito de agua caliente.

Algunas de las UTAs incorporan la posibilidad de emplear free-cooling o enfriamiento gratuito por entalpía que consiste en enfriar los espacios directamente con aire exterior mientras la entalpía del aire exterior sea inferior a la del local.

	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo de Control
1	UTA 1	Sí	Por entalpía
2	UTA 2	Sí	Por entalpía
3	UTA 3	Sí	Por temperatura
4	UTA 4	Sí	Por temperatura
5	UTA 5	Sí	Por entalpía
6	UTA 6	Sí	Por entalpía

Figura 4.15. Configuración para enfriamiento gratuito.

Todas las UTAs incorporan la opción de recuperar calor del aire de expulsión. En este caso se incluye la posibilidad de recuperar tanto calor sensible como latente. Hay que indicar el consumo eléctrico del recuperador y su efectividad.

❖ Datos operativos de los sistemas de zona.

Para la definición de los equipos de nivel de zona se pueden especificar entre:

- Termostato.
- Caudales de zona.
- Unidades terminales.

Para cada una de las zonas se especifica el subsistema secundario al que pertenece y el tipo de zona de que se trata (acondicionada, no acondicionada o por plenum). En el caso de ECI de Salamanca todas las plantas están acondicionadas mediante las UTAs.

	Zona	Tipo	Espacio	Subsistema secundario	Tipo termostato	Ancho de banda (°C)	Consigna Ref.	Cosigna Cal.
1	Z_P06_E11	Acondicionada	P06_E11	UTA 1	Proporcional	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
2	Z_P07_E06	Acondicionada	P07_E06	UTA 1	Proporcional	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
3	Z_P07_E07	No Acondicionada	P07_E07	UTA 1	n/a	n/a	n/a	n/a
4	Z_P08_E04	Acondicionada	P08_E04	UTA 1	Acción inversa	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C
5	Z_P09_E01	No Acondicionada	P09_E01	UTA 1	n/a	n/a	n/a	n/a
6	Z_P09_E04	Acondicionada	P09_E04	UTA 1	Proporcional	1	Siempre 25°C	Siempre 20°C

Figura 4.16. Configuración sistemas de zona.

Los termostatos controlan el funcionamiento de los equipos de distribución y tratamiento de aire mediante las temperaturas de consigna establecidas en las zonas. En periodo de invierno, los equipos arrancan cuando la temperatura en las zonas desciende por debajo de 20°C. De igual modo, en el periodo de verano, los equipos arrancan cuando la temperatura en las zonas es superior a 25°C.

El siguiente paso consiste en especificar los caudales de impulsión de aire en m<sup>3</sup>/h que requieren cada una de las zonas así como el aire que se extrae de cada una de ellas.

El programa permite elegir entre dos opciones para definir el caudal de aire de extracción: caudal total o caudal por persona.

	Zona	Caudal diseño (m <sup>3</sup> /h)	Fracción Min. (ratio)	Metodo def. Aire Ext.	Caudal A.Ext. (m <sup>3</sup> /h)	Caudal/Pers. (m <sup>3</sup> /h)	Renov./hora	Existe vent. extrac.
50	Z_P06_E03	1.600	n/a	Caudal total	1.600	n/a	1,01	Sí
51	Z_P06_E04	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
52	Z_P06_E01	1.600	n/a	Caudal total	1.600	n/a	1,55	Sí
53	Z_P06_E02	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
54	Z_P06_E08	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
55	Z_P07_E01	13.000	n/a	Caudal total	13.000	n/a	1,18	Sí
56	Z_P07_E02	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
57	Z_P03_E03	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
58	Z_P04_E04	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
59	Z_P01_E01	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
60	Z_P02_E01	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
61	Z_P01_E02	6.500	n/a	Caudal por perso	n/a	0,0	0,00	No
62	Z_P02_E02	6.500	n/a	Caudal por perso	n/a	36,0	1,03	No
63	Z_P05_E05	1.600	n/a	Caudal total	1.600	n/a	2,03	Sí
64	Z_P05_E07	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Figura 4.16. Parámetros de los caudales.

Se ha seleccionado para el Espacio 2 de la segunda planta el método de caudal por persona dejando el valor por defecto del programa de 36 m<sup>3</sup>/hpers que equivalen a 10 l/spers. Al seleccionar esta opción, el programa emplea los datos de ocupación de los espacios para

calcular el caudal total. La fracción mínima permitida del caudal de diseño de impulsión es 0.20. Este valor ya se indicó en la definición de los ventiladores.

Por último se especifican los datos relativos a las unidades terminales. En este caso se especifica la potencia de las baterías de recalentamiento.

#### 4. Formulario de edición de los espacios.

Una vez que se han definido todos los subsistemas, es necesario revisar las propiedades de los espacios, pues muchas de ellas tendrán los valores por defecto del programa.

Para acceder al formulario de edición de los espacios se procede igual que en LIDER, se pulsa en “editar” en el menú contextual que aparece al pulsar el botón derecho del ratón tras situar el puntero sobre el espacio a editar en el árbol de geometría. Este formulario agrupa una gran cantidad de información del edificio y se compone de tres subformularios que se describen a continuación.

##### 4.1. Formulario de descripción y geometría.

En este formulario se resumen las características generales y geométricas del espacio. Los campos de mayor relevancia que conviene siempre revisar son el tipo de actividad (oficinas, residencial, comercio, hotel/hostal, restaurantes/bares, etc.) y el tipo de espacio según el HE-1 (baja carga interna o alta carga interna). El siguiente formulario corresponde al espacio de la planta baja de ECI de Salamanca.

Figura 4.17. Formulario de descripción y geometría.

Se ha marcado “alta carga interna” como tipo de espacio (CTE HE1). Esto último refleja la elevada iluminación y ocupación del edificio que se prevé en condiciones normales de actividad.

#### 4.2. Formulario de ocupación equipos e infiltración.

En este formulario se introducen los datos relativos a las cargas internas del espacio. Estos valores son importantes puesto que el programa los emplea para calcular la carga térmica del edificio (no se va a entrar en los detalles del subprograma de simulación de cargas puesto que no es este el objeto del proyecto).

Para que el programa pueda realizar la simulación es imprescindible introducir los horarios de ocupación y de funcionamiento de los equipos. En la parte de ocupación se introduce una estimación del área en  $m^2$  por persona y de la carga sensible y latente que aporta cada persona.

Figura 4.18. Formulario de Ocupación, equipos e infiltración.

En la parte de fuentes internas se introduce una estimación de la potencia por unidad de área de los equipos presentes en el inmueble (excluyendo las luminarias), indicándose la fracción que corresponde a carga latente. En este caso los equipos solo aportan carga sensible.

Obsérvese que el programa aporta unos valores por defecto (color verde) para la mayoría de los campos mencionados. Estos valores cambian en función de la opción seleccionada en el campo “tipo de espacio (CTE HE1)” y “tipo de actividad” del formulario anterior.

#### 4.3. Formulario de iluminación artificial y natural.

En CALENER\_GT se pueden introducir los datos de los equipos y los sistemas de iluminación del edificio. Como se va a describir a continuación las posibilidades en cuanto al tipo de equipos y modelos de control que permite introducir el programa son bastante limitadas.

Inicialmente se define el horario de trabajo de los equipos de iluminación, necesario para calcular la potencia total, previamente definido en el árbol de componentes.

En CALENER\_GT sólo se puede especificar un tipo de iluminación artificial: luminarias de techo. Se puede optar por uno de los 5 tipos de luminarias disponibles:

- Fluorescente no ventilada.
- Fluorescente con retorno.
- Fluorescente con impulsión/retorno.
- Incandescente.
- Otras.

Con respecto al tipo de lámpara del que se dispone sólo se tienen dos posibilidades bien diferenciadas: incandescentes o fluorescentes. Esta clasificación se refiere a la posibilidad de impulsar o retornar el aire a través del plenum situado encima de las luminarias pero resulta ambigua en cuanto a eficiencia energética. Los siguientes valores a introducir son los valores de eficiencia energética de la instalación VEEI y VEEI límite.

*Iluminación artificial*

Horario:

Potencia/Área:  W/m<sup>2</sup>

Tipo de luminaria:

Valor de eficiencia energética (VEEI):  W/m<sup>2</sup>·100lux

Valor de eficiencia energética (VEEI) Límite:  W/m<sup>2</sup>·100lux

---

*Iluminación artificial contralada por la natural*

Existe control automático:       Nº de puntos de referencia:

---

*Puntos de referencia iluminación*

	Fracción zona	Consigna iluminación	Tipo de control	Coordenadas relativas		
				X	Y	Z
Punto 1:	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>
Punto 2:	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>

Fracción potencia mín.:       Frac. ilum. mín.:       Nº etapas control:

Figura 4.19 Formulario de Iluminación artificial.

El último paso es definir, si lo hay, el sistema de control de iluminación artificial en función de la iluminación natural. CALENER\_GT permite elegir entre 3 tipos de control:

- ❖ Progresivo o continuo: la iluminación artificial disminuye linealmente a medida que aumenta el nivel de luz natural. El nivel de iluminación eléctrica nunca puede ser menor que un cierto nivel prefijado.
- ❖ Progresivo/apagado o continuo/off: es muy similar al anterior. La diferencia principal reside en que la iluminación artificial se apaga completamente cuando la iluminación total excede el nivel de consigna fijado.
- ❖ Por etapas o escalonado: se establecen determinados niveles de iluminación artificial que cubren un rango de valores de iluminación natural.

La instalación de un sistema de control de iluminación artificial es una buena medida de ahorro de electricidad, desgraciadamente, para el edificio tratado la implantación de dicho sistema queda completamente descartada puesto que al tratarse de un edificio comercial todas sus fachadas principales son ciegas y resulta imposible un control basado en la iluminación natural.

## **5. Proceso de calificación. Niveles de referencia.**

### 5.1. Indicadores de eficiencia energética.

CALENER-GT basa la calificación energética del edificio en el cálculo previo de los indicadores de eficiencia energética o indicadores energéticos del edificio.

- ❖ Demanda de calefacción.
- ❖ Demanda de refrigeración.
- ❖ Climatización.
- ❖ Agua caliente sanitaria (A.C.S.)
- ❖ Iluminación.

Cada uno de estos indicadores es el resultado de dividir las emisiones de CO<sub>2</sub> (climatización, A.C.S. e iluminación) o la demanda (calefacción y refrigeración) que producen cada uno de los conceptos anteriores del edificio objeto (edificio definido por el usuario) y las emisiones de CO<sub>2</sub> o la demanda del edificio de referencia (generado de forma automática por el programa CALENER a partir del edificio objeto).

De este modo, si para alguno de los conceptos citados, el indicador energético es la unidad, denota que el edificio objeto genera las mismas emisiones o la misma demanda que el edificio de referencia para dicho concepto. Igualmente, un indicador con valor inferior a



uno, otorga al edificio objeto unas emisiones de CO<sub>2</sub> o una demanda inferiores a las del edificio de referencia.

La formulación matemática de cada uno de estos indicadores se puede expresar, en general, como:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Demanda/Emisiones de CO}_2 \text{ EDIFICIO OBJETO}}{\text{Demanda/Emisiones de CO}_2 \text{ EDIFICIO REFERENCIA}}$$

A continuación se va a describir la formulación en la que se basa CALENER\_GT para el cálculo de la demanda y de las emisiones, para el edificio de referencia, de cada uno de los conceptos anteriores.

❖ Emisiones de referencia debidas al consumo de iluminación.

El edificio de referencia tendrá el mismo horario de variación de la iluminación que el edificio objeto. Por defecto el tipo de luminaria del edificio de referencia será: “Fluorescente no ventilada”.

El valor de eficiencia energética de la iluminación (VEEI) para el edificio de referencia deberá tomarse del valor límite que el CTE-HE3 establece para su espacio en concreto.

La potencia eléctrica instalada para iluminación por unidad de área ( $P_{ilum,ref}$  [W/m<sup>2</sup>]) para el edificio de referencia se calculará considerando que el nivel lumínico punta, expresado en lux ( $D_{lum,ref}$  [lux]), en el edificio de referencia es igual al del edificio propuesto ( $D_{lum,ref}$  [lux]).

$$D_{ilum}[lux] = \frac{P_{ilum}[W/m^2] \cdot 100}{VEEI[W/m^2 \cdot 100lux]} = D_{ilum,ref}[lux] = \frac{P_{ilum,ref}[W/m^2] \cdot 100}{VEEI_{ref}[W/m^2 \cdot 100lux]}$$

$$P_{ilum,ref}[W/m^2] = P_{ilum}[W/m^2] \frac{VEEI_{ref}[W/m^2 \cdot 100lux]}{VEEI[W/m^2 \cdot 100lux]}$$

Por último, los espacios del edificio de referencia no tendrán control automático de la iluminación artificial en función de la natural.

El consumo total de iluminación en el edificio de referencia se multiplica por el coeficiente de paso de la energía eléctrica a emisiones para obtener las emisiones de referencia debidas al consumo de iluminación.

