

UN EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN BIOCLIMÁTICA. EL EDIFICIO PETER.

López-Rodríguez F.^(p), Segador C., Cuadros F.

Abstract

The principal objective of this communication is to show an example of bioclimatic building. It is about the construction of an Intelligent "Zero Energy Building" (ZEB) of 1.000 m² in the Campus of the University of Extremadura in Badajoz. The concepts of energy efficiency, power storage, environmental impacts, etc., in construction will be put in practice. A comparative analysis between the different conventional technologies and the renewable ones will be carried out. Between the used technologies are those of passive and active solar heating, photovoltaic power, ventilated façade, Trombe walls, use of an hybrid solar-biomass system to feed an absorption engine for refrigeration, etc. Finally, a complete control and analysis of the more important confort variables will be made in real time.

Keywords: Zero Energy Building (ZEB), Energy Efficiency in Edification, Bioclimatic Building

Resumen

El objetivo principal de la presente ponencia es la de mostrar y dar a conocer la edificación bioclimática, sus ventajas y características, para lo que se muestra el proyecto de Construcción de un Edificio Inteligente y bioclimático (ZEB) de unos 1.000 m² en el Campus de la Universidad de Extremadura en Badajoz. Se pondrán en práctica los conceptos sobre ahorro y eficiencia energética, almacenamiento energético, impactos medioambientales, etc. en la edificación. Además, se llevará a cabo un análisis comparativo entre las diferentes fuentes convencionales de energía y las de origen renovable. Entre las tecnologías empleadas se encuentran las de captación solar pasiva y activa, fachada sur ventilada, muros Trombe, aislamientos reflectivos, sombreado de ventanas y cubiertas, climatización mixta solar-biomasa, o monitorización completa del edificio para la obtención de datos en tiempo real.

Palabras clave: Edificio de Energía Cero (EEC), Eficiencia Energética en la Edificación, Edificación bioclimática.

1. Introducción

El consumo de energía en el sector de la vivienda y servicios tiene gran importancia en la Unión Europea, estimándose que supone más del 40 % del consumo final de energía. En todos los países europeos se han tomado medidas, por ejemplo en España con el nuevo Código Técnico de la Edificación, para contener y limitar la demanda energética, por lo que aplicar criterios de sostenibilidad a la construcción de edificios y conseguir que sean capaces de captar energía, es tarea prioritaria para cualquier administración.

España es el país de la UE con mayor consumo energético en el sector terciario, además de ser

el de mayor potencial de aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

El uso de la arquitectura bioclimática no es nuevo: las viviendas cuevas y en gran parte las construcciones tradicionales se basan en principios bioclimáticos. Sin embargo, en la actualidad se trata de una vivienda poco extendida. Aunque no existe ningún registro específico, se calcula que hay entre 5000 y 1000 edificios de este tipo en España, según datos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

También están surgiendo muchos proyectos de viviendas y urbanizaciones que se venden como bioclimáticas, pero de las que se duda que funcionen como tal. ¿Hasta qué punto se puede considerar que una vivienda sea bioclimática?. Se está creando un negocio a costa del sello “categoría bioclimática” que no consiste más que en viviendas que tienen un alero como elemento de sombreado pasivo y están integradas algunas energías renovables.

Es importante resaltar que el concepto de construcción bioclimática puede ser nuevo como concepto textual, pero no lo es como concepto constructivo. Ya los romanos inventaron las cubiertas ventiladas, los árabes su celebre teja, los patios con agua y lazos convectivos, zonas interiores ajardinadas. Se pueden ver los muros de adobe ventilados en construcciones centenarias de Marrakech, las eficientes chozas de estiércol de vaca de los pueblos Nubis del Alto Nilo, etc.

