

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS. APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Aida Redrado, Fernando López, Martín Cobos, Cosme Segador

Agencia Extremeña de la Energía

Antonio Ruiz, Francisco Cuadros

Universidad de Extremadura

Justo García

Servicio Extremeño de Salud

Abstract

Social development links to the exploitation of energy resources. As a consequence of this fact, buildings, both residential and services' sector play an outstanding roll on the energy consumption of our current society. Therefore, buildings have a very significant demand of heating, refrigeration system, lighting, ventilation, etc.

The strategies of energy efficiency are classified in passive and active; focus on the decrease of the energy demand and the renewable energy employment. The implementation of these measures through the simulation of a new building and analyzing the existing buildings will allow us important savings. These are the way to reach the zero energy consumption concept.

The combination of different bioclimatic strategies in existing buildings establishes the way to achieve the reduction of energy consumption and the decrease of its produced CO₂ emissions. In fact, we have worked on a five floor building in the center-west of Spain, where Central Service of SES (Mérida, Badajoz) is located. It checks the influence of lighting and ventilation systems in building energy demand.

This study drives on an optimum parameter combination that adjusts a correct running building, a good level of comfort, the decrease of energy use and the CO₂ emissions reduction.

Keywords: *energy; efficiency; strategies; consumption;*

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Resumen:

La evolución de nuestra sociedad está ligada al aprovechamiento de los recursos energéticos. En este sentido, los edificios residenciales y del sector servicios juegan un destacado papel. En ellos es de gran importancia la demanda de calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación, etc.

Las estrategias de eficiencia energética se enmarcan en pasivas y activas, en referencia al consumo de energía y encaminadas al empleo de energías alternativas. La implementación de estas medidas mediante la simulación de nuevos edificios y el análisis de edificios existentes, son la vía para lograr el cero gasto energético del edificio.

Conjugar diferentes estrategias bioclimáticas marca el camino para lograr la reducción del gasto energético y la disminución de emisiones de CO₂ en el sector edificación. En concreto se ha estudiado el edificio en cinco plantas destinado a los Servicios Centrales del S.E.S en la zona centro-oeste de España, en Mérida (Badajoz). En él se comprueba la influencia de los sistemas de iluminación y ventilación en la demanda del edificio.

Este estudio permite identificar las diferentes variables que condicionan la demanda de energía, y arrojan la conjunción de parámetros óptima que permite adaptar el buen funcionamiento del edificio, disminución del gasto energético y la reducción de emisiones.

Palabras clave: *energía; estrategias; eficiencia; consumo;*

1 Introducción

La evolución de nuestra sociedad está ligada al aprovechamiento de los recursos energéticos. El entorno urbano, en el que nos relacionamos, demanda gran cantidad de energía para adaptarse al amplio espectro de actividades humanas, que en él se desarrollan. En este sentido, los edificios, tanto residenciales como del sector servicios, juegan un destacado papel ya que es de gran importancia la demanda de calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente sanitaria, iluminación, ventilación, etc. (IDAE, 2010).

La promoción de edificios de nueva planta con alta eficiencia energética y la identificación de medidas de mejora de la eficiencia energética en edificios existentes dentro de un contexto de viabilidad técnica y económica tienen reflejo en las directivas europeas 93/76/CEE sobre reducción de emisiones de CO₂ y 2002/91/CEE sobre eficiencia energética. Éstas se trasponen a la normativa española Código Técnico de la Edificación CTE y en particular el Documento Básico de Ahorro de energía (DB-HE) (Real Decreto 314/2006), así como en el procedimiento sobre certificación energética de edificios nuevos (Real Decreto 47/2007) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) (Real Decreto 1027/2007).

La gestión eficiente del uso de la energía de un edificio permitirá ahorros importantes en el consumo y significativas mejoras en la adaptación a las condiciones de confort. Las estrategias tenidas en cuenta a la hora de mejorar la eficiencia en el funcionamiento de

los edificios van encaminadas a la disminución de las demandas y a la cobertura de la misma a través de energías alternativas (J. García, pendiente de publicación).

Las estrategias de eficiencia energética se enmarcan en dos vías, estrategias pasivas y estrategias activas, referentes al consumo de energía.

Las estrategias pasivas consisten en maximizar las ganancias de calor y minimizar las pérdidas de energía del edificio en invierno y minimizar las ganancias y maximizar las pérdidas del edificio en verano. La orientación del edificio, el diseño y distribución de los espacios, así como la selección de materiales y el empleo de protecciones solares serán la clave que marcará el nivel de consumo del edificio. El diseño bioclimático se basa en la conjunción de estos dos tipos de medidas junto con el empleo de energías alternativas.

Proyectos como PSE-ARFRISOL (AFRISOL, 2005), el edificio PETER (IDAE, 2008), el proyecto ECOCITIES (CENER, 2006) o el Pabellón de España para la Exposición Internacional Agua y desarrollo sostenible (2006 – 2008) (CENER, 2008) son pioneros en el desarrollo de edificios bioclimáticos. Algunos de estos proyectos se han desarrollado como edificios experimentales para evaluar el uso de fuentes de energía renovables y técnicas bioclimáticas, e incluso algunos no se han llegado a construir.