## ❖ Emisiones de referencia debidas al consumo de ACS.

La demanda de agua caliente sanitaria (kW·h) se obtiene del edificio definido por el usuario y se asume que el edificio de referencia tendrá la misma demanda de ACS.

Para obtener la demanda de referencia se suma la demanda de los circuitos hidráulicos que abastecen el servicio de agua caliente sanitaria y los de agua caliente utilizados para dar un servicio mixto. Y se resta de esta demanda el porcentaje de ACS solar que tenga el edificio de referencia, introducido por el usuario como el valor límite obligado por el CTE-HE4 para su edificio.

Esta variable es la demanda total de agua caliente sanitaria en el edificio de referencia y para obtener las emisiones se divide por un rendimiento medio estacional de referencia y se multiplica por el coeficiente de paso a emisiones de CO<sub>2</sub>:

$$E_{ACS,ref}[kg CO_2] = D_{ACS}[kWh] \frac{1}{\eta_{ACS,ref}} c_{CO_2}[kg CO_2/kWh]$$

El programa da por supuesto que el ACS no está cubierto por vía solar.

## ❖ Emisiones de referencia debidas al consumo de climatización.

Se trata de obtener, en primer lugar, cuáles son las demandas de calefacción y refrigeración para el edificio de referencia; para, más tarde, dividir por un rendimiento medio estacional de referencia y multiplicar por el coeficiente de paso a emisiones de CO<sub>2</sub>:

$$E_{calef,ref}[kg CO_2] = D_{calef}[kWh] \frac{1}{\eta_{calef,ref}} c_{CO_2}[kg CO_2/kWh]$$

$$E_{refri,ref}[kg CO_2] = D_{refri}[kWh] \frac{1}{\eta_{refri,ref}} c_{CO_2}[kg CO_2/kWh]$$

El rendimiento medio estacional de referencia para la calefacción y la refrigeración se toman iguales a 1.7 y 0.70, respectivamente. Es importante recordar que el rendimiento en este caso es la relación entre la demanda y el consumo de todos los equipos necesarios para suministrar calefacción y refrigeración.

Los tipos de energía utilizadas por el edificio de referencia son electricidad para la refrigeración y gasóleo para la calefacción.

## ❖ Obtención de las clases de eficiencia energética.

Una vez obtenidos los indicadores de eficiencia energética el programa “clasifica” cada uno de estos indicadores asociándoles una letra. La siguiente tabla muestra la letra asociada en función del valor del indicador de eficiencia energética:

- |                                |          |                                |          |
|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| ● Indicador $\leq$ 0,40        | <b>A</b> | ● 1,30 < Indicador $\leq$ 1,60 | <b>E</b> |
| ● 0,40 < Indicador $\leq$ 0,65 | <b>B</b> | ● 1,60 < Indicador $\leq$ 2,00 | <b>F</b> |
| ● 0,65 < Indicador $\leq$ 1,00 | <b>C</b> | ● 2,00 < Indicador $\leq$      | <b>G</b> |
| ● 1,00 < Indicador $\leq$ 1,30 | <b>D</b> |                                |          |

## ❖ Coeficientes de paso.

CALENER-GT utiliza los siguientes coeficientes de paso a energía primaria y a emisiones de CO<sub>2</sub>. Estos coeficientes no son modificables por el usuario:

Tipo de energía	Coeficientes de paso a energía primaria (kWh/kWh)	Coeficientes de paso a emisiones (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Carbón de uso doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fueloil	1,081	0,280
Gas Natural	1,011	0,204
Biomasa y biocarburantes	1,000	0,000
Electricidad	2,603	0,649

Tabla 4.1. Coeficientes de paso.

Los coeficientes han sido obtenidos de los últimos datos proporcionados por el IDAE sobre la estructura de generación eléctrica en España.

## 6. Análisis de los resultados de la calificación energética.

### 6.1. Etiqueta.

El resultado principal para El Corte Inglés de Salamanca muestra el índice total de emisiones de CO<sub>2</sub>, con el que se otorga la clase de eficiencia energética al edificio, que resulta ser de **clase C**, con un índice global de **0,84**:

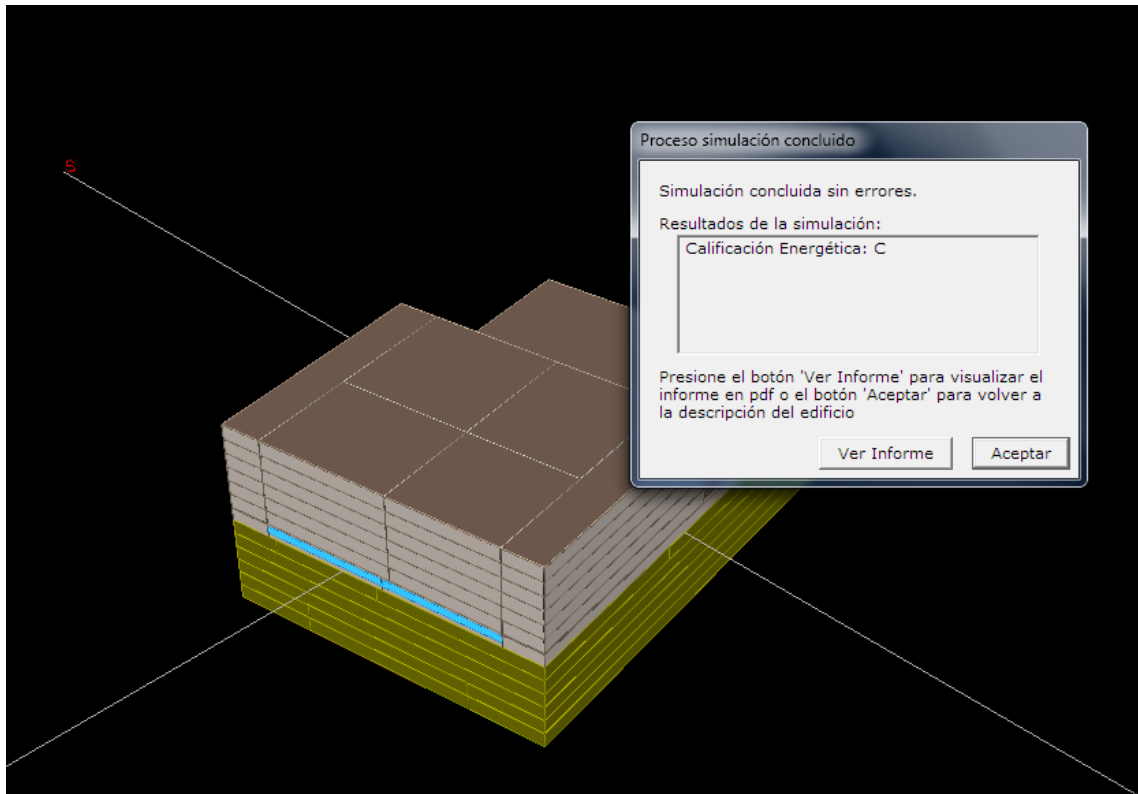


Figura 4.20. Calificación del edificio.

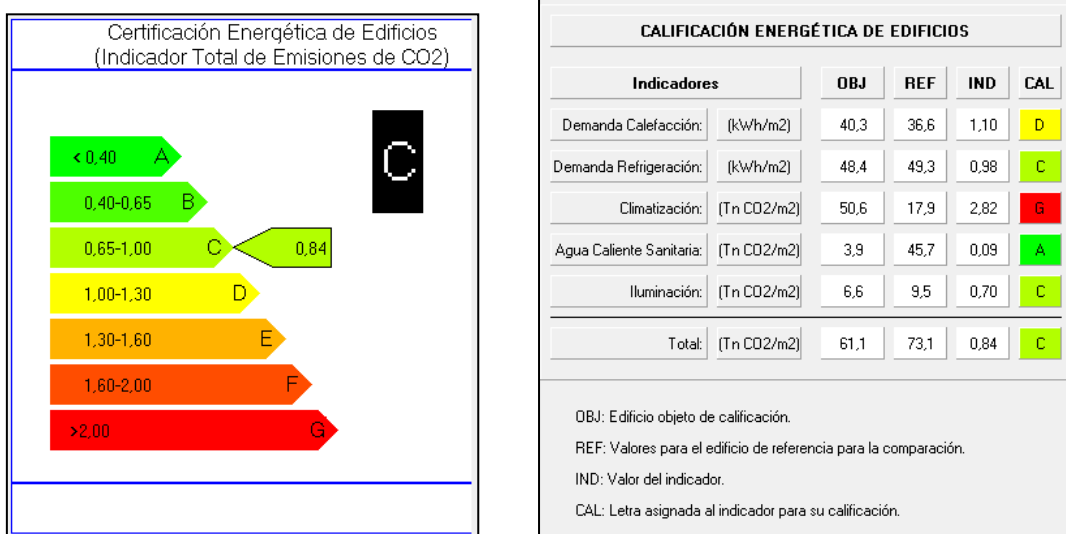


Figura 4.21. Indicadores de eficiencia energética de El Corte Inglés de Salamanca.

Como ya se ha explicado, esto significa que la eficiencia energética del edificio en conjunto está por debajo de la que tendría el mismo edificio si cumpliera con todas las exigencias del CTE (incluidas las del RITE).

La peor calificación que se ha obtenido es la de demanda de climatización. El indicador es 2.82 que corresponde a una clase G, muy por encima de lo permitido por la normativa. Otro concepto que se debe mejorar es el de calefacción, pues como se ve su indicador es 1.1 que corresponde a una clase D. En lo que respecta a demanda de refrigeración y a emisiones por iluminación el edificio es ligeramente más eficiente que el de referencia y con respecto a ACS es muy eficiente en comparación al edificio referencia.

## 6.2. Informes mensuales.

La herramienta de resultados del programa permite obtener multitud de gráficos que ayudan a caracterizar el edificio desde el punto de vista energético.

Para generar el gráfico, en la primera pestaña desplegable se elige el tipo o fuente de energía que se quiere considerar. Existen 8 posibilidades: electricidad, gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP, biomasa y TODOS.

En la segunda pestaña se selecciona el concepto que se quiere representar en el gráfico (eje de ordenadas). Las posibilidades son tres: Emisiones de CO<sub>2</sub> en Kg CO<sub>2</sub>, Energía primaria en KWh y Energía final en KWh.

Por último se marcan las distintas series de datos que se quieren representar, seleccionando los conceptos que aparecen en la parte derecha: ILU (Iluminación), REF (refrigeración), SDC (sistema de condensación), BOM ó BYA (bombas y auxiliares), VENT (ventiladores), CAL (calefacción) y ACS (agua caliente sanitaria). Para realizar una primera valoración de las emisiones se selecciona como tipo de energía “TODOS” y como variable “Emisiones de CO<sub>2</sub>”. Se marcan todos los conceptos posibles para el edificio. El gráfico resultante se muestra a continuación:

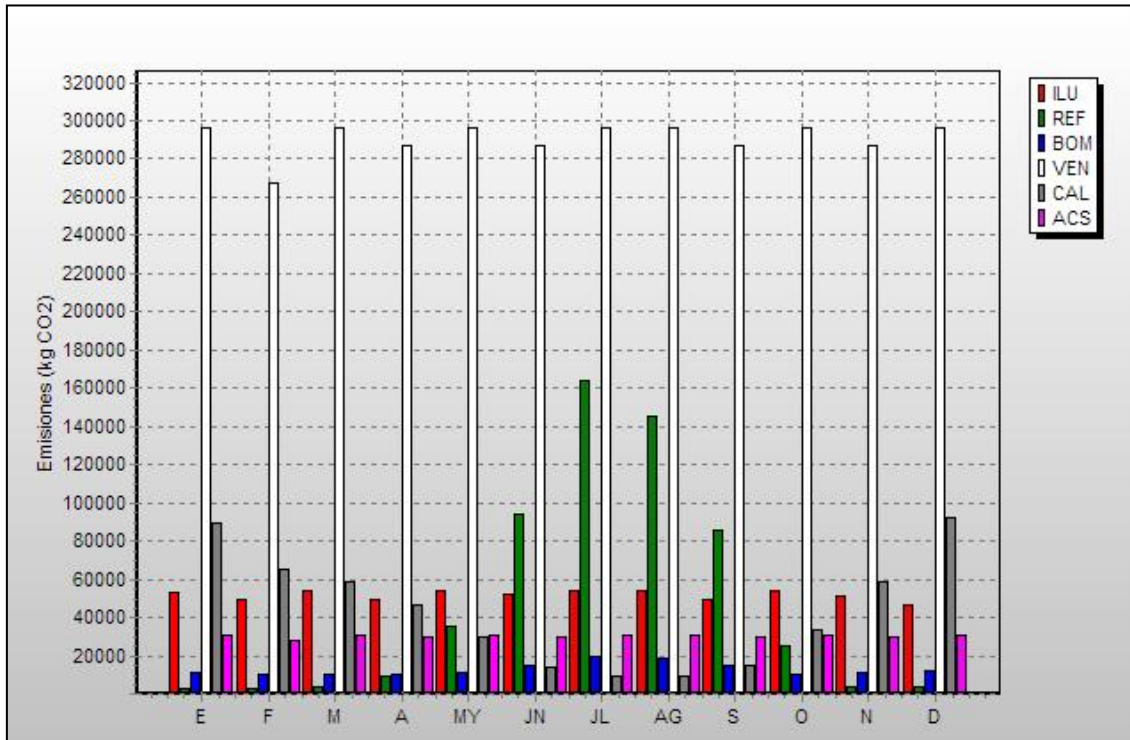


Figura 4.22. Histograma emisiones de CO<sub>2</sub> de ECI de Salamanca en kg CO<sub>2</sub>.