Algunos de los proyectos que se están realizando tanto fuera como dentro de España similares al propuesto aquí son:

- Sustenergy. [1] Se trata de un proyecto financiado por el Programa INTERREG III C. Finaliza sus actuaciones en el año 2007. En este programa participan 6 socios, siendo coordinador el centro de Recursos Ambientales de Navarra (CRAN). Tiene como objetivo el desarrollo de metodologías comunes para conseguir estrategias de ahorro y eficiencia energética en la edificación. Una de las acciones programadas es la puesta en marcha de treinta experiencias piloto entre la que se destaca el Programa de Eficiencia en la Construcción.
- PSE- ARFRISOL [2]. Arquitectura bioclimática y frío solar. Es un proyecto Singular y Estratégico dentro del Plan Nacional de MEC coordinado por CIEMAT, desarrollado por 12 participantes entre los que se encuentran empresas tecnológicas del sector de la energía solar y grupos de investigación procedentes de diferentes Universidades y del propio CIEMAT.
- Proyecto CONAMA VII. Presentado en la Cumbre del Desarrollo Sostenible, de fecha 25 de noviembre de 2004, y dentro de la temática de ECOEFICIENCIA EN EDIFICIOS. En este proyecto se llevaron a cabo estudios sobre Evaluación del comportamiento medioambiental de varios edificios en España.
- Concurso de ideas para la edificación de una vivienda rural, en Chile, siguiendo los principios de sostenibilidad y ahorro energético [3].
- Ciudades para un futuro más sostenible [4], que se puede consultar en la web del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid).
- Agenda de la Construcción Sostenible. Es el portal web realizado por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona, Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallés, Asociación de Estudios Geobiológicos y el Instituto Cerdá.

- Departamento de Nueva York de Diseño y Construcción. Oficina de Diseño Sostenible. Es un portal especializado en recursos sobre construcción sostenible, organizado en seis categorías: proyectos, legislación local, informes y manuales, especificaciones, proyectos piloto y ejemplos ya realizados.
- Portal web del Colegio de Arquitectos de Cataluña [5], dedicado al Medioambiente en el ámbito de la construcción sostenible.
- CIEMAT. Es un centro tecnológico adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia. Desarrollan proyectos de I+D en las áreas de energía (aprovechamiento energético de fuentes convencionales y alternativas), Medio Ambiente (impacto ambiental de la energía sobre los seres humanos y el medio ambiente), protección radiológica (vigilancia y control de las radiaciones ionizantes producidas en el Ciemat), fusión por confinamiento magnético (explotación científica del dispositivo del tipo Stellerator "Helic flexible TJ-II), así como investigación básica.
- Proyecto LIFE-EcoValle. Es el acondicionamiento bioclimático en el VIAL C-91 de la UE-1 del ensanche de Vallecas. Con la participación de CIEMAT.
- Proyecto Regen-Link. Se trata de una rehabilitación de viviendas y locales comerciales en San Cristóbal. Madrid. Con la participación de CIEMAT.
- Ecociudad de Sarriguren. Promovida por el Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda del Gobierno de Navarra. La coordinación de los trabajos de redacción del planeamiento, así como de la gestión de suelo ha recaído en la empresa pública Navarra de Suelo Residencial (NASURSA).
- Forum Barcelona. Se trata de una idea reciente basada en el reciclaje del suelo urbano.

En el presente artículo se presenta el desarrollo del proyecto de construcción de un Edificio Inteligente de "Energía Convencional Cero" ("Bioclimático") de unos 1.000 m² en el Campus de la Universidad de Extremadura. Este edificio está ligado al desarrollo del Proyecto PETER (Parque Experimental Transfronterizo sobre Energías Renovables), cuyos socios españoles son: Universidad de Extremadura, Diputación Provincial de Badajoz, Junta de Extremadura (Consejería de Economía, Comercio e Innovación. Dirección General de Universidad y Tecnología), IDAE y CIEMAT, y cuyos socios portugueses son: Universidad de Évora, INETI y ADRAL y que ha sido cofinanciado a través del Programa INTERREG III de la Unión Europea.