El presente estudio se desarrolla en el edificio destinado a Servicios Centrales del Servicio Extremeño de Salud (SES) (Junta de Extremadura, Servicio Extremeño de Salud) por ser el primer edificio público de tipo administrativo, no experimental, con calificación energética "A". Al estar operativo desde el año 2010 se pueden comparar resultados reales de explotación. Se pretende simular diversas técnicas paralelas al uso de energías renovables.

Estos sistemas energéticamente eficientes pondrán en evidencia la capacidad de reducir no sólo las emisiones del edificio sino también su gasto energético, con la combinación de combustibles renovables y no renovables, y sistemas de alta eficiencia. En él se comprobará la influencia de los sistemas de iluminación y climatización en la demanda del edificio. De esta forma se pretende mejorar la intensidad energética del mismo.

También se tratará de identificar las diferentes variables que condicionan la demanda de energía, al mismo tiempo que mostrar las diversas combinaciones con las que se conseguirá el buen funcionamiento del edificio, la disminución del gasto energético y la reducción de emisiones.

Por ello se llevará a cabo la simulación energética de los distintos sistemas en el edificio, utilizando fuentes convencionales y fuentes renovables de energía, con el fin de evaluar las estrategias más eficientes desde el punto de vista económico, energético y medioambiental. Así mismo, se llevará a cabo la comparación de la calificación energética mediante el programa informático Calener (Programa informático CALENER, IDAE) en cada una de las soluciones aportadas.

2 Materiales y métodos

2.1 Programa informático

Para la simulación de las diferentes medidas se ha empleado 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 Fomento, 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. La versión Calener-GT está destinada a la calificación de eficiencia energética de grandes edificios del sector terciario y la versión Calener VyP para vivienda y pequeño terciario.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

CALENER-GT emplea como motor de cálculo el programa DOE-2.2 (Departamento de Energía de EE.UU.). Incluye en sus bases de datos curvas de comportamiento de los diferentes equipos, imprescindibles para la simulación de los diferentes sistemas. Un diagrama de flujo del programa se muestra en la Figura 1 en la que los subprogramas aparecen como cajas sombreadas.

El 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, es decir, 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. En ésta aparece la Calificación provisional del Edificio y sirve adicionalmente como elemento para la adjudicación de la calificación definitiva, teniendo por finalidad el informar al técnico calificador sobre las contribuciones al nivel de emisiones de CO₂ de los diversos usos finales de energía del edificio.

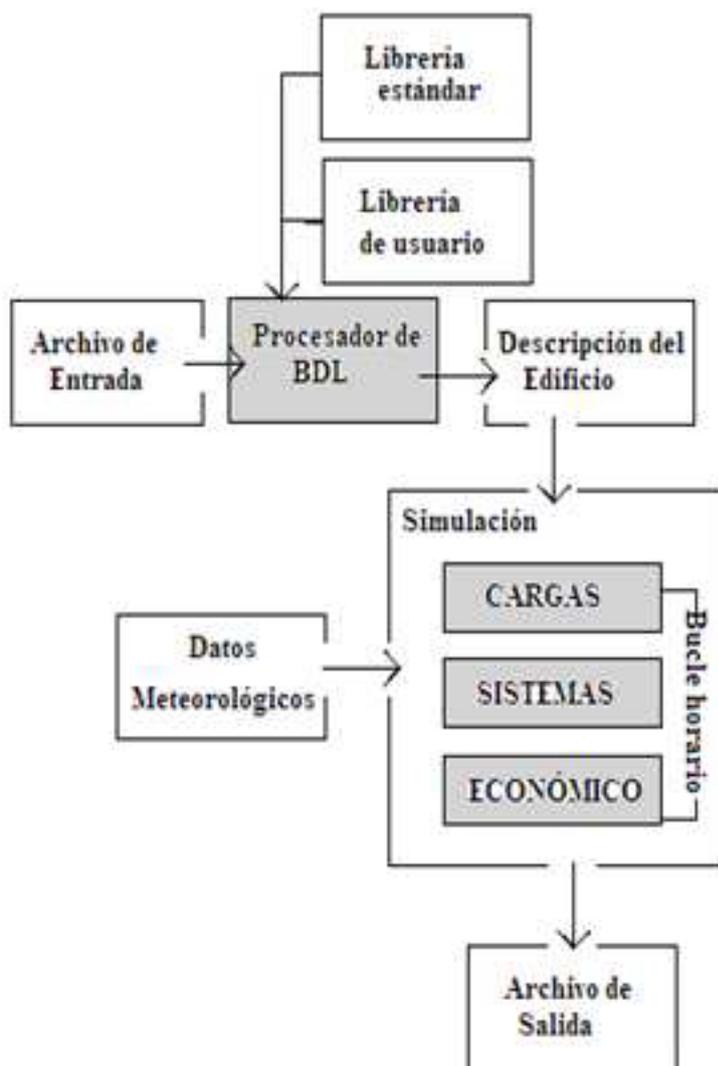


Figura 1 Diagrama de flujos Calener GT

Esta información permite al calificador proponer modificaciones al edificio objeto dirigido a la reducción de emisiones. Así queda definido un edificio objeto que se corresponde con el edificio a calificar y otro edificio de referencia con la misma geometría, porcentaje de huecos y condiciones climáticas que el edificio objeto pero con los parámetros mínimos exigidos en el CTE.

2.2 Características del edificio

El edificio objeto de estudio está destinado a albergar los Servicios Centrales SES, siendo un edificio de referencia por su particular envolvente y novedoso sistema de climatización. En el diseño se han aplicado conceptos de captación solar pasiva y aislamiento térmico, evitando puentes térmicos y sombreando cubiertas y ventanas, favoreciendo la iluminación natural durante el mayor tiempo posible.