Como se aprecia en el gráfico las mayores emisiones se deben a los sistemas de ventilación (color blanco) y a los sistemas de refrigeración (color verde). Los valores pico se producen por refrigeración en los meses de julio y agosto. Las emisiones causadas por los sistemas de ACS y sobre todo las debidas a los equipos de bombeo son significativamente inferiores a las del resto de los sistemas. Se pueden obtener los valores exactos a través de pestaña “tabla”. Los resultados muestran que las emisiones totales del edificio son de **5730,38 Tn CO<sub>2</sub> por año** que se reparten de la siguiente manera:

	Toneladas de CO2	%
Iluminación	621,34	10,84
Refrigeración	574,58	10,03
Bombas y Auxiliares	154,02	2,69
Ventiladores	3490,60	60,91
Calefacción	522,79	9,12
ACS	367,018	6,40

Tabla 4.2. Resultados Emisiones CO2.

Estos resultados indican claramente lo que ya se había apuntado, las emisiones debidas a bombas y auxiliares son prácticamente despreciables en relación a la ventilación.

La energía primaria (equivalente de energía primaria en origen de la energía final que consume el edificio) es proporcional a las emisiones del edificio. Esto se refleja en el gráfico obtenido al marcar como variable “Energía primaria”:

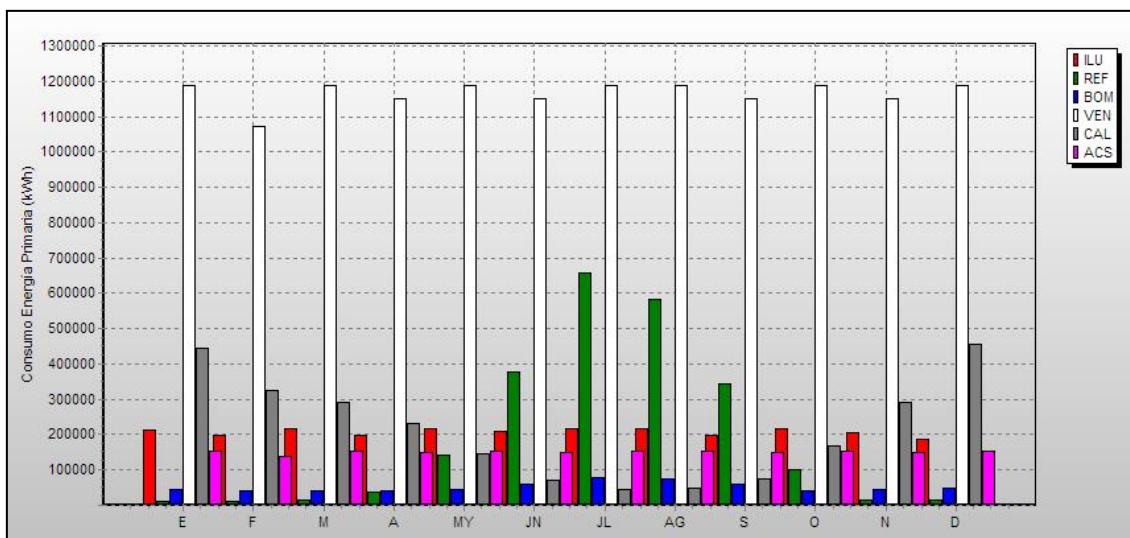


Figura 4.23. Energía primaria del edificio en kWh.

De la misma forma que para las emisiones, el consumo de energía primaria total del edificio es de **20.487,76 MWh por año** que se reparten de la siguiente manera:

	MWh	%
Iluminación	2492,1013	10,84
Refrigeración	1304,523	10,03
Bombas y Auxiliares	617,7535	2,69
Ventiladores	14000,084	60,91
Calefacción	254,4093	9,12
ACS	1818,8983	6,40

Tabla 4.3. Resultados Energía primaria.

Se puede comprobar que al igual que en las emisiones de CO<sub>2</sub>, la iluminación y el ACS se mantienen aproximadamente constantes. La explicación viene dada por la utilización del edificio. Por no constar de iluminación natural, siempre que este operativo el edificio será utilizada la iluminación artificial y como el horario objeto de estudio es abierto las 24 horas del día se produce un consumo constante. En el caso del ACS ocurre lo mismo, ya que la utilización de este sistema se produce cuando hay actividad en el centro.

Otra manera de hacerse una idea de la dependencia de los sistemas con respecto a la energía primaria que utilizan es analizar la siguiente figura:

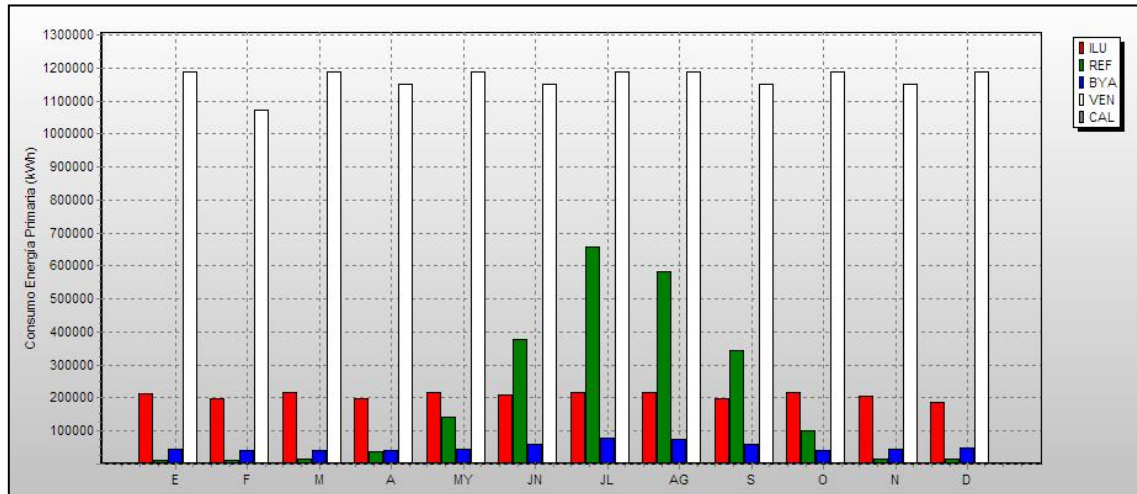


Figura 4.24. Electricidad consumida por los diferentes sistemas.

Podemos ver el desorbitado consumo de la ventilación en comparación con el resto de sistemas. Una posible explicación podría ser el diseño del propio edificio. Aplicando una considerable ventilación se podría conseguir reducir los consumos de calefacción y refrigeración a costa de un elevado consumo energético. La conveniencia de esta opción no es el objeto de estudio de este proyecto. Pero si en el capítulo 5 si se propondrán mejoras para reducir el consumo eléctrico.

### 6.3. Informes anuales.

En el gráfico de emisiones anuales, se resume toda la información anteriormente explicada.

En lado derecho aparecen las fuentes de energía que se emplean en el edificio (Gas natural, Electricidad y TODOS). Excluyendo a la calefacción, La barra azul coincide con la roja para todos los equipos lo que indica que solo emplean Electricidad para funcionar.



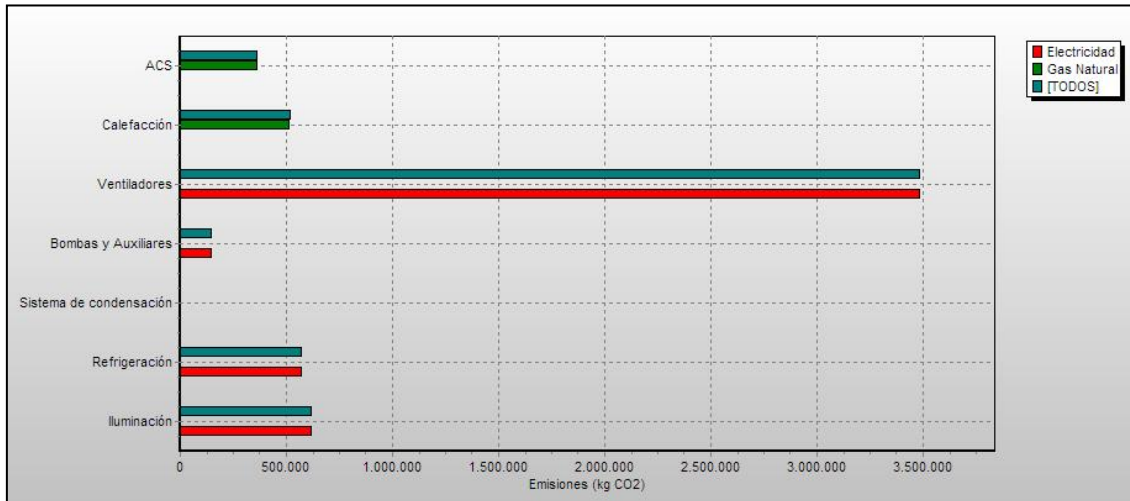


Figura 4.25. Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de ECI de Salamanca.

De nuevo llama la atención el elevado nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> que produce el sistema de ventilación.

	Toneladas de CO <sub>2</sub>		
	Electricidad	Gas Natural	TODOS
Iluminación	621,35	0,00	621,35
Refrigeración	574,58	0,00	574,58
Bombas y Auxiliares	154,02	0,00	154,02
Ventiladores	3490,61	0,00	3490,61
Calefacción	6,90	515,90	522,80
ACS	0,00	367,02	367,02
Sistema de condensación	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>4847,47</b>	<b>882,91</b>	<b>5730,38</b>

Tabla 4.3. Resultados emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.

El informe de la calificación obtenido se muestra en el **anexo 2** al final de la presente memoria. En dicho informe se resumen todos los datos incluidos en la definición de los sistemas y equipos así como los datos para la definición geométrica y constructiva del edificio.

## MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA

Una vez obtenida la calificación energética del edificio se ha analizado los datos correspondientes a los resultados ofrecidos por CALENER GT. Comprobándose aspectos mejorables como puede ser la climatización, la iluminación o la aportación de algún tipo de energía renovable.

De los posibles puntos de mejora se ha evaluado la dependencia de la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al tipo de iluminación elegida. Y también la posibilidad de tener un aporte de energía eléctrica proveniente de una instalación solar fotovoltaica para contribuir a la reducción de emisiones contaminantes. Por último se propone la posibilidad de combinar ambos escenarios, esto es, luminarias más eficientes y aporte eléctrico fotovoltaico.

La primera parte del estudio será destinada a la parte técnica y posteriormente se evaluará económicamente las diferentes situaciones.

### ❖ Instalación solar fotovoltaica.

En el apartado 3.1 correspondiente a la Calificación energética con CALENER GT se calculó la contribución mínima de producción eléctrica mediante energía fotovoltaica requerida según la exigencia HE-5 del CTE, que correspondía a una potencia de 500 kWp. Para comprobar si es posible instalar dicha potencia sobre la cubierta del edificio, debemos conocer la superficie que corresponde a ésta y comparar con el espacio disponible.

A través de CALENER GT podemos conocer la superficie de la cubierta, cuyo valor es 40.184,56 m<sup>2</sup>. Se ha supuesto que un 50% de ésta estará destinada a la propia instalación y que la otra parte albergará los espacios necesarios para pasillos, zonas de control y protección (señalar los espacios reservados son aproximaciones, ya que probablemente sea mayor la superficie dedicada a la implantación de módulos fotovoltaicos).

También es necesario conocer la superficie del panel solar. Se ha elegido un módulo de la marca T-Solar, cuya potencia pico es 85Wp y con un área de 1,43 m<sup>2</sup>.

$$\text{Entonces: } \textit{Superficie neta} = \frac{40.184,56}{0,5} = 20.092,28 \text{ m}^2$$

$$\textit{Número de módulos} = \frac{20.092,28}{1,43} = 14.050,54 \text{ módulos}$$

$$\textit{Potencia}_{max} = 14.050,54 \text{ módulos} \times 85 \text{ Wp} = 1.194.295,9 \text{ Wp}$$

Es decir, tenemos una capacidad máxima para instalar una potencia de 1,19 MWp y un total de 14.050 módulos.