La propuesta se enmarca dentro de lo que actualmente se denomina edificación sostenible, en la que se conjugan y articulan actuaciones dispuestas en tres ejes claros, el económico, el medioambiental y el social. Este trabajo es la continuación de otros ya iniciados por el grupo de investigación DTERMA de la Universidad de Extremadura [7-9]

Como objetivos del proyecto se encuentran:

- Poner en práctica los conceptos sobre ahorro y eficiencia energética de los dispositivos de transformación entre las diferentes fuentes de energía, de almacenamiento energético, impactos medioambientales, etc.,
- Llevar a cabo un análisis comparativo entre las diferentes fuentes de energía, y mostrar empíricamente la bondad de las fuentes renovables frente a las convencionales.

2. Descripción y tecnología

A continuación se muestran las características y las tecnologías que se utilizarán para la construcción del edificio, que constará de dos plantas de unos 400 m² cada una, y una planta sótano de unos 300 m². Dispone de una zona para laboratorios y oficinas, orientada hacia el sur, y zonas generales tales como baños, salas de reuniones, y salón de grados, orientadas hacia el norte. El edificio es de forma rectangular presentando su fachada más amplia orientada hacia el Sur.

En las Figuras 1 y 2 se aprecian distintas vistas del edificio tal como se construirá finalmente.



Fig. 1. Diversas vistas del edificio PETER



Fig.2 Vista de la cara norte y sur del edificio PETER.

Las tecnologías a emplear se resumen a continuación:

- Se construirá teniendo en cuenta las características climáticas de la ciudad de Badajoz.
- Se realizará un seguimiento de los flujos energéticos de vientos y de presencia de personas, activándose automáticamente en cada caso los mecanismos de control de esos flujos
- Se aplicarán los conceptos de captación solar pasiva. Muros Trombe. Fachada sur ventilada con instalación de paneles fotovoltaicos. Evitando que, en verano, penetre la radiación solar directa en el interior del edificio y permitiéndolo durante el invierno.
- Se dotará de buen aislamiento térmico, evitando puentes térmicos.
- Sombreamiento de ventanas y cubierta

- Iluminación natural. La iluminación artificial de apoyo será de alta eficiencia.
- Climatización mixta solar-biomasa. Instalación de una superficie de unos 70 m² de captación solar térmica de gran rendimiento y de caldera de biomasa (pellets) que alimentarán una máquina de absorción para refrigeración.
- Control y monitorización completa del edificio.
- Volcado de datos en tiempo real a internet.

3. Desarrollos tecnológicos utilizados.

En la construcción del edificio, se utilizarán los más modernos e innovadores desarrollos tecnológicos, permitiendo la utilización bioclimática del edificio, así como el empleo de aislamientos eficientes y de energías renovables.

A continuación se exponen las diferentes actuaciones:

3.1 Utilización del sol

Se ha simulado la posición del sol para todas las épocas del año con el fin de conocer su influencia y tomar las medidas necesarias para evitar calentamientos en los meses de verano y favorecer dicho calentamiento en invierno, sobre todo en las zonas de mayor ocupación, que irán al sur. En la Fig. 3 se muestra la trayectoria del sol en los diferentes meses del año, en el lugar donde se va a construir el edificio. El objetivo es evitar las sombras proyectadas por el horizonte cercano al edificio.

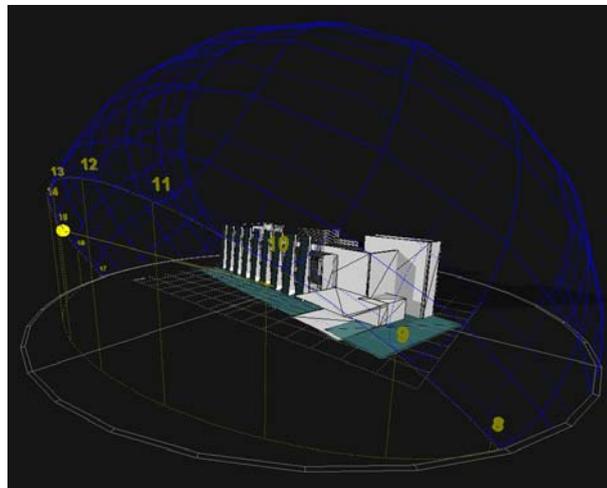


Fig.3. Posición del Sol en las diferentes épocas del año.