Se encuentra situado en la ciudad de Mérida (Badajoz) Figura 2 situada al suroeste de España, a una altitud de 220 m. El clima predominante en la zona es el mediterráneo continental con influencia atlántica por su proximidad a la costa portuguesa (situado a 70 km de la frontera portuguesa). Sus inviernos son fríos y los veranos calurosos. Las precipitaciones son irregulares registrándose en su mayoría en los meses de invierno. La humedad y los vientos son reducidos, pero es frecuente la presencia de nieblas en los meses de diciembre, enero y febrero.



Figura 2 Mapa de situación de la ciudad de Mérida.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

El clima extremo al que se somete el edificio (necesidad de calefacción en invierno y refrigeración en verano) permite demostrar la posibilidad del empleo de energías renovables para dar servicio en las condiciones más desfavorables.

La entrada principal del edificio se sitúa en la fachada SO según se muestra en la imagen Figura 3. Desde ésta se accede al el vestíbulo principal que controla el complejo. A través de este se accede al resto de edificios. Está construido por cuatro plantas sobre rasante destinadas a oficinas y una quinta bajo rasante destinada a garaje y zona de instalaciones. Dos módulos con escalera y ascensor situados en la zona NO y SE permiten la comunicación vertical del edificio. La zona de oficinas dispone de luz natural por las fachadas SO y NE. En la Figura 4 se observa la fachada NE del edificio.

El edificio integra estrategias bioclimáticas pasivas tal como una fachada ventilada, el uso de la radiación solar para evitar el calentamiento en verano y favorecer dicho calentamiento en invierno, o el empleo de carpinterías con rotura de puente térmico.

La climatización de las distintas zonas se realiza mediante un sistema agua-agua a cuatro tubos mediante fancoils. Éstos se sitúan en el falso techo y están dotados de un sistema de control de temperatura mediante un regulador de caudal constante.

Dispone de dos calderas pirotubulares idénticas del fabricante Vulcano que realizan la producción de calor. Emplean como combustible biomasa (actualmente huesos de aceituna triturados) y tienen una potencia térmica de 465 kW cada una. El sistema dispone de un silo de almacenamiento de combustible de 70 m³ y un sistema de acumulación de agua caliente compuesto por tres depósitos de 10.000 litros cada uno.



Figura 3 Entrada principal del edificio

La producción de frío se realiza mediante una enfriadora Carrier con 545 kW de capacidad frigorífica nominal. La enfriadora es de ciclo de absorción simple efecto con bromuro de litio como absorbente y agua como refrigerante. Se alimenta por agua

caliente procedente de las calderas de biomasa. La instalación cuenta con cuatro depósitos acumuladores de agua fría de 5.000 litros cada uno y una torre de refrigeración con capacidad de enfriamiento de 1.203 kW.

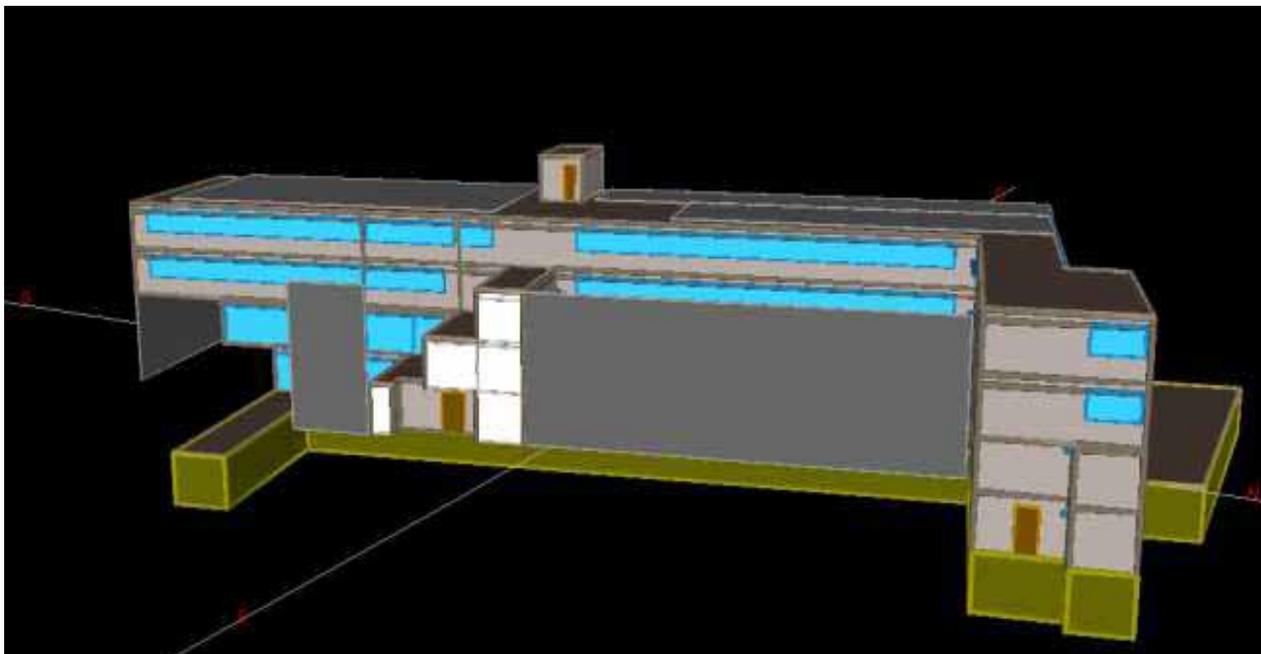


Figura 4 Fachada NE. Imagen de la simulación del edificio

La ventilación del edificio se resuelve con una unidad de aporte exterior de aire en la cubierta, con 19.000 m³/h de caudal. Este sistema está dotado con un recuperador de calor, y un sistema de humectación adiabática indirecta que baja la temperatura del aire exterior.