Para obtener la calificación según la instalación introducimos en la pestaña de datos generales de CALENER\_GT la energía anual por producción eléctrica renovable en KWh/año. Para esto se supone que los paneles fotovoltaicos pueden funcionar en condiciones aceptables aproximadamente durante la sexta parte del tiempo, esto es, unas 1460 horas por año.

Se han analizado tres escenarios: 0,5 MW, 1 MW y 1,19 MW.

Resultados:

Haciendo un recordatorio de los rangos correspondientes a los indicadores de evaluación eficiencia energética se muestra la siguiente tabla:

• Indicador $\leq 0,40$	<b>A</b>	• $1,30 < \text{Indicador} \leq 1,60$	<b>E</b>
• $0,40 < \text{Indicador} \leq 0,65$	<b>B</b>	• $1,60 < \text{Indicador} \leq 2,00$	<b>F</b>
• $0,65 < \text{Indicador} \leq 1,00$	<b>C</b>	• $2,00 < \text{Indicador} \leq$	<b>G</b>
• $1,00 < \text{Indicador} \leq 1,30$	<b>D</b>		

Tabla 5.1. Indicadores de eficiencia energética.

Donde la mejor calificación es la que corresponde a la letra A y la peor a la G.

La calificación correspondiente al Caso Base es:

Indicador energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	40,30	36,60	1,10	D
Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	48,40	49,30	0,98	C
Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	50,60	17,90	2,82	G
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,90	45,70	0,09	A
Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	6,60	9,50	0,70	C
<b>Emisiones Tot. (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	<b>61,10</b>	<b>73,10</b>	<b>0,84</b>	<b>C</b>

Tabla 5.2. Indicadores energéticos del caso inicial.

La energía generada para cada potencia instalada se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

Para el caso de 0,5 MW, la energía a introducir sería de 730 MWh/año.

Obteniendo:

<b>Indicador energético</b>	<b>Edif. Objeto</b>	<b>Edif. Referencia</b>	<b>Índice</b>	<b>Calificación</b>
Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	40,30	36,60	1,10	D
Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	48,40	46,30	0,98	C
Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	47,60	17,90	2,65	G
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,90	45,70	0,09	A
Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	6,20	9,50	0,65	C
<b>Emisiones Tot. (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	<b>57,70</b>	<b>73,10</b>	<b>0,79</b>	<b>C</b>

Tabla 5.3. Indicadores energéticos con 0,5 MW fotovoltaicos.

Con la opción de 1 MW se introdujo 1.460 MWh/año y se tubo:

<b>Indicador energético</b>	<b>Edif. Objeto</b>	<b>Edif. Referencia</b>	<b>Índice</b>	<b>Calificación</b>
Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	40,30	36,60	1,10	D
Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	48,40	49,30	0,98	C
Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	44,50	17,90	2,48	G
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,90	45,70	0,09	A
Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	5,70	9,50	0,60	B
<b>Emisiones Tot. (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	<b>54,10</b>	<b>73,10</b>	<b>0,68</b>	<b>C</b>

Tabla 5.4. Indicadores energéticos con 1 MW fotovoltaicos.

Y por último, para 1,19 MW, el valor de la energía fue 1.743,672 MWh/año:

<b>Indicador energético</b>	<b>Edif. Objeto</b>	<b>Edif. Referencia</b>	<b>Índice</b>	<b>Calificación</b>
Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	40,30	36,60	1,10	D
Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	48,40	49,30	0,98	C
Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	40,80	17,90	2,28	G
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,90	45,70	0,09	A
Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	5,20	9,50	0,55	B
<b>Emisiones Tot. (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	<b>49,90</b>	<b>73,10</b>	<b>0,68</b>	<b>C</b>

Tabla 5.5. Indicadores energéticos con 1,19 MW fotovoltaicos.

Para ayudar a la interpretación de los resultados se muestra el siguiente gráfico, donde se reflejan los coeficientes obtenidos para las diferentes posibilidades planteadas.

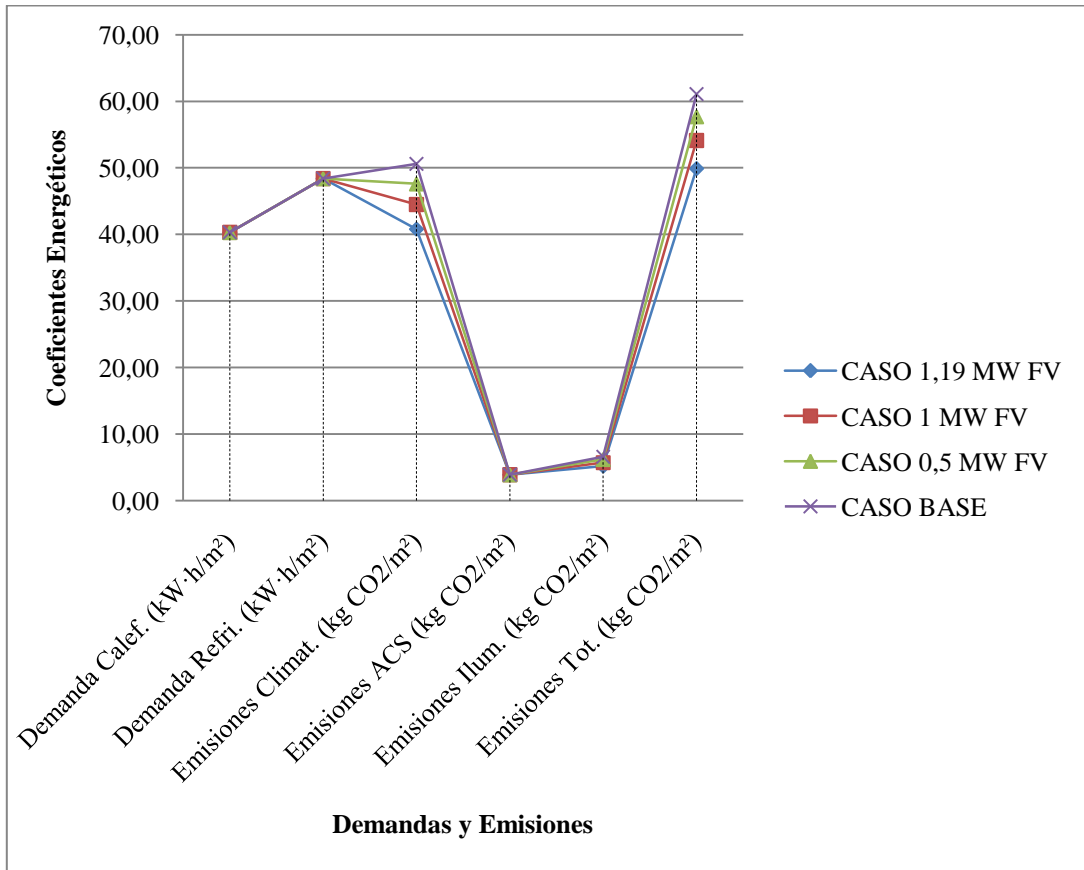


Figura 5.1. Gráfico comparación de Coeficientes energéticos.

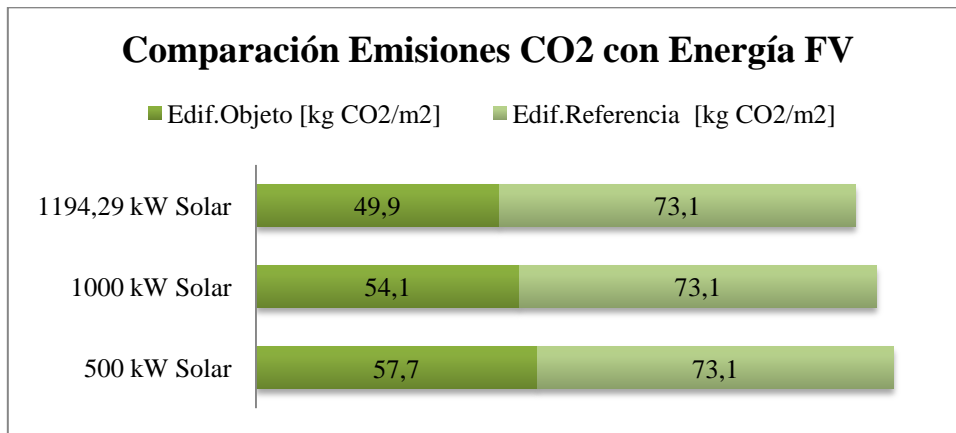


Figura 5.2. Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> para los diferentes tipos de edificio y potencia fotovoltaica.

Podemos observar cómo se ven reducidas las emisiones provenientes de la climatización e iluminación. En menor cantidad las procedentes de la iluminación ya que el consumo

energético demandado por ésta es también considerablemente más reducido. Los equipos de climatización son, en comparación con el resto de instalaciones del edificio, los que más energía demandan. Si proporcionamos una parte de esta demanda mediante el uso de energía renovable, como es el caso, conseguimos evitar consecuentemente emisiones de CO<sub>2</sub> que vendrían dadas de la generación eléctrica convencional.

### Comparación Índices de Calificación con Energía FV

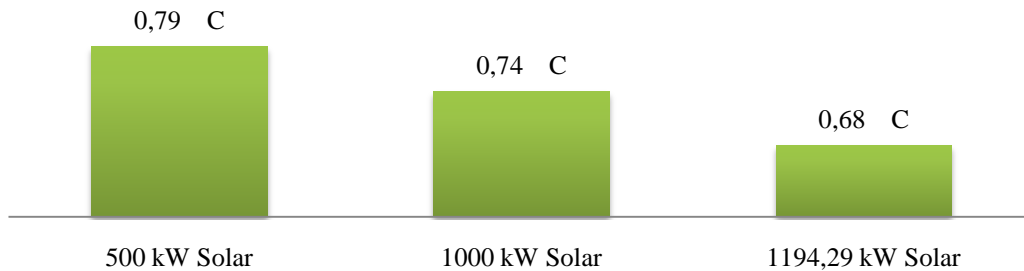


Figura 5.3. Comparación de calificaciones globales.

#### ❖ Instalación de iluminación.

Para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera mediante un ahorro de potencia podemos lograrlo mejorando la eficiencia de las luminarias implicadas en la instalación de iluminación. Ya que mejorando este aspecto conseguimos aportar la misma iluminancia pero utilizando menos potencia.

Inicialmente se ha identificado el nivel de iluminancia media que aportan las luminarias que inicialmente se introdujeron en CALENER GT, de la expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

Obtenemos el valor de  $E_m$ , que sirve de guía para poder elegir luminarias que proporcionen en nuestro estudio valores similares.

En un principio los valores introducidos en CALENER GT fueron:

$$VEEI = 7$$

$$\frac{P}{S} = 1,4$$

Llegando al valor de  $E_m = 500 \text{ lux}$ .

Con la ayuda de la aplicación Dialux, software dedicados a los estudios de iluminación, se han calculado diferentes escenarios con configuraciones de luminarias de potencia y tecnología distintas. Para evaluar posteriormente en CALENER GT como influye la configuración de iluminación en los índices de calificación energética y además conocer cuánto se puede llegar a reducirse la potencia instalada manteniendo el nivel de iluminancia media.

Características de las luminarias elegidas:

### CONFIGURACIÓN 1

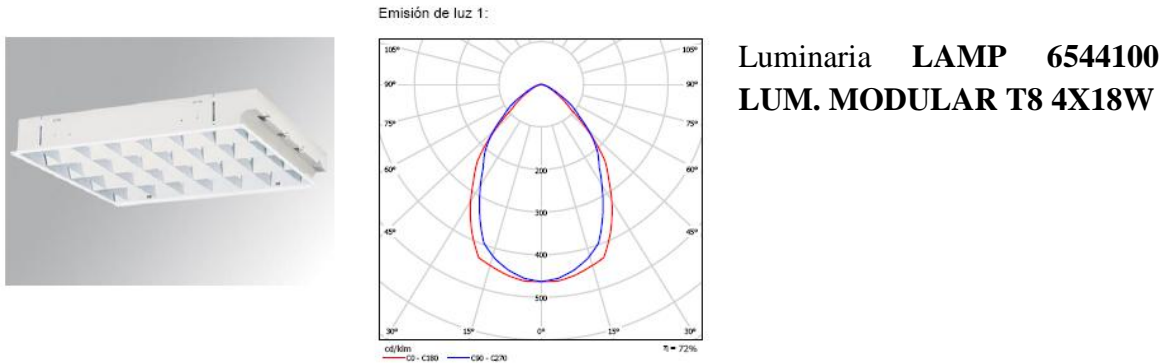


Figura 5.4. Luminaria configuración 1.