3.2 Aislamiento

El proceso de transmisión de calor en un edificio de estas características se lleva a cabo principalmente por medio de la radiación en un porcentaje del 75 %, mientras que la conducción y convección solo ocupan el 25 % restante.

Por tanto, cualquier tipo de aislamiento de un edificio, principalmente debe detener el flujo de calor radiante, sin olvidar la transferencia de calor conductiva.

Por ello y entre los diferentes tipos de aislamiento, parece que los aislamientos de tipo reflectivo pueden ser los más adecuados y eficientes ya que su alta calidad reflectiva unido a la estructura de burbujas de aire retenido, proporcionan un altísimo rendimiento.

Los resultados que arrojan los aislamientos reflectivos frente a los tradicionales, no admiten duda. En la Figura 4 se representa la resistencia térmica de distintos tipos de aislamientos para espesores de 1 a 10 cm. En intervalos de 5 mm.

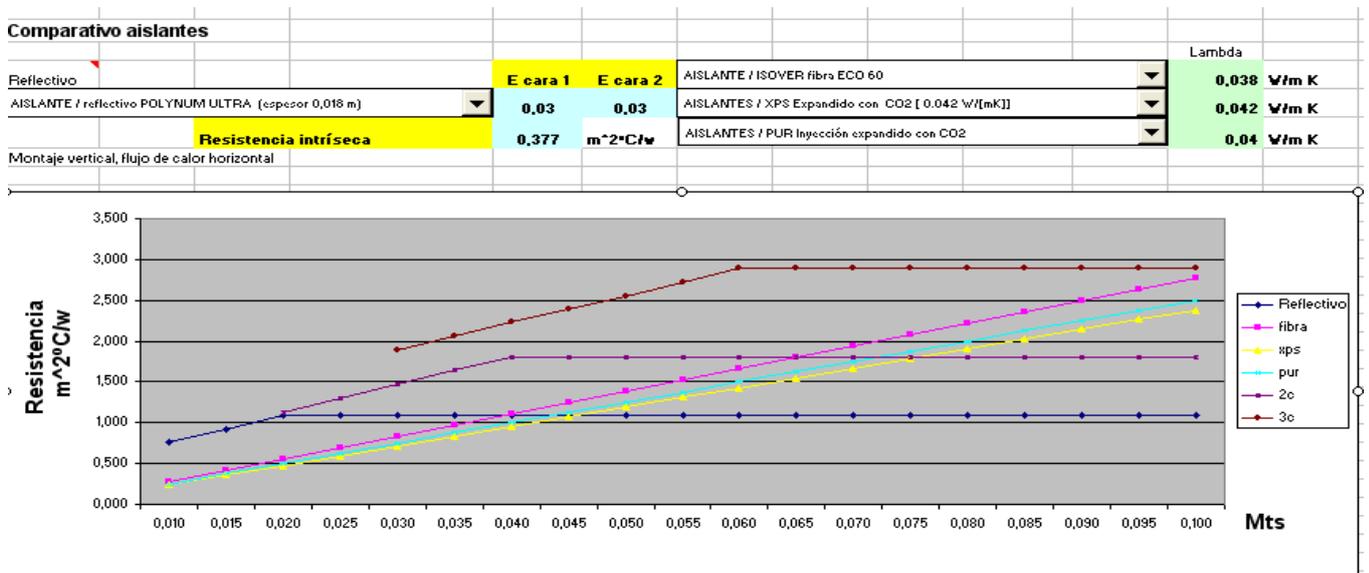


Figura 4. Comparativa de la resistencia térmica de un muro (cerramiento) en función del espesor de diferentes aislantes.