El edificio dispone de un sistema de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica de 76 kWp. Está compuesto por 380 módulos de silicio policristalino de 200 Wp cada uno. El sistema genera 95.095 kWh anuales.

Para la producción de agua caliente sanitaria el edificio cuenta con un sistema formado por una batería de siete captadores solares planos de 2,03 m² de superficie real de captación por cada uno y un rendimiento óptico de 0,7720 y factor de pérdidas de 4 W/m². Están colocados con una inclinación de 45° y un azimut de 0°. Como sistema convencional de apoyo el edificio cuenta con termos eléctricos de 50 litros.

2.3 Estrategias

En el estudio llevado a cabo se plantean las siguientes estrategias que resultaron de combinar los siguientes sistemas:

- Sistema de energía solar fotovoltaica.
- Sistema de iluminación.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

- Sistema de climatización. Generador de calor.

Con respecto al sistema de energía solar fotovoltaica se observa que según el Código Técnico de la Edificación (CTE), al tratarse de un edificio administrativo de más de 4.000 m², deberá incorporar un sistema de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos. El edificio cuenta con 5.394 m² de superficie y está situado en la zona climática V según el Documento Básico HE Ahorro de Energía del CTE. Por ello, la potencia mínima a instalar será de 11,31 kWp.

Este sistema no aumenta la eficiencia energética del edificio, sino que reduce las emisiones del mismo al emplear una fuente renovable de energía. Simultáneamente, mejora el balance económico del edificio gracias a la venta de electricidad y mejora la calificación al disminuir las emisiones globales de CO₂.

Se observa que la potencia instalada actualmente en el edificio es muy superior a la exigida, por lo que se planteará reducir potencia instalada para observar el comportamiento del mismo.

El sistema de iluminación cuenta con control progresivo de la iluminación artificial para adaptarlo a las condiciones de iluminación natural. Se estudiará la recolocación de los sensores para optimizar el sistema.

La iluminancia media (E_m) en cada una de las zonas, se comprueba que no está ajustada a las recomendaciones la Norma Europea UNE-EN 12464-I. Por tanto, se trató de ajustar dicha iluminancia mediante el empleo de lámparas de alta eficiencia, adecuando la potencia instalada y el nivel de iluminancia necesario en cada zona. Para ello se empleó el parámetro Valor de Eficiencia Energética en Iluminación (VEEI) recogido en el CTE.

El sistema de climatización emplea biomasa como combustible para la generación de calor, con emisión nula de CO₂. Por ello las emisiones generadas por el sistema son las relativas al funcionamiento de la enfriadora, ventiladores, bombas y equipos auxiliares originados por el consumo de energía eléctrica.

El empleo de biomasa como combustible disminuye las emisiones del sistema de generación de calor, pero esto no implica mayor eficiencia en el uso de la energía. Por ello se estudiará el uso de combustibles convencionales como el gasóleo o el gas natural.

Para evaluar el comportamiento del edificio se partirá del edificio actual y posteriormente se realizará una simulación de cada una de las medidas propuestas. Finalmente se combinarán aquellas soluciones compatibles más exitosas. El programa Calener-GT arroja resultados de emisiones de CO₂, consumo de energía primaria y consumo de energía final. Estos resultados permitirán comparar de forma objetiva cada una de las soluciones.

3 Resultados

Se exponen los resultados de las simulaciones, lo que permite analizar las ventajas y desventajas de cada una de las soluciones propuestas, y el análisis de las fuentes alternativas simuladas con Calener GT.

Se han tomado como datos para el estudio los ratios de emisiones de CO₂ por superficie en climatización, generación de ACS e iluminación; así como las emisiones totales anuales del edificio. Para comparar la intensidad energética entre las diferentes alternativas estudiadas se emplearon los ratios de energía primaria y energía final consumida (kWh al año).

La primera simulación corresponde a la calificación actual del edificio terminado. Por tanto, este cuenta con una cobertura solar del 70 % para la generación de agua caliente sanitaria y un sistema fotovoltaico capaz de generar 95.095 kWh·año⁻¹. Además, como se

describe anteriormente, el edificio cuenta con dos calderas de biomasa para la generación de calor. En la **Tabla 1** se representan los resultados obtenidos de la calificación en Calener-GT.

Tabla 1 Medida 1, Calificación en Calener-GT del edificio actual.