### CONFIGURACIÓN 2

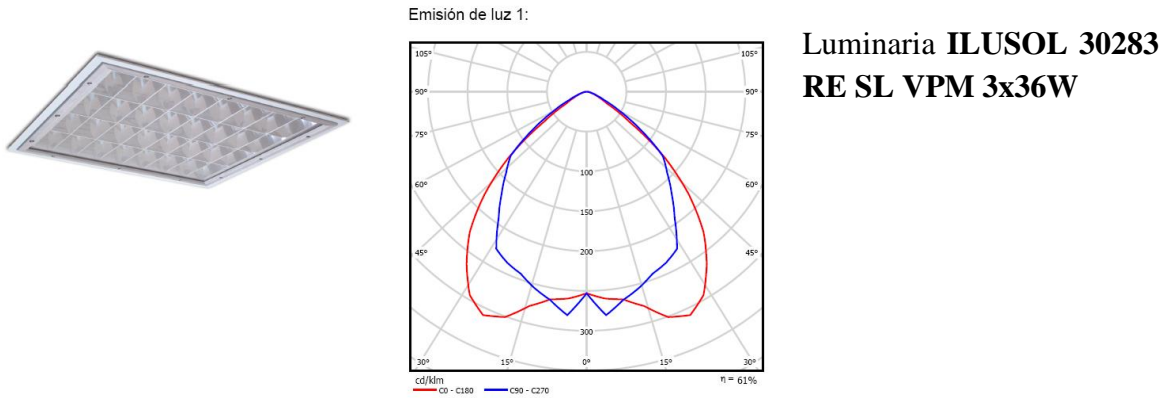


Figura 5.5. Luminaria configuración 2.

## CONFIGURACIÓN 3

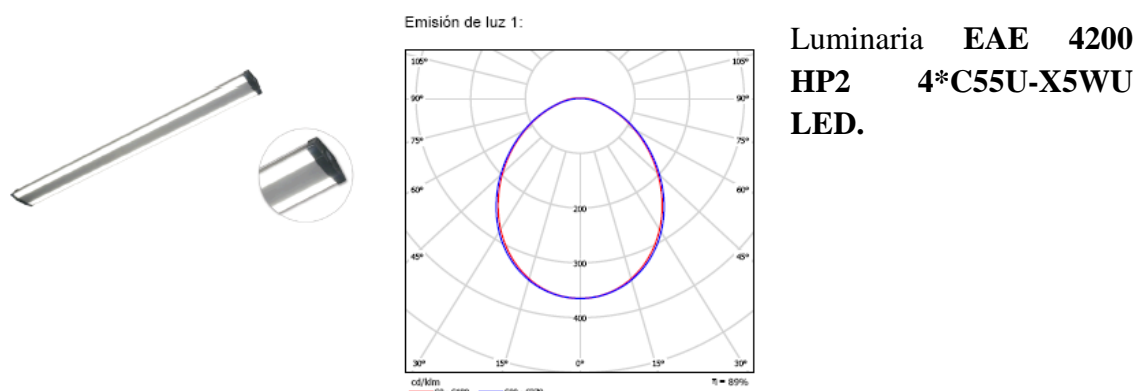


Figura 5.6. Luminaria configuración 3.

En el procedimiento para hallar los valores del VEEI y de la potencia por unidad de área, necesarios para el cálculo de los coeficientes energéticos evaluados por CALENER GT, se ha tratado de simplificar los espacios, así como las áreas que conforman el edificio para obtener un resultado aproximado al real. Por ello, se ha clasificado los espacios agrupándolos en función de su área y a su vez ha asignado un área media a cada uno de ellos. Además se ha considerado la tipología de los espacios como cuadrilátera.

El área de cada espacio se ha obtenido de los datos constructivos del edificio que pueden ser consultados en el propio CALENER GT. La asignación de cada grupo es la siguiente:

	Area media asignada [m2]	Numero de espacios
GRUPO 1	457,88	18,00
GRUPO 2	801,55	25,00
GRUPO 3	1.135,74	15,00
GRUPO 4	3.425,08	1,00
GRUPO 5	8.810,42	5,00

Tabla 5.6. Asignación de grupos de espacios.

Una vez hecha esta clasificación se ha estimado a través del programa Dialux, configurando los diferentes escenarios con cada tipo de luminaria los valores del **VEEI** y de la iluminancia media **Em**.



Teniéndose:

Configuración 1			
	W/m <sup>2</sup>	VEEI	Em
GRUPO 1	14,03	2,46	570,00
GRUPO 2	13,23	2,40	550,00
GRUPO 3	12,87	2,38	541,00
GRUPO 4	12,38	2,32	533,00
GRUPO 5	12,47	2,29	544,00

Configuración 2			
	W/m <sup>2</sup>	VEEI	Em
GRUPO 1	13,21	2,42	546,00
GRUPO 2	13,34	2,36	566,00
GRUPO 3	12,55	2,33	539,00
GRUPO 4	12,58	2,27	554,00
GRUPO 5	12,16	2,24	543,00

Configuración 3			
	W/m <sup>2</sup>	VEEI	Em
GRUPO 1	13,79	2,55	541,00
GRUPO 2	13,48	2,48	544,00
GRUPO 3	13,37	2,44	549,00
GRUPO 4	12,64	2,35	539,00
GRUPO 5	12,26	2,31	530,00

Tabla 5.7. Valores relativos a las diferentes configuraciones

Para continuar con la simplificación se ha realizado la media de los valores de Potencia por unidad de área y del VEEI. Se han introducido entonces:

	W/m <sup>2</sup>	VEEI
CASO BASE	1,40	7,00
CONF 1	12,98	2,37
CONF 2	12,76	2,32
CONF 3	13,10	2,42

Tabla 5.8. Valores medios de Potencia/área y VEEI.

Con estos resultados podemos obtener a partir de CALENER GT los diferentes calificadores energéticos, además de conocer la potencia a instalar para cada configuración.

Los resultados obtenidos son:

	Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Tot. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Calificación Energética	Potencia en Iluminación [kW]
CONF 1	1,76	0,45	2,73	0,09	0,24	0,50	B	1.191,49
CONF 2	1,77	0,44	2,70	0,09	0,23	0,50	B	1.168,78
CONF 3	1,75	0,45	2,73	0,09	0,24	0,51	B	1.210,44
CASO BASE	1,08	1,03	2,67	0,09	0,70	0,84	C	3.280,62

Tabla 5.9. Valores obtenidos en las calificaciones energéticas.

De forma gráfica podemos observar:

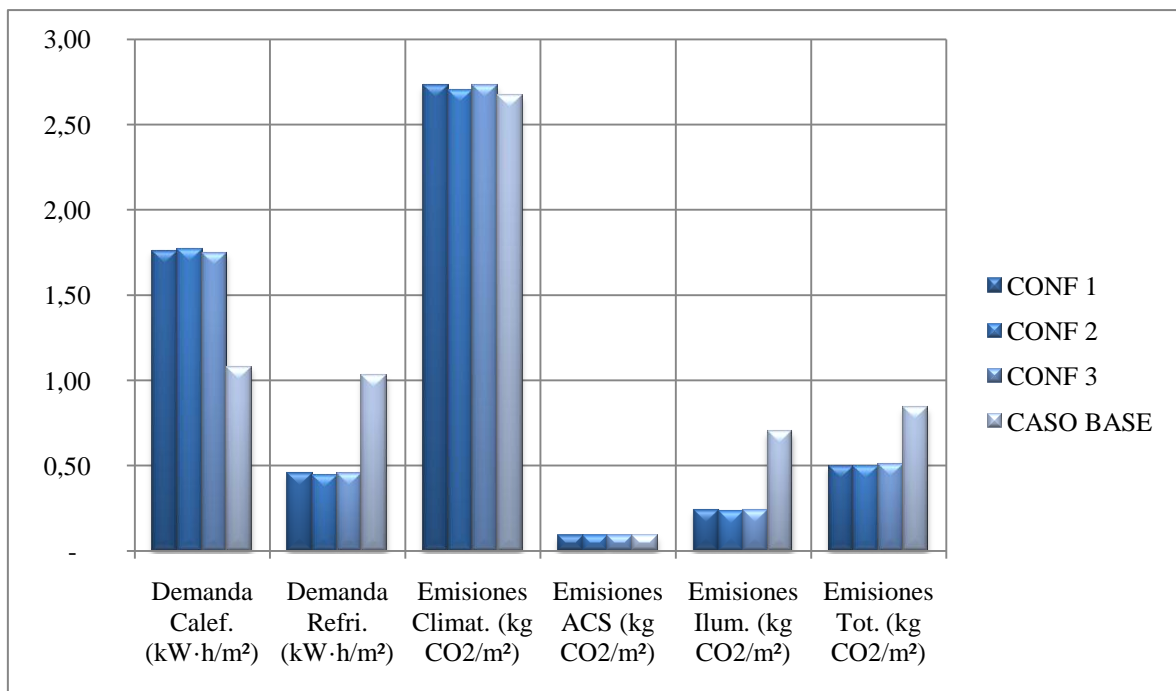


Figura 5.7. Comparación de calificaciones.

De cara a los datos obtenidos, puede asegurarse que las instalaciones que son más eficientes son las correspondientes a las configuraciones 1 y 2. El índice que presentan este caso es el más reducido de todos, 0,5. Aunque la Configuración 3 sólo se diferencia en una décima. Todas aproximadamente representan un 40% de mejora en cuanto a eficiencia se refiere. Ésta situación tiene consecuencias directas en las emisiones de CO<sub>2</sub>, reduciéndose las producidas por la iluminación e influyendo directamente de forma significativa en las emisiones totales, que también se ven reducidas. Por tanto, para discernir cuales de las configuraciones es la más recomendable, habrá que esperar a la posterior valoración económica de cada tipo de instalación.

Otro indicador que podemos evaluar, ya que se ve afectado, es la potencia instalada en iluminación. Mejorar la eficiencia de las luminarias conlleva utilizar equipos que aportan la iluminancia deseada consumiendo menos energía. Puede comprobarse en el siguiente gráfico dicha disminución de potencia en referencia al caso inicial.

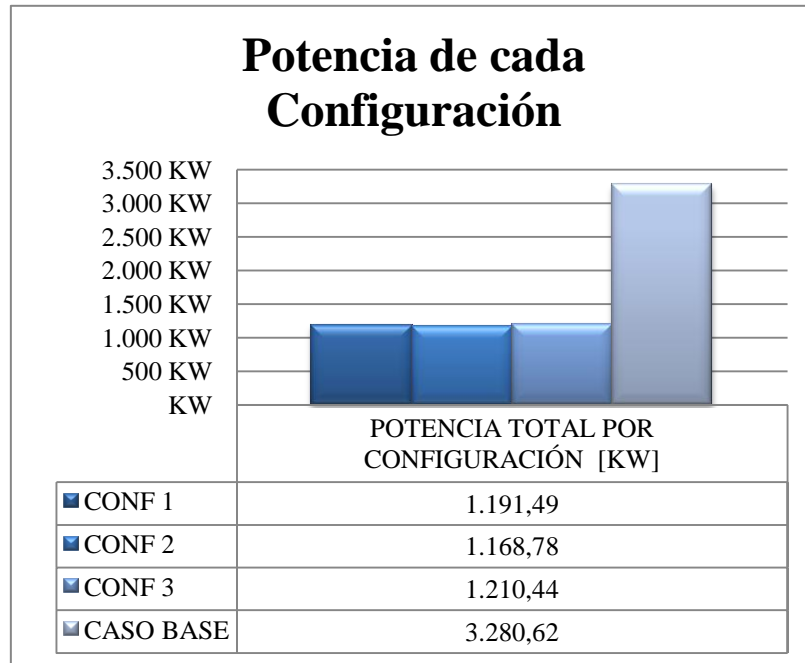


Figura 5.8. Distribución de potencia en función de las luminarias.

Puede observarse que la Configuración 2 es la que mayor disminución de potencia aporta con respecto a la potencia inicial, aproximadamente un 65%. Por lo que puede considerarse como principal candidata para ser la configuración idónea. Una vez más deberá tenerse en cuenta el aspecto económico para tomar dicha decisión.

#### ❖ **Combinación de instalación Solar Fotovoltaica e iluminación.**

Sustituyendo el sistema de iluminación por uno más eficiente o implantando una instalación eléctrica solar fotovoltaica, vemos como mejoran los coeficientes de eficiencia energética. El último planteamiento objeto de estudio será la opción combinar ambas propuestas.

Cabe pensar que si las anteriores opciones por separado redujeron las emisiones de CO<sub>2</sub>, aplicándolas conjuntamente se tendrá mayor efecto sobre éstas. Para cuantificar esta idea se ha valorado, utilizando de nuevo CALENER, las potencias fotovoltaicas de 0,5 MW, 1 MW y 1,19 MW; junto con la Configuración 1, 2 y 3 de luminarias.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

### CONFIGURACIÓN 1

POTENCIA FV [MW]	Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Tot. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
SIN FV	1,76	0,45	2,73	0,09	0,24	0,50
0,50	1,76	0,45	2,58	0,09	0,22	0,48
1,00	1,76	0,45	2,44	0,09	0,21	0,45
1,19	1,76	0,45	2,39	0,09	0,20	0,44

Tabla 5.10. Coeficientes energéticos para Configuración 1 y diferentes Potencias.