Los aislamientos reflectivos presentan una curva plana a partir de un espesor determinado de la cámara de aire, a partir del cual no se mejora su eficacia. Sin embargo, los valores de resistencia térmica son sensiblemente superiores a los de un aislante tradicional. Todo lo anterior permite optimizar el espacio útil.

Como ejemplo, se indica como estará constituido el aislamiento de las fachadas sur y oeste del edificio, ordenado por capas:

- Capa de mármol modelo Frontek de Venatto de espesor 2 cm
- Cámara de aire bajo emisiva de 4 cm
- Aislante Superpolynum (Reflectivo) 4 mm, con una resistencia intrínseca de 0,11 m²K/W
- Tablero estructural 12 mm
- Aislante de fibra natural 25 mm
- Cámara de aire bajo emisiva 2 cm
- Aislante Superpolynum (Reflectivo) 4 mm, con una resistencia intrínseca de 0,11 m²K/W

- Cámara de aire bajo emisiva 4 cm
- Placa de yeso laminado 15 mm

El coeficiente de transmisión total de estos muros es $U = 0,31 \text{ W / m}^2 \text{ K}$

Con este tipo de diseños constructivos, el siguiente paso fue el de comparar los parámetros de conductividad térmica con los que marca el Código Técnico de la Edificación (CTE), DB-HE 1, que indica la limitación máxima de la demanda energética de un edificio, obtenidas considerando la transmitancia máxima exigida según el tipo de cerramiento y la zona climática donde nos encontremos. Aplicando estos datos al edificio y analizando su demanda energética, se obtienen ahorros energéticos superiores al 69% en invierno y al 86% en verano con respecto a lo que marca el CTE (Tabla 1).

PETER			Localidad: Badajoz			
ZONA CLIMÁTICA C3			Zona de baja carga <input type="checkbox"/> Zona de alta carga <input checked="" type="checkbox"/>			
0,95	Tmed ext °C	T int °C	0,95	Tmed ext °C	T int °C	
Invierno	8,7	20	Verano	25	20	
Valores Invierno			Valores Verano			
Muros	CTE	Proyecto	Reducción	CTE	Proyecto	Reducción
N	4294,00	1259,50	71%	4294,00	557,30	87%
E	1073,50	354,08	67%	1073,50	156,67	85%
O	1073,50	354,08	67%	1073,50	156,67	85%
S	2147,00	708,17	67%	2147,00	313,35	85%
SE	0,00	0,00		0,00	0,00	
SO	0,00	0,00		0,00	0,00	
$\Sigma=$	8588,00	2675,84	69%	8588,00	1184,00	86%
C- TER	CTE	Proyecto	Reducción	CTE	Proyecto	Reducción
	0,00	0,00		0,00	0,00	

Tabla1. Cálculo de la eficiencia energética de la envolvente del edificio PETER y su comparación con lo que marca el CTE.

Esta reducción de la demanda energética se traducirá en una menor potencia en las instalaciones de calefacción y climatización. Si, además, se emplean sistemas de Energías Renovables, entonces no se tendrá necesidad de usar combustibles fósiles ni energías convencionales. Con los sistemas anteriores, además del posible beneficio medioambiental, se podrá conseguir un ahorro económico considerable.

3.4. Refrigeración.

Para la refrigeración del edificio se emplearán también parte de las instalaciones ya proyectadas.

- Sistema de refrigeración mediante rejillas de aire superiores.
- Utilización de las rejillas para aprovechamiento del flujo de aire frío generado por la lámina de agua de un lago artificial en la fachada sur durante la noche.
- Máquina de absorción: Alimentación con paneles solares térmicos y caldera de biomasa
- Apoyo de ventilación natural nocturna automática.