MEDIDA Nº	1	
CALIFICACIÓN	A	
Producción solar fotovoltaica	95.095	kWh•año-1
Cobertura solar térmica	70	%
COMBUSTIBLE	Biomasa	
RATIOS:	Objeto	Referencia
Emisiones Climatización (kg CO ₂ ·m ⁻²)	16,50	41,40
Emisiones ACS (kg CO ₂ ·m ⁻²)	0,20	0,20
Emisiones Iluminación (kg CO ₂ ·m ⁻²)	9,10	26,90
Emisiones Totales (kg CO ₂ ·m ⁻²)	25,80	68,50
CALIFICACIÓN - ETIQUETA		0,38
Energía Final (kWh·año ⁻¹)	863.207,40	599.606,50
Energía Primaria (kWh·año-1)	1.136.569,00	1.398.581,40
Emisiones (kg CO ₂ ·año ⁻¹)	132.237,20	350.567,50

Las medidas de la 2 a la 7 se refieren a medidas aisladas. De esta forma se evalúa el efecto directo sobre el funcionamiento del edificio de cada una de las medidas. Se detallan a continuación:

- Medida 2: Disminución de la generación eléctrica solar fotovoltaica hasta los mínimos exigidos por el CTE. El edificio pasará de generar 95.095 kWh·año-1 a generar tan sólo 15.400 kWh·año-1. Los resultados se observan en la Tabla 2.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Tabla 2 Resultado de la simulación de la medida 2 en Calener GT.

MEDIDA Nº	2	
CALIFICACIÓN	B	
Producción solar fotovoltaica	15.400	kWh•año-1
Cobertura solar térmica	70	%
COMBUSTIBLE		Biomasa
RATIOS:	Edif Objeto	Edif. Referencia
Emissiones Climatización (kg CO ₂ ·m ⁻²)	20,10	41,40
Emissiones ACS (kg CO ₂ ·m ⁻²)	0,20	0,20
Emissiones Iluminación (kg CO ₂ ·m ⁻²)	11,10	26,90
Emissiones Totales (kg CO ₂ ·m ⁻²)	31,40	68,50
CALIFICACIÓN - ETIQUETA		0,46
Energía Final (kWh·año ⁻¹)	863.207,40	599.606,50
Energía Primaria (kWh·año-1)	1.252.749,40	1.398.581,40
Emissiones (kg CO ₂ ·año ⁻¹)	161.204,10	350.567,50

- Medida 3: Mejora de la eficiencia en iluminación mediante la selección de lámparas más eficientes y adecuando el valor de iluminancia a la tarea a desempeñar en cada sala según la Norma Europea UNE-EN 12464-I. El resultado de la simulación en Calener-GT de esta medida se muestra en la Tabla 3.
- Medida 4: Sustitución de las calderas de biomasa por calderas equivalentes convencionales alimentadas por gasóleo. Tras la representación de estas medidas en Calener GT se obtienen los resultados de la Tabla 4.

Tabla 3 Resultados de la simulación de la medida 3 en Calener-GT.

MEDIDA Nº	3	
CALIFICACIÓN	A	
Producción solar fotovoltaica	95.095	kWh•año-1
Cobertura solar térmica	70	%
COMBUSTIBLE		Biomasa
RATIOS:	Edif Objeto	Edif. Referencia
Emisiones Climatización (kg CO ₂ ·m ⁻²)	15,90	42,90
Emisiones ACS (kg CO ₂ ·m ⁻²)	0,20	0,20
Emisiones Iluminación (kg CO ₂ ·m ⁻²)	3,90	29,10
Emisiones Totales (kg CO ₂ ·m ⁻²)	20,00	72,20
CALIFICACIÓN - ETIQUETA		0,28
Energía Final (kWh·año ⁻¹)	797.759,60	627.180,20
Energía Primaria (kWh·año-1)	1.002.431,20	1.473.633,30
Emisiones (kg CO ₂ ·año ⁻¹)	102.289,30	369.242,40

- Medida 5: Sustitución de las calderas de biomasa por calderas convencionales alimentadas por gas natural. Los resultados obtenidos tras aplicar esta medida al edificio actual se representan en la Tabla 5.

Comparando las diferentes medidas con la situación actual (medida número 1) se pueden extraer los siguientes resultados:

Medida 2: la disminución de la generación fotovoltaica aumenta las emisiones del edificio objeto en climatización e iluminación, así como las emisiones de CO₂ totales del edificio.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Esta medida no afecta a la energía final consumida pero sí aumenta la energía primaria consumida en el edificio.

Medida 3: La mejora del sistema de iluminación no sólo disminuye las emisiones, sino que al disminuir la potencia instalada en cada zona, también disminuye la carga térmica de la misma y, por tanto las emisiones en climatización.

En el ajuste a las necesidades de iluminancia y valor de eficiencia energética mínima según los usos de cada zona, aumenta las emisiones del edificio de referencia y con ello mejora la calificación.

Tabla 4 Resultados de la simulación en Calener GT de la medida 4

MEDIDA Nº	4	
CALIFICACIÓN	C	
Producción solar fotovoltaica	95.095	kWh•año-1
Cobertura solar térmica	70	%
COMBUSTIBLE		Gasóleo
RATIOS:	Edif Objeto	Edif. Referencia
Emisiones Climatización (kg CO ₂ ·m ⁻²)	47,80	41,40
Emisiones ACS (kg CO ₂ ·m ⁻²)	0,20	0,20
Emisiones Iluminación (kg CO ₂ ·m ⁻²)	9,10	26,90
Emisiones Totales (kg CO ₂ ·m ⁻²)	57,10	68,50
CALIFICACIÓN - ETIQUETA		0,83
Energía Final (kWh·año ⁻¹)	814.364,10	599.606,50
Energía Primaria (kWh·año-1)	1.132.871,00	1.398.581,40
Emisiones (kg CO ₂ ·año ⁻¹)	292.196,80	350.567,50

La sustitución de las actuales lámparas fluorescentes TL-D por lámparas fluorescentes compactas junto con el ajuste a la iluminancia necesaria para el uso de cada zona permite instalar menor potencia con los consiguientes ahorros en los consumos en climatización e iluminación del edificio objeto. Esto se traduce en una menor energía primaria y energía final consumidas respecto al edificio de referencia.