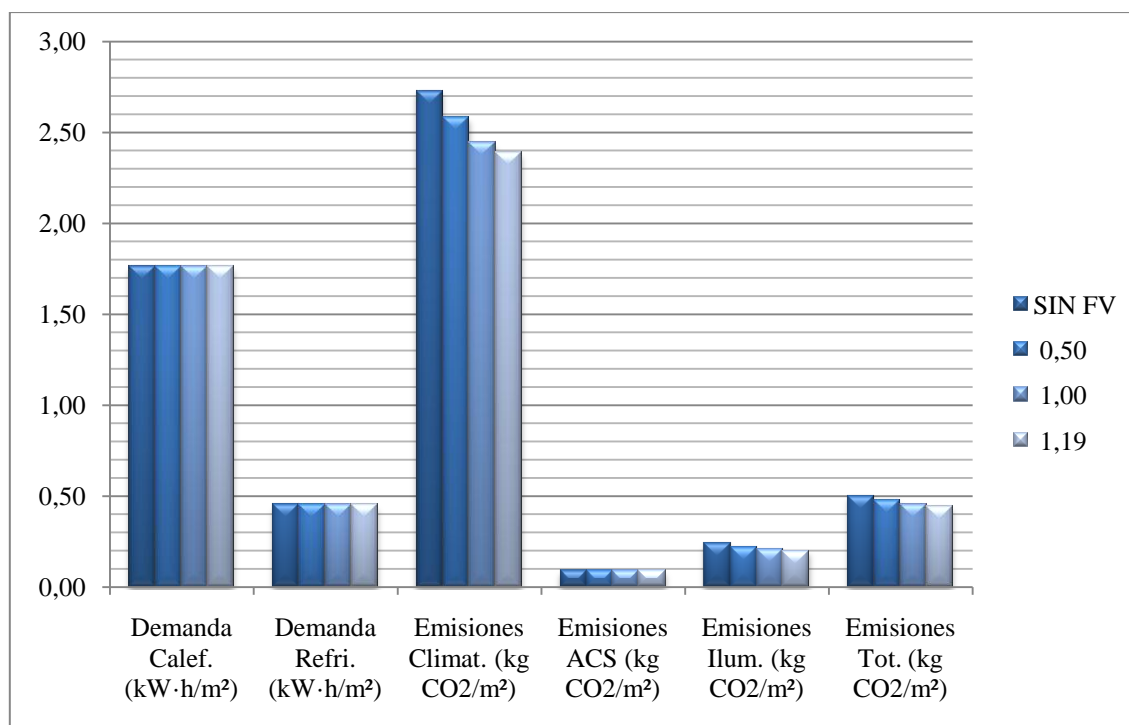


Figura 5.9. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 1 y las diferentes potencias.

## CONFIGURACIÓN 2

POTENCIA FV [MW]	Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Tot. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
SIN FV	1,77	0,44	2,70	0,09	0,23	0,50
0,50	1,77	0,44	2,56	0,09	0,22	0,47
1,00	1,77	0,44	2,42	0,09	0,21	0,45
1,19	1,77	0,44	2,37	0,09	0,20	0,44

Tabla 5.11. Coeficientes energéticos para Configuración 2 y diferentes Potencias.

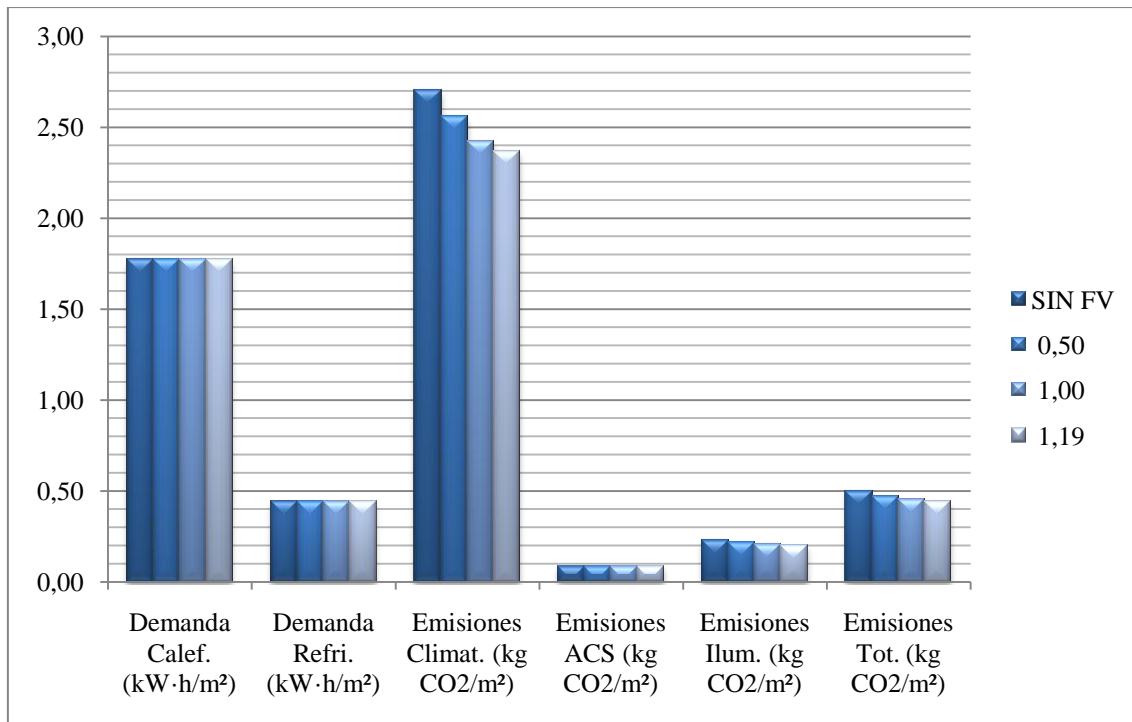


Figura 5.10. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 2 y las diferentes potencias.

## CONFIGURACIÓN 3

POTENCIA FV [MW]	Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones Tot. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
SIN FV	1,75	0,45	2,73	0,09	0,24	0,51
0,50	1,75	0,45	2,59	0,09	0,23	0,48
1,00	1,75	0,45	2,45	0,09	0,21	0,46
1,19	1,75	0,45	2,40	0,09	0,21	0,45

Tabla 5.12. Coeficientes energéticos para Configuración 3 y diferentes Potencias.

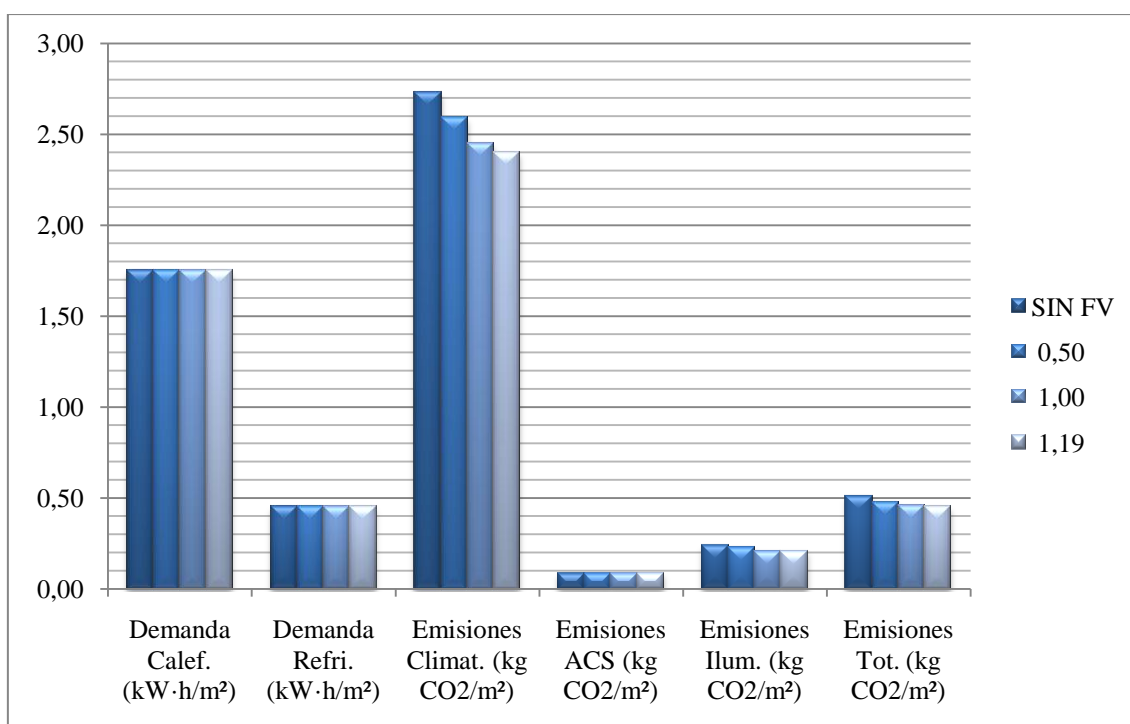


Figura 5.11. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 3 y las diferentes potencias.

Podemos observar que en todos los casos, se consigue reducir los coeficientes de emisiones de CO<sub>2</sub> totales hasta 6 décimas.

Si buscamos reducir al máximo los coeficientes relacionados con las emisiones, mediante las vías de iluminación y energía renovable, éste resultado podría tenerse en cuenta, ya que implica una mejora. Pero cuando se hace la comparación de la reducción del coeficiente energético, tomando únicamente la iluminación o la fotovoltaica, con el caso base y la comparación del mix iluminación-fotovoltaica con el caso base. Vemos que no hay una

diferencia considerable, es decir, para la primera sugerencia se pasa de un coeficiente 0,84 a un como mínimo 0,5, en el mejor de los casos. Y en la segunda sugerencia, se puede llegar de un 0,84 a un 0,44. Por tanto, la opción de aportar al edificio el mix iluminación-fotovoltaica probablemente será descartada al verse implicados los factores económicos en la valoración de posibilidades.

#### ❖ Estudio económico.

Hemos comprobado que técnicamente, es posible mejorar la eficiencia de El Corte Inglés de Salamanca, modificando la instalación de iluminación, implantando un generador eléctrico fotovoltaico o conjugando ambas acciones. Falta evaluar que supone en términos económicos realizar dichas mejoras.

Continuando con el orden llevado, empezaremos por cuantificar económicamente las diferentes propuestas de instalaciones fotovoltaicas.

Por un lado debemos conocer el coste del total de la instalación en función de las potencias propuestas. Y a continuación valorar según se reduce el consumo energético el efecto que supondría en la facturación eléctrica.

Para valorar el coste de la instalación fotovoltaica se considerará únicamente los equipos y estructuras necesarios para su implantación. Podemos resumir el conjunto de componentes que forman la instalación en:

- Módulos fotovoltaicos.
- Cajas de Nivel 1 y 2.
- Inversores.
- Cableado.
- Estructura de soporte.

Evidentemente es considerablemente mayor el número conceptos que se ven involucrados en la lista de componentes o partidas de una instalación fotovoltaica. Pero como no es objeto de éste proyecto el diseño de una instalación de este tipo, se intentará llegar a un coste aproximado. En concreto se ha estimado, a través de las consultas pertinentes, que el coste aproximado de una instalación fotovoltaica conectada a red es de 5 €/Wp. Por tanto tendremos:

POTENCIA GENERADOR [Kw]	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
500,00	5,00 €	2.500.000,00 €
1000,00	5,00 €	5.000.000,00 €
1190,00	5,00 €	5.950.000,00 €

Tabla 5.13. Coste de instalaciones fotovoltaicas.

Por otro lado, tenemos que evaluar el aporte energético que supondría cada instalación, con el precio al que paga ECI Salamanca la energía y cuanto nos abona la compañía eléctrica distribuidora por aportar dicha energía a la red. Se ha considerado una utilización de 1460 horas anuales.

POTENCIA GENERADOR [KW]	ENERGÍA GENERADA ANUAL [kWh/año]	COSTE UNITARIO COMPRA ENERGÍA € KWh/año	COSTE UNITARIO VENTA ENERGÍA € KWh/año	COSTE ENERGÍA DEMANDADA	INGRESOS POR ENERGÍA GENERADA
500,00	730.000,00	2,19	3,212	1.598.700,00 €	2.344.760,00 €
1000,00	1.460.000,00	2,19	3,212	3.197.400,00 €	4.689.520,00 €
1190,00	1.737.400,00	2,19	3,212	3.804.906,00 €	5.580.528,80 €

Tabla 5.14. Costes de demanda y generación eléctrica.

Teniendo en cuenta que las instalaciones fotovoltaicas tienen una vida media de aproximadamente 20 años. Los posibles ingresos, sin aplicar tasas de actualización serían:

POTENCIA GENERADOR [KW]	AMORTIZACIÓN [años]	INGRESOS ANUALES DESPUÉS DE AMORTIZACIÓN	INGRESOS RESTO DE VIDA UTIL (20 años)
500,00	1,17	746.060,00 €	14.046.200,00 €
1.000,00	1,07	1.492.120,00 €	28.251.490,91 €
1.190,00	1,04	1.775.622,80 €	33.657.137,82 €

Tabla 5.15. Beneficios posteriores a la amortización de la instalación fotovoltaica.