En la Figura 6 se aprecia el circuito de refrigeración del edificio. Se puede comprobar que según los cálculos efectuados con los 30 captadores térmicos, la máquina de refrigeración por absorción consigue aportar el 88 % de las necesidades de refrigeración del edificio. El resto de las necesidades térmicas se cubrirán con la caldera de biomasa.

El sistema de refrigeración por absorción, junto con los captadores solares térmicos, proporcionan un alto rendimiento ya que cuanto mayores son las necesidades energéticas de refrigeración mayor será también la radiación solar en el exterior, lo que hará trabajar a los captadores al máximo de su rendimiento.

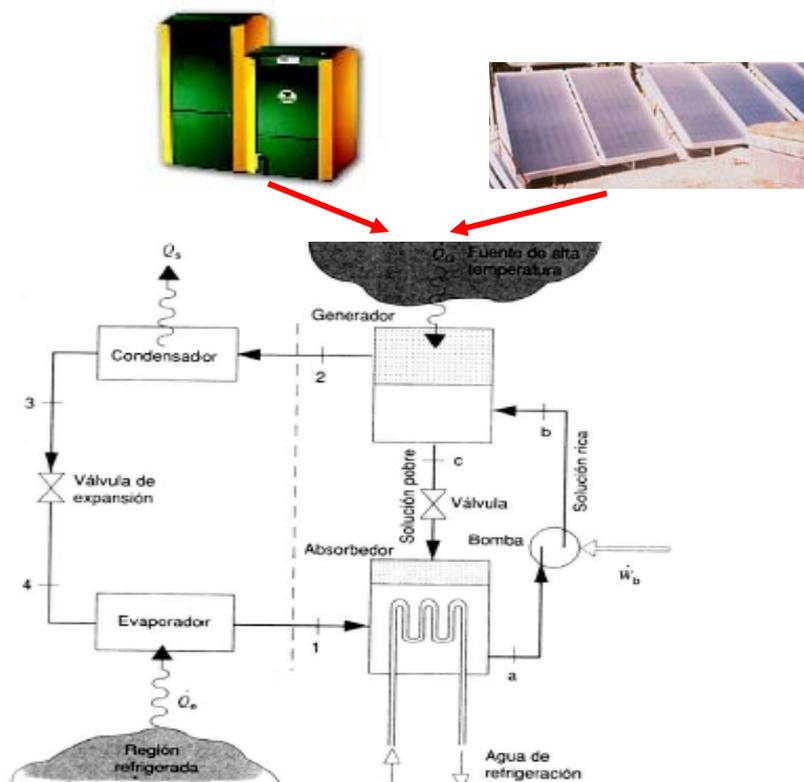


Figura 6. Esquema funcionamiento máquina de refrigeración por absorción

3.5 Electricidad

La fachada Sur del edificio está dotada de un sistema de módulos solares fotovoltaicos que producirán energía eléctrica. Parte de esta energía se empleará para la iluminación del edificio a través de una instalación de alto rendimiento que diseñará PHILIPS. El resto de la electricidad generada se verterá a la red, aprovechando las ventajas económicas de la prima a la producción de electricidad solar fotovoltaica (RD. 661/07).

El ángulo de inclinación respecto a la horizontal utilizado para los paneles fotovoltaicos es de 85°, que no es el óptimo que maximiza la producción de electricidad. Si embargo, esta colocación de los módulos hace que la instalación fotovoltaica se integre mejor en el edificio, que es, en definitiva, el objetivo que perseguimos.