Las medidas 4 y 5 comparadas con la situación actual (medida 1) tienen los siguientes efectos comunes:

- Aumento de las emisiones de CO₂ en climatización. Pues pasamos de consumir un combustible renovable con emisiones nulas a consumir un combustible convencional. Este aumento se ve reflejado del mismo modo en las emisiones de CO₂ totales del edificio.
- Sensible disminución de las energías primaria y final consumidas. Es decir, la cantidad de combustible consumido disminuye con los sistemas convencionales.

Con respecto a estas dos últimas soluciones, se puede afirmar a la vista de los resultados que la medida 5 (utilización de gas natural) es la que menores emisiones de CO₂ presenta y menores consumos energéticos tanto de energía primaria como de energía final.

Tabla 5 Resultados de la representación en Calener-GT de la medida 5.

MEDIDA Nº	5	
CALIFICACIÓN	C	
Producción solar fotovoltaica	95.095	kWh•año-1
Cobertura solar térmica	70	%
COMBUSTIBLE		BT Gas natural
RATIOS:	Edif Objeto	Edif. Referencia
Emisiones Climatización (kg CO ₂ ·m ⁻²)	38,70	41,40
Emisiones ACS (kg CO ₂ ·m ⁻²)	0,20	0,20
Emisiones Iluminación (kg CO ₂ ·m ⁻²)	9,10	26,90
Emisiones Totales (kg CO ₂ ·m ⁻²)	48,10	68,50
CALIFICACIÓN - ETIQUETA		0,70
Energía Final (kWh·año ⁻¹)	814.364,10	599.606,50
Energía Primaria (kWh·año-1)	1.093.856,50	1.398.581,40
Emisiones (kg CO ₂ ·año ⁻¹)	245.936,70	350.567,50

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Finalmente se estudia la solución conjunta de mejorar la eficiencia del sistema de iluminación junto con la sustitución de las calderas de biomasa por calderas equivalentes alimentadas con gas natural (medida 6). Los resultados de esta medida se representan en la **Tabla 6**.

En la Figura 5, se representa la energía primaria y final consumida en cada una de las situaciones estudiadas anteriormente, así como las emisiones de CO₂ en cada uno de los casos.

Tabla 6 Simulación de la medida 6 resultado de la combinación del empleo de calderas de gas natural (medida 5) y de la mejora del sistema de iluminación (medida 3).

MEDIDA Nº	6	
CALIFICACIÓN	B	
Producción solar fotovoltaica	95.095 kWh•año ⁻¹	
Cobertura solar térmica	70 %	
COMBUSTIBLE	Gas natural	
RATIOS:	Edif Objeto	Edif. Referencia
Emisiones Climatización (kg CO ₂ •m ⁻²)	37,60	42,90
Emisiones ACS (kg CO ₂ •m ⁻²)	0,20	0,20
Emisiones Iluminación (kg CO ₂ •m ⁻²)	3,90	29,10
Emisiones Totales (kg CO ₂ •m ⁻²)	41,70	72,20
CALIFICACIÓN - ETIQUETA	0,58	
Energía Final (kWh•año ⁻¹)	747.996,40	627.180,20
Energía Primaria (kWh•año ⁻¹)	958.634,60	1.473.633,30
Emisiones (kg CO ₂ •año ⁻¹)	212.940,50	369.242,40

Al mismo tiempo que el análisis energético se ha realizado un estudio económico de la energía consumida en cada una de las medidas, teniendo en cuenta el combustible utilizado que se muestra en la Tabla 7. El precio tomado para la biomasa es de 0,03983 €/kWh siendo el precio medio anual para los huesos de aceituna empleados como combustible durante el funcionamiento del edificio en el 2010. Para el gasóleo 0,06266 €/kWh (IDAE, 2011) y el gas natural 0,05229 €/kWh (CORES, 2009). El consumo para

cada una de las medidas y combustibles corresponde a los datos obtenidos en cada una de las representaciones en Calener GT según se muestra en tablas anteriores.