Como conclusión podemos extraer que, económicamente pese a ser la inversión más fuerte, la opción de instalación de 1,19 MW es la que menos tiempo tarda en amortizarse, y la que más beneficios genera. Y técnicamente, también es la que consigue reducir en mayor medida las emisiones de CO<sub>2</sub>. En contrapartida, la instalación de 0,5 MW es la que menos reduce las emisiones y la que más tiempo tarda en amortizarse.

A continuación pasamos a valorar económicamente las diferentes configuraciones de luminarias. Se ha calculado el coste aproximado de la sustitución de los equipos, sin contar con la mano de obra para la instalación.

CONFIGURACIÓN	POTENCIA LUMINARIAS [W]	POTENCIA INSTALADA [KW]	Nº LUMINARIAS	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
1	72,00	1191,49	16548,47	90,00 €	1.489.362,50 €
2	108,00	1168,78	10822,00	140,00 €	1.515.080,00 €
3	30,00	1210,44	40348,00	200,00 €	8.069.600,00 €

Tabla 5.16. Coste de instalación según el tipo de luminaria.



La reducción de potencia instalada mediante luminarias más eficientes conlleva realizar un considerable desembolso. Llama la atención el coste de instalación de la Configuración 3, formada por luminarias de tecnología Led, que es aproximadamente 5 veces mayor. Al tratarse de equipos de relativa novedad, presentan costes unitarios elevados en comparación a las otras opciones, más convencionales. Una de las ventajas que presta la tecnología Led es su larga durabilidad y su bajo mantenimiento. Aspecto importante que implica renovación de equipos en periodos de tiempo más prolongados.

Según la Norma UNE-EN 15193, las horas de utilización anuales para edificios de característica semejantes al ECI Salamanca son 2500 horas. En base a esta normativa se ha estimado el coste anual de la energía necesaria para alimentar los sistemas de iluminación.

CONFIGURACIÓN	POTENCIA INSTALADA [KW]	ENERGÍA DEMANDADA ANUAL	COSTE UNITARIO COMPRA ENERGÍA € KWh/año	COSTE DE ENERGÍA DEMANDADA
1	1.191,49	2.978.725,00	3,75	11.170.218,75 €
2	1.168,78	2.921.940,00	3,75	10.957.275,00 €
3	1.210,44	3.026.100,00	3,75	11.347.875,00 €
BASE	3.280,62	8.201.555,25	3,75	30.755.832,19 €

Tabla 5.17. Coste relativo a la compra de energía para iluminación.

En la tabla 5.16 refleja que la configuración más económica es la número uno, por una diferencia mínima con la dos. Pero a la hora del coste en energía para sendas configuraciones, la número dos es la más económica.

Entonces, si por ejemplo, decidiésemos cambiar la instalación de iluminación en el nuevo año contable, por una de las tres configuraciones propuestas. Contando con el presupuesto de la energía demandada para el caso base, unos 31 millones de euros, podría sustituirse dicha instalación y hacerse el pago correspondiente a la energía demandada para ese año, suponiendo entre unos 13 y 19 millones de euros. Un aspecto económico a tener en cuenta en estos momentos en los que el ahorro es crucial para la supervivencia de las empresas.

Por tanto, como conclusión podemos decir que la Configuración 2 es la más recomendable, por tener un coste de instalación reducido en comparación al Led, presentar el coste de energía demandada anualmente más bajo y además ser la configuración que mejor Coeficiente energético aporta, 0,5.

#### ❖ Conclusión.

A la vista de los resultados obtenidos, técnica y económicamente, es completamente factible apostar por la eficiencia energética. Podemos abordar esta afirmación desde varios flancos.

En el aspecto técnico, hemos visto que es posible reducir la potencia ofreciendo las mismas prestaciones que muestran los equipos actualmente instalados. También hemos comprobado que es viable la instalación de un generador solar fotovoltaico, capaz de aportar una significativa cantidad de energía gracias al espacio disponible. Y además no existe ningún impedimento para la combinación de ambas propuestas.

En el apartado económico, resulta interesante la posibilidad de tener un aporte económico procedente de la venta de energía. Pudiendo utilizarse dichos ingresos para la “financiación energética”, es decir, amortizar la inversión de esta instalación y posteriormente destinarla a futuras mejoras de eficiencia energética. Además habría que sumar el considerable ahorro de energía que conseguimos instalando luminarias eficientes y en consecuencia reducir el presupuesto dedicado a este concepto.

Y por último, el punto de vista social. Al aplicar las mejoras para eficiencia energética, reducimos las emisiones anuales de CO<sub>2</sub>, necesarias para la obtención de la energía demandada. La percepción que puede ser ofrecida de cara al público, es la de una empresa comprometida con el medio ambiente y que apuesta por las energías renovables y la búsqueda de la eficiencia en todos sus aspectos.

La recomendación personal, si se propusiera aplicar una mejora de la eficiencia energética sería: sustituir los equipos de iluminación por la Configuración número 2 y la instalación de la potencia máxima posible, de 1,19 MW, de un generador fotovoltaico.

## CONCLUSIONES

### 1. Conclusiones Limitación de la demanda.

El informe obtenido a través de la herramienta LIDER concluye que el centro comercial El Corte Inglés de Salamanca, cumple con la normativa de verificación de la sección HE-1 del código técnico de la edificación establecida tanto en calefacción como en refrigeración.

A continuación se presentan los resultados del proyecto ECI Salamanca:

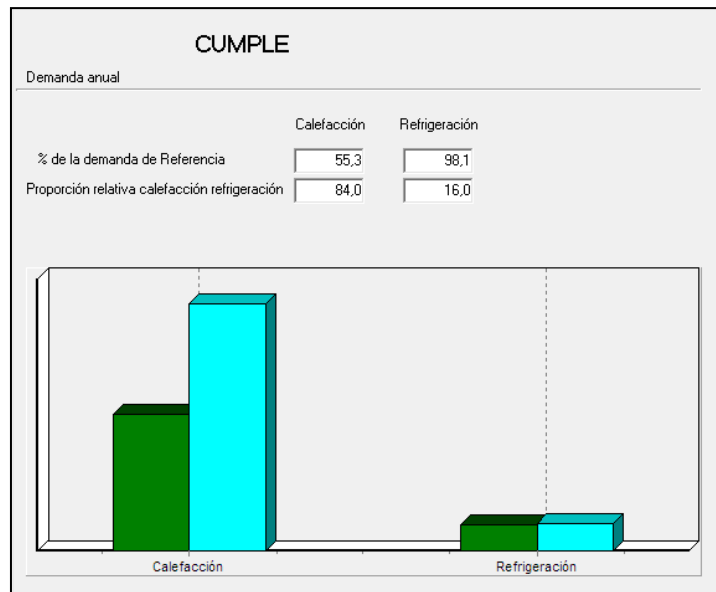


Figura 6.1. Resultados del cálculo.

Como se aprecia en el resultado, el edificio demanda prácticamente 3 veces más energía en calefacción que en refrigeración. La demanda de calefacción del edificio es un 55,3% de lo que demanda el edificio de referencia.

En refrigeración el resultado es mucho más ajustado, pues el edificio demanda un 98,1% respecto a la del edificio de referencia.

No es necesario aplicar medidas de mejora sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias máximas, transmitancias límite y condensaciones marcadas en el Código Técnico de la Edificación. Nótese que este resultado evalúa exclusivamente la envuelta térmica del edificio y no tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas del edificio.

Existen ciertos aspectos que se podrían mejorar para lograr un resultado más favorable:

- Las transmitancia de la cubierta es de  $0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valor próximo al límite marcado por la normativa de  $0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Se podría mejorar este valor aumentando el espesor de la capa de EPS (poliestireno expandido) hasta alcanzar los 5 ó 6 cm.
- Los huecos (marcos + vidrios) propuestos para el centro requieren sistemas de apoyo como atenuadores interiores (persianas, estores, etc.) o externos (voladizos, dispositivos de lamas, etc.) para adecuarse a los límites de factor solar impuestos por la normativa.

## 2. Conclusiones de la calificación energética.

Una vez realizada la calificación energética, la etiqueta adjudicada al centro comercial de El Corte Inglés de Salamanca es la C, con un índice global de emisiones de  $\text{CO}_2$  de 0,84. Las emisiones de  $\text{CO}_2$  del centro se sitúan un 16% por debajo de las recomendadas por la normativa. Por lo que se puede decir que esta muy próximo al límite.

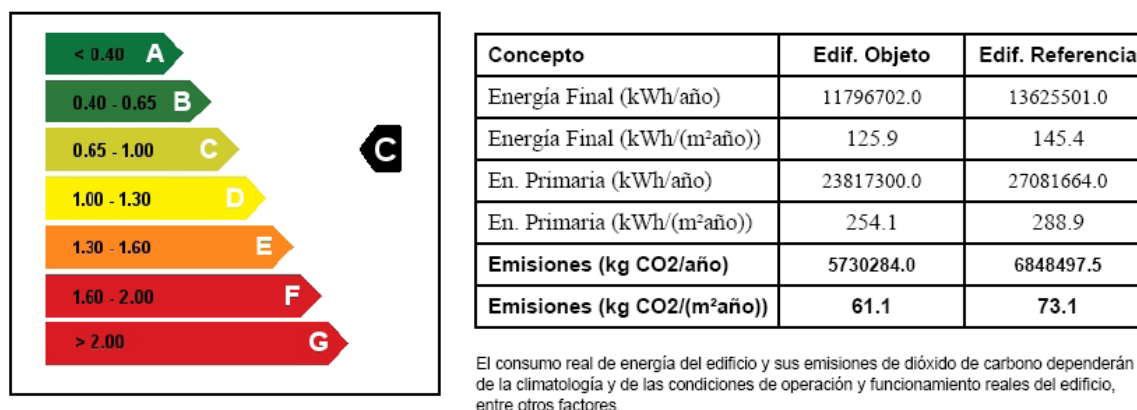


Figura 6.2. Índice obtenido en la calificación energética.

La energía primaria total que requiere el edificio es de 23.817,3 MWh por año. Más de la mitad de la energía que consume el centro se debe a los equipos de Ventilación, lo que refleja la importancia de estos sistemas en este tipo de inmuebles, en los que por distintos motivos, uno ellos el comercial, debe existir en cada puerta de acceso al centro una cortina de aire caliente o frío que haga de barrera para el intercambio de calor entre el exterior y el interior. La idea pretende dar la sensación de cara al público de que las puertas siempre están abiertas y por otro lado permite tener controlada la temperatura en el interior del centro.

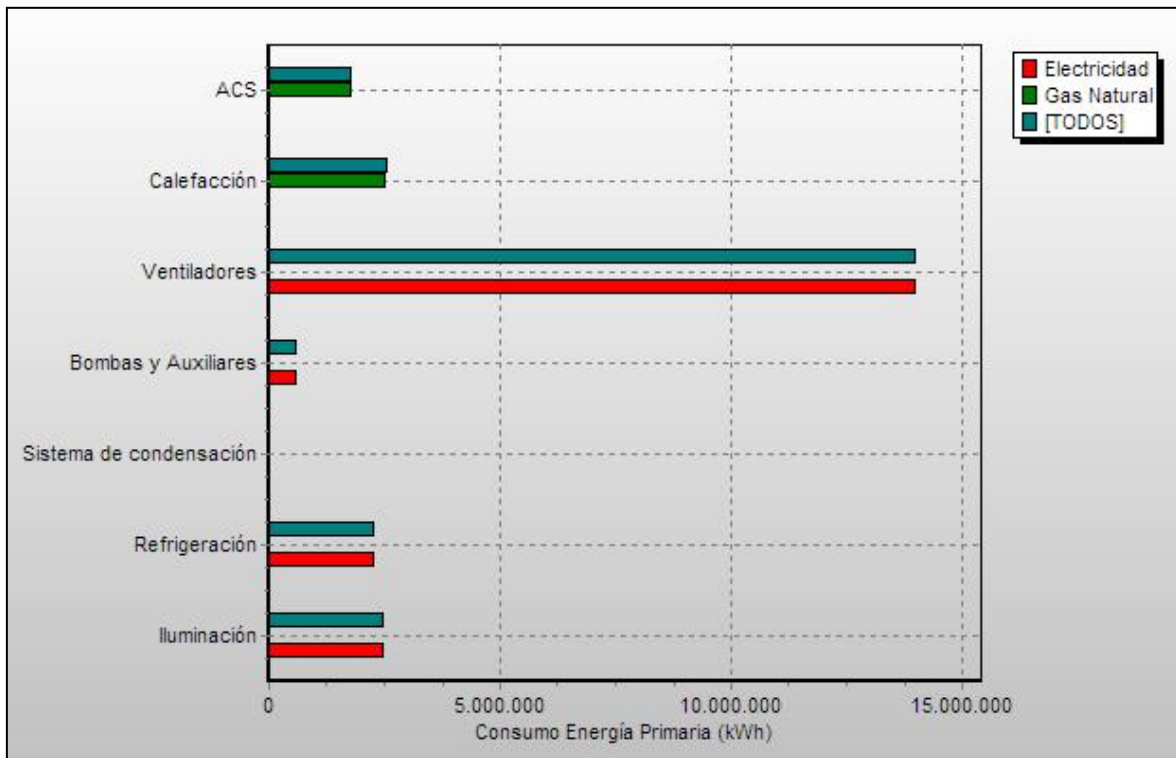


Figura 6.3. Energía Primaria consumida por el edificio anualmente.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> totales del edificio son 5.730,38 Tn al año.