3.6 Resto de instalaciones

Se pretende también una instalación de gestión y aprovechamiento del agua mediante:

- Recogida de aguas pluviales y almacenamiento en lago
- Aprovechamiento para el enfriamiento del aire y del suelo radiante
- Reutilización de las aguas residuales para WC y riego de jardines

Además, todos los sistemas están integrados y controlados a través de un sistema de control y monitorización, a fin de poder llevar una cuantificación global de todos los recursos y sistemas utilizados. En particular, se realizarán los siguientes controles:

- Control de regulación de luz
- Control de temperaturas, tanto en el sistema de captación solar térmica, como en la instalación solar fotovoltaica, caldera de biomasa y máquina de absorción
- Control de la instalación fotovoltaica de conexión a red
- Control nocturno de las persianas
- Control del sistema de entrada de sol (regulación de lamas)
- Control del sistema de enfriamiento natural nocturno
- Control del sistema de calentamiento en las zonas comunes con el aire de las cámaras existentes entre los paneles fotovoltaicos y la fachada del edificio.

4. Conclusión

Mediante la construcción de un edificio de estas características se pretenden utilizar las tecnologías más innovadoras existentes para poder minimizar la demanda energética. El planteamiento básico es el de estudiar todos los sistemas y equipos existentes, e incidir principalmente en el aislamiento del mismo para que el aporte de energía (siempre de origen renovable) sea mínimo.

Se trata de demostrar que las tecnologías renovables, que son las más respetuosas con el medio ambiente, se pueden integrar satisfactoriamente en la edificación con unos rendimientos que pueden competir con las convencionales, a fin de hacer realidad el concepto de "edificación sostenible". Al mismo tiempo, también será posible demostrar que se consiguen

ahorros económicos y que se logrará una rentabilidad económica importante durante la vida del edificio.

Una vez construido el edificio PETER, todo él será un laboratorio de ensayos en el que se podrán contrastar los resultados obtenidos en condiciones reales de uso con los cálculos de simulación presentados en este estudio. Lo que se pretende, en fin, es ir hacia una "industrialización de la edificación", y creemos que esta experiencia puede aportar un "know how" importante en esta dirección.

Referencias

- [1] Sustenergy. Proyecto financiado por Programa INTERREG III C. 2007. <http://www.sustenergy.com/>
- [2] PSE-ARFRISOL. Arquitectura bioclimática y frío solar. CIEMAT. <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/suplementos/arfrisol/pse-arfrisol.htm>
- [3] Concurso de ideas: desarrollo de eficiencia energética para vivienda social rural.Chile. <http://www.plataformaarquitectura.cl/2006/09/23/concurso-de-ideas-desarrollo-de-eficiencia-energetica-para-vivienda-social-rural/>
- [4] Ciudades para un Futuro más sostenible . Web del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid de la Universidad Politécnica de Madrid y Ministerio de la Vivienda. <http://habitat.aq.upm.es>.
- [5] Portal web del Colegio de Arquitectos de Cataluña. <http://www.coac.net/mediambient/>
- [6] Sostenibilidad y construcción : aplicaciones y líneas de trabajo. Gerona : Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Girona. D.L 2000.
- [7] F. Lopez-Rodríguez, C. Segador, A. Marcos, F, Cuadros. Cálculo y comparación de rendimientos para distintas aplicaciones. *Era Solar*. **131**; págs. 73-77, (2006).
- [8] F. Cuadros, F. Lopez-Rodríguez, C. Segador, A. Marcos. A simple procedure to size active solar heating schemes for low-energy building design. *Energy and Building*. **39**; págs. 96-104, (2007).
- [9] García Sanz-Calcedo J. F, López-Rodríguez, Cuadros Blázquez F,. Moura Joyce A., Energy Management in Health Centres. *Energy Conversion and Management*. Enviado para publicación.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Programa INTERREG III de la Unión Europea la financiación del proyecto PETER así como a los demás Organismos cofinanciadores. Se reconoce así mismo y se agradece la cooperación entre todos los socios del proyecto.

Correspondencia

Fernando López Rodríguez
Universidad de Extremadura
Phone: 924 289600
E-mail de contacto: ferlopez@unex.es