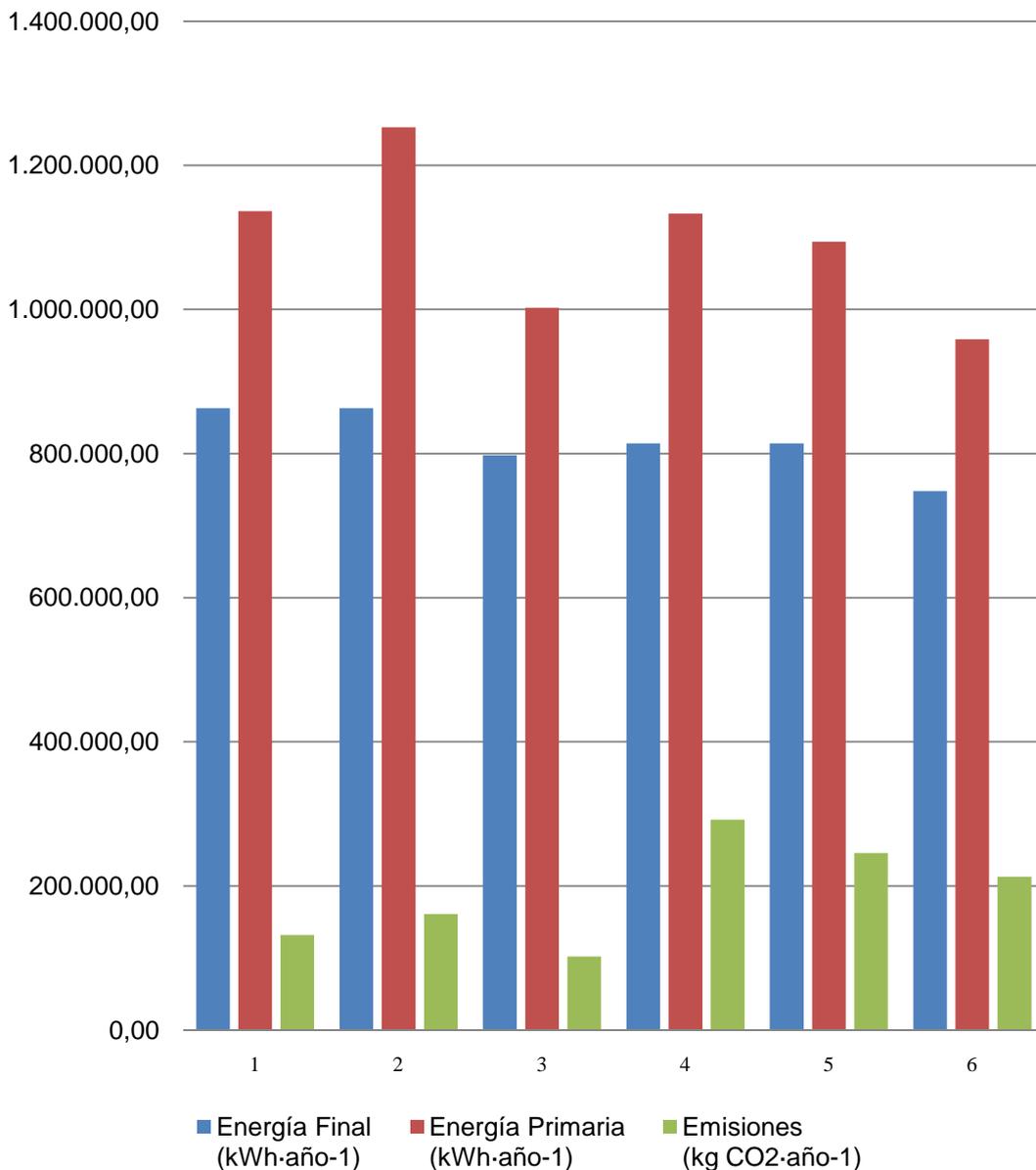


Figura 5 Energía final, energía primaria y emisiones de CO₂ para cada una de las situaciones estudiadas.

Para el caso de la medida 1 se ha considerado que todas las emisiones de CO₂ descritas en la Tabla 1 del resultado de la representación en Calener GT, corresponden a emisiones de electricidad, pues la otra única fuente de energía del edificio es la biomasa, que se considera sin emisiones de CO₂. Cada kW eléctrico consumido supone la emisión de 0,649 kg de CO₂ (Calener GT. Grandes Edificios Terciarios. Manual Técnico. IDAE 2008), Lo cual permite calcular la energía eléctrica consumida. El consumo de biomasa será la diferencia entre la energía primaria total consumida y la energía eléctrica.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

Para las medidas 2, 4 y 5, al no variar ninguno de los sistemas, y suponiendo un consumo eléctrico similar en cada una de las calderas empleadas, la energía eléctrica consumida será la misma que en la medida 1. El consumo de combustible se calcula de forma similar a la medida 1.

En el caso de las medidas 3 y 6, el consumo eléctrico varía al disminuir la potencia instalada en iluminación. En la medida 3 se emplea como combustible la biomasa, así que todas las emisiones corresponderán al consumo eléctrico y se puede obtener la energía eléctrica consumida anualmente mediante la misma interpretación que en la medida 1. De forma similar a como se ha evaluado en los otros casos, para la medida 6 el consumo eléctrico será el mismo que para la medida 3. En ambos casos, el consumo de combustible se calculará de la misma forma que para la medida 1.

Tabla 7 Estudio económico de cada una de las medidas estudiadas.

Medidas en las que se emplea la biomasa como combustible						
MEDIDA N°	1		2		3	
CALIFICACIÓN	A		B		A	
	Coste	Energía final	Coste	Energía final	Coste	Energía final
Consumos:	€·año ⁻¹	kWh·año ⁻¹	€·año ⁻¹	kWh·año ⁻¹	€·año ⁻¹	kWh·año ⁻¹
Biomasa	26.272,00	659.452,08	26.272,00	659.452,08	24.280,07	609.452,87
Gasóleo						
Gas natural						
Electricidad	12.768,00	203.755,32	12.768,00	203.755,32	11.799,94	188.306,73
Total	39.040,00		39.040,00		36.080,01	

Medidas en las que se emplean combustibles convencionales						
MEDIDA N°	4		5		6	
CALIFICACIÓN	C		C		C	
	Coste	Energía final	Coste	Coste	Energía final	Coste
Consumos:	€·año ⁻¹	kWh·año ⁻¹	€·año ⁻¹	€·año ⁻¹	kWh·año ⁻¹	€·año ⁻¹
Biomasa						
Gasóleo	46.039,90	610.608,78				
Gas natural			31.934,23	610.608,78	29.271,21	559.689,67
Electricidad	12.768,00	203.755,32	12.768,00	203.755,32	11.799,94	188.306,73
Total	58.807,90		44.702,23		41.071,15	

4 Conclusiones

El análisis de los resultados de la simulación en Calener GT de las soluciones anteriormente descritas nos permite a diferenciar tres tipos de soluciones:

- Solución energéticamente más eficiente.
- Solución medioambientalmente más eficiente.
- Solución económicamente más rentable.