Un aspecto importante a destacar es que la mejora del valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación VEEI, tiene un efecto sobre el índice de emisiones de climatización además de afectar al índice de emisiones de iluminación.

Con la mejora impuesta sobre el valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación VEEI, consistente en una reducción progresiva del mismo, se ha logrado un 40% de disminución de las emisiones respecto al caso inicial en el que el índice obtenido pasa de un 0,83 a 0,5. Consiguiendo así mejorar en la calificación energética donde se obtiene la etiqueta B.

En necesario resaltar que, como se vio en el capítulo anterior, este resultado se alcanza para un valor de VEEI = 2,33, lo que supone la instalación de tan sólo 13W/m<sup>2</sup> de potencia de iluminación si se quiere mantener la iluminancia media en 500lux. Obviamente esta potencia resulta demasiado baja para determinadas zonas como aquellas que requieren iluminación de acento. Por otro lado, alcanzar la iluminancia deseada con una potencia tan baja supone un gran aumento del coste de las luminarias puesto que se requeriría luminarias muy eficientes.

También es posible la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizando una instalación solar fotovoltaica. Con la instalación de un contador inteligente, sería posible verter la energía generada por los paneles al consumo del edificio en la medida necesitada. Siendo de esta manera como se lograría influir directamente en las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio. La opción que se ha planteado para el estudio de la incidencia de esta tecnología, es similar al objetivo, que es reducir las emisiones. Sólo que de una manera indirecta y más lucrativa. Vertiendo toda la energía generada a la red y obteniendo una prima por su venta.

Los valores obtenidos reflejan una reducción del 20% en el índice de emisiones de CO<sub>2</sub> totales al año respecto al caso inicial, que como se mencionó anteriormente, tiene un valor de 0,83 y se logra llegar al 0,68, en el mejor de los casos. La calificación se mantiene en la etiqueta C, aunque con un índice próximo a la B.

Se consigue menor reducción que con la utilización de una iluminación eficiente, pero como posible fuente de ingresos para la inversión en eficiencia energética es viable.

Por último se ha evaluado la combinación de ambas opciones, obteniéndose el índice más reducido de todas las posibilidades, 0,44. Que supone una reducción del índice de emisiones totales de CO<sub>2</sub> del 53%, es decir, más de la mitad. Tanto por la parte económica como por la técnica, es la opción de las estudiadas que más se aproxima al objetivo de reducir al máximo el índice de emisiones anuales del edificio.

Para continuar con esta política sería también recomendable apostar por mejorar la eficiencia de los equipos de climatización, que son el principal foco de demanda energética.

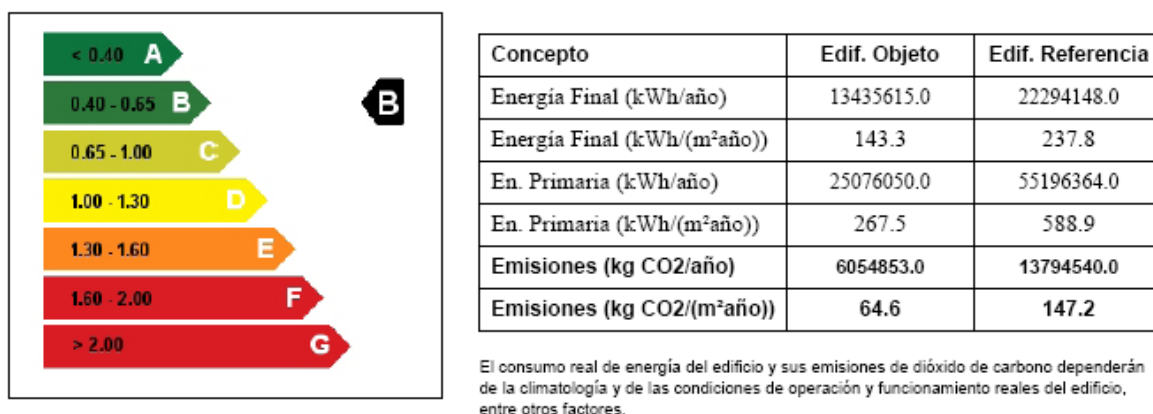


Figura 6.4. Calificación energética obtenida de la combinación de Iluminación eficiente y Generador fotovoltaico.

## ÍNDICE FIGURAS.

Figura 1.1. Estructura de la producción energética de España año 2009. Fuentes: CORES, Enagas, REE, CNE e IDAE.	9
Figura 1.2. Etiqueta energética de edificios. Fuentes: REAL DECRETO 47/2007	22
Figura 2.1. Esquema de envolvente térmica de un edificio.	26
Figura 2.2. Orientación de las fachadas.	27
Figura 2.3. Esquema distribución de ángulos.	37
Figura 2.4. Esquema distribución de alturas.	37
Figura 2.5. Esquema de distribución patios.	38
Figura 2.6. Zonas climáticas en España.	42
Figura 2.7. Componentes de un sistema solar básico con intercambiador incorporado al acumulador.	45
Figura 2.9. Esquema instalación solar fotovoltaica conectada a red.	53
Figura 2.10. Curva característica I-V célula fotovoltaica. I-V:	53
Figura 2.11. Esquema de la aplicación informática CALENER GT.	56
Figura 3.1. Formulario Descripción.	59
Figura 3.2. Definición de materiales en la Base de datos.	61
Figura 3.3. Definición cerramientos en la Base de datos.	62
Figura 3.4. Definición de vidrio en la Base de datos.	63
Figura 3.5. Definición de marco en la Base de datos.	63
Figura 3.6. Opciones del Espacio de Trabajo.	64
Figura 3.7. Opciones Constructivas de los cerramientos.	65
Figura 3.8. Creación de Planta.	68
Figura 3.9. Definición de Iluminación.	70
Figura 3.10. Edición de protecciones de ventana	72
Figura 3.11. Definición de lamas para ventanas.	73
Figura 3.12. Evaluación del efto de las protecciones.	73
Figura 3.13. Definición de elementos singulares.	75
Figura 3.14. Resultados del cálculo.	76
Figura 4.1. Menú Árboles.	78
Figura 4.2. Visualización 3D de El Corte Inglés de Salamanca.	80
Figura 4.1 Definición de energía eléctrica generada.	81
Figura 4.2. Horario para aquellos sabados abierto hasta las 24 horas.	83
Figura 4.3. Horario semanal para días con horario extra.	83
Figura 4.5. Características de Calderas instaladas en ECI Salamanca.	85
Figura 4.6. Esquema de los circuitos de los que forman parte las calderas.	85
Figura 4.7. Parámetros de las enfriadoras del ECI Salamanca.	86
Figura 4.8. Configuración de las conexiones a circuitos.	86
Figura 4.9. Esquema de los circuitos de los que forman parte las enfriadoras.	86
Figura 4.10. Propiedades de las bombas.	87
Figura 4.11. Parámetros de Circuitos hidráulicos.	88
Figura 4.13. Parámetros de los ventiladores que utiliza la instalación.	90
Figura 4.14. Parámetros de las baterías de enfriamiento.	91
Figura 4.15. Configuración para enfriamiento gratuito.	91
Figura 4.16. Configuración sistemas de zona.	92
Figura 4.16. Parámetros de los caudales.	92
Figura 4.17. Formulario de descripción y geometría.	93
Figura 4.18. Formulario de Ocupación, equipos e infiltración.	94



Figura 4.19. Formulario de Iluminación artificial.	95
Figura 4.20. Calificación del edificio.	100
Figura 4.21. Indicadores de eficiencia energética de El Corte Inglés de Salamanca.	100
Figura 4.22. Histograma emisiones de CO <sub>2</sub> de ECI de Salamanca en kg CO <sub>2</sub> .	102
Figura 4.23. Energía primaria del edificio en kWh.	103
Figura 4.24. Electricidad consumida por los diferentes sistemas.	104
Figura 4.25. Emisiones anuales de CO <sub>2</sub> de ECI de Salamanca.	105
Figura 5.1. Gráfico comparación de Coeficientes energéticos.	109
Figura 5.2. Comparación de emisiones de CO <sub>2</sub> para los diferentes tipos de edificio y potencia fv.	109
Figura 5.4. Luminaria configuración 1.	111
Figura 5.5. Luminaria configuración 2.	111
Figura 5.6. Luminaria configuración 3.	112
Figura 5.7. Comparación de calificaciones.	114
Figura 5.8. Distribución de potencia en función de las luminarias.	115
Figura 5.9. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 1 y las diferentes potencias.	116
Figura 5.10. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 2 y las diferentes potencias.	117
Figura 5.11. Comparación de índices energéticos en función de la Configuración 3 y las diferentes potencias.	118
Figura 6.1. Resultados del cálculo.	123
Figura 6.2. Índice obtenido en la calificación energética.	124
Figura 6.3. Energía Primaria consumida por el edificio anualmente.	125
Figura 6.4. Calificación energética obtenida de la combinación de Iluminación eficiente y Generador fotovoltaico.	126

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1. Relación de calificación energética. Fuentes: REAL DECRETO 47/2007	22
Tabla 2.1. Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite.	29
Tabla 2.2. Valores límite de eficiencia energética de la instalación.	36
Tabla 2.3. Lámparas de descarga.	40
Tabla 2.4. Lámparas halógenas de baja tensión.	41
Tabla 2.5. Zonas climáticas según radiación solar global.	42
Tabla 2.11. Pérdidas límite.	48
Tabla 2.6. Ámbito de aplicación.	50
Tabla 2.7. Coeficientes de uso.	51
Tabla 2.8. Coeficiente climático.	51
Tabla 2.9. Pérdidas límite.	52
Tabla 4.1. Coeficientes de paso.	99
Tabla 4.2. Resultados Emisiones CO <sub>2</sub> .	102
Tabla 4.3. Resultados Energía primaria.	103
Tabla 4.3. Resultados emisiones de CO <sub>2</sub> anuales.	105
Tabla 5.1. Indicadores de eficiencia energética.	107
Tabla 5.2. Indicadores energéticos del caso inicial.	107





Tabla 5.3. Indicadores energéticos con 0,5 MW fotovoltaicos.	108
Tabla 5.4. Indicadores energéticos con 1 MW fotovoltaicos.	108
Tabla 5.5. Indicadores energéticos con 1,19 MW fotovoltaicos.	108
Tabla 5.6. Asignación de grupos de espacios.	112
Tabla 5.8. Valores medios de Potencia/área y VEEL.	113
Tabla 5.9. Valores obtenidos en las calificaciones energéticas.	114
Tabla 5.10. Coeficientes energéticos para Configuración 1 y diferentes Potencias.	116
Tabla 5.11. Coeficientes energéticos para Configuración 2 y diferentes Potencias.	117
Tabla 5.12. Coeficientes energéticos para Configuración 3 y diferentes Potencias.	118
Tabla 5.13. Coste de instalaciones fotovoltaicas.	119
Tabla 5.14. Costes de demanda y generación eléctrica.	120
Tabla 5.15. Beneficios posteriores a la amortización de la instalación fotovoltaica.	120
Tabla 5.16. Coste de instalación según el tipo de luminaria.	120
Tabla 5.17. Coste relativo a la compra de energía para iluminación.	121

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ❖ BOE. (2007). REAL DECRETO 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción: [http://www.boe.es/g/es/bases\\_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2007/02007](http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2007/02007)
- ❖ Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Plan de Acción 2008-2012. Editado el 17 Julio de 2007 por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España.
- ❖ Código Técnico de la Edificación. (2007). Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE. Recuperando: <http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>
- ❖ “Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2007” en el territorio español, realizado por la Unidad de Información Ambiental Estratégica, Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, encuadrada en la Secretaría de Estado de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- ❖ Guía Técnica del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2005). Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios: [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_13692\\_35a2ec27.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_13692_35a2ec27.pdf)
- ❖ Consideraciones sobre el ahorro y la eficiencia energética: Intensidad Energética y Gestión de la Demanda. Informe emitido por la Comisión nacional de la Energía.
- ❖ JAVIER GARCÍA FERNÁNDEZ: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores. Oriol Boix Aragonés. Recomendación bibliográfica de la asignatura Luminotecnia.
- ❖ Mario Ortega: “Energías Renovables. Thomson Paraninfo, 2002. Recomendado bibliográfica de la asignatura Nuevas Fuentes de Energía.



## ANEXOS