La primera se corresponde con la medida 6 donde la disminución del consumo de energía primaria y energía final es mucho menor que en las otras soluciones. Gracias al empleo de gas natural y a la utilización de una iluminación eficiente y ajustada a las necesidades puede reducirse la intensidad energética del edificio.

Es importante apuntar que aunque la intensidad energética es menor que en la situación actual, la calificación energética es inferior pues ésta responde al nivel de emisiones de CO₂. Como en este caso empleamos un combustible no renovable, no puede alcanzarse la misma disminución de emisiones de emisiones que en la situación actual, con la tecnología existente.

La solución medioambientalmente más eficiente se corresponde con la de mejor calificación energética. La medida 3 es la más exitosa en este aspecto pues emplea un combustible renovable sin repercusión de emisiones en la generación de calor, y un sistema de alta eficiencia en iluminación.

La medida propuesta económicamente más rentable coincide también con la medida 3. En este caso la generación fotovoltaica es máxima, el consumo eléctrico es reducido (aunque no el menor) y emplea combustible de menor precio.

En cuanto a la medida 2, en la que se ha reducido la instalación fotovoltaica, no es lógico el aumento de emisiones en climatización e iluminación, puesto que estos sistemas no se modifican. En todo caso debe repercutir en el cómputo global de emisiones, puesto que se venderá menos energía inyectada a la red. Por tanto se trata tal vez de algún fallo en el programa, que debe considerar que la energía fotovoltaica producida se emplea para el autoconsumo del edificio y no para ser inyectada a la red que es más rentable.

Finalmente se pone de manifiesto que la medida 6 parece que debe ser la mejor ya que el coste en combustible es similar a la medida 1, con un consumo de energía final mucho menor, pero la calificación es inferior porque el programa premia de una forma más favorable la utilización de la biomasa combustible.

Referencias

- Calener GT. Grandes Edificios Terciarios. Manual Técnico. IDAE 2008.
- CENER, Proyecto ECOCITIES <http://www.cener.com/es/arquitectura-bioclimatica/ecocities-tudela.asp>. 2006
- CENER, and F. Mangado, "Pabellón de España para la Exposición Internacional Agua y desarrollo sostenible (2006 – 2008)", 2008.
- CORES, "Informe Resumen Anual del Boletín Estadístico de Hidrocarburos", http://www.cores.es/pdf/Resumen_BEH_Cores_2009.pdf 2009.

SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EDIFICIOS.

APLICACIÓN A EDIFICIO PÚBLICO EN EXTREMADURA.

- DOE-2.2 realizado por el Departamento de Energía de EE.UU. y el Laboratorio Berkeley de EE.UU.
- IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. <http://www.idae.es/>
- IDAE, "Informe de precios energéticos: carburantes y combustibles", 2011
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Junta de Extremadura (Consejería de Fomento), Agencia Extremeña de la Energía (AGENEX), Universidad de Extremadura, Diputación de Badajoz, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Universidade de Évora, INETI y Agência de Desenvolvimento Regional do Alentejo (ADRAL), "As energias renováveis em ambos os lados da fronteira", <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/lasenergiasrenovablesaambasorillasdelafrentera.pdf>, 2008.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), "Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable", 2010.
- J. García Sanz-Calcedo, F. Cuadros, and F. López Rodríguez, "Edificio Administrativo de alta calificación energética en Mérida. Un modelo de construcción bioclimática y de integración de energías renovables". Pendiente de publicación.
- Junta de Extremadura, Servicio Extremeño de Salud. Servicios Centrales situado en Servicios Centrales del Servicio Extremeño de Salud. Avda. de las Américas, 2 en la localidad de Mérida (Badajoz, España).
- Ministerio de Fomento. http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/
- Ministerio de Industria turismo y comercio. <http://www.mityc.es/es-ES/Paginas/index.aspx>
- Norma Europea UNE-EN 12464-1, Iluminación de los lugares de trabajo.
- PSE-ARFRISOL Con referencia PS-120000-2005-1, Fuente: <http://www.arfrisol.es/ARFRISOLportal/>. 2005.
- Programa informático Calener. Documento reconocido y 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. <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx>
- Real Decreto 314/2006 Código Técnico de la Edificación CTE y en particular el Documento Básico de Ahorro de energía (DB-HE), 2006.
- Real Decreto 47/2007 sobre certificación energética de edificios nuevos, 2007.
- Real Decreto 1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE), 2007.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Agencia Extremeña de la Energía.

Phone: +34924262161

Fax: + 34924258421

E-mail: aredrado.agenex@dip-badajoz.es

URL: <http://www.agenex.org/